

Metodi didattici attivi per insegnare la biologia. Prospettive per la formazione iniziale degli insegnanti

Pierangelo Berardi
Università di Foggia

Riassunto:

Come formare i futuri insegnanti a insegnare una disciplina, quale la biologia, caratterizzata da un'elevata complessità epistemologica e da evoluzioni disciplinari iperspecialistiche? Per fornire una visione unitaria di tale sapere e far sviluppare un pensiero di tipo critico, è necessario utilizzare mediatori didattici attivi capaci di favorire una propensione verso la cultura scientifica e il piacere della scoperta. A partire dalla sperimentazione del Team-Based Learning durante un corso di biologia rivolto a futuri insegnanti di scuola dell'infanzia e primaria, lo studio schiude alcune riflessioni sulla didattica attiva nell'insegnamento scientifico e sulle potenzialità dell'impiego dell'Intelligenza Artificiale nel processo di insegnamento della biologia.

Parole chiave: Formazione insegnanti, Didattica attiva, Alfabetizzazione scientifica

Abstract:

How can future teachers be trained to teach a subject like biology, characterized by high epistemological complexity and hyperspecialized disciplinary developments? To provide a coherent and integrated understanding of this knowledge and to foster critical thinking, it is essential to adopt active didactic mediators that promote an inclination toward scientific culture and the pleasure of discovery. This study, based on the implementation of Team-Based Learning in a biology course for prospective early childhood and primary school teachers, offers reflections on active teaching in science education and on the potential of Artificial Intelligence in the biology teaching process.

Keywords: Teacher Training, Active learning, Scientific literacy

*“Nessun'altra scienza è così sconfinata
come la biologia: persino col suo nome
si riferisce ad un oggetto che non sa definire”
Erwin Chargaff*

1. Insegnare la 'scienza della vita' è complesso: tratteggio epistemologico della biologia

La biologia, nota anche come la scienza della vita, è una disciplina che presenta un elevato tasso di complessità che sovente ne rende difficile l'insegnamento e, ancor più, l'apprendimento. Ciò per una serie di motivazioni di ordine innanzitutto epistemologico. In primis, i fenomeni indagati

spesso presentano caratteristiche non lineari e imprevedibili (Boncinelli, 2001) e, per interpretarli, è necessario possedere strumenti concettuali sofisticati (Sadava et al., 2011). Lo studio delle bioscienze consente infatti di sviluppare una visione critica dei saperi disciplinari necessari per rispondere alle sfide globali che il nostro tempo attraversa. Si tratta di una scienza in movimento, le cui teorie dinamicamente aggiornano le conoscenze con effetti teorici ma anche applicativi e sociali (Santovito, 2015). Nessuna teoria rappresenta un dogma ma, al contrario, è rivalutata alla luce delle ultime ricerche e delle innovazioni tecnologiche, con un processo costante e ricorsivo di revisione che può portare a disconferme e/o a nuove teorizzazioni¹.

La biologia, inoltre, si struttura su un insieme di teorie che descrivono fenomeni complessi e interconnessi (Curtis et al, 2017b). La multidimensionalità che caratterizza l'eterogeneità dei fenomeni biologici, distribuiti su livelli di organizzazione che spaziano dalla scala molecolare a quella ecosistemica (Curtis et al., 2017a), genera un dualismo interpretativo che spesso ostacola l'integrazione delle diverse visioni e teorie, compromettendo una comprensione profonda della disciplina. Questa frammentazione non solo limita la visione globale del fenomeno vita, ma si riflette anche nella didattica (Curtis et al., 2017b).

¹ Ad esempio, le attuali conoscenze di genetica sono il frutto di teorie formulate in periodi storici differenti, le quali hanno messo in discussione le idee precedenti e, a loro volta, sono state messe in discussione.

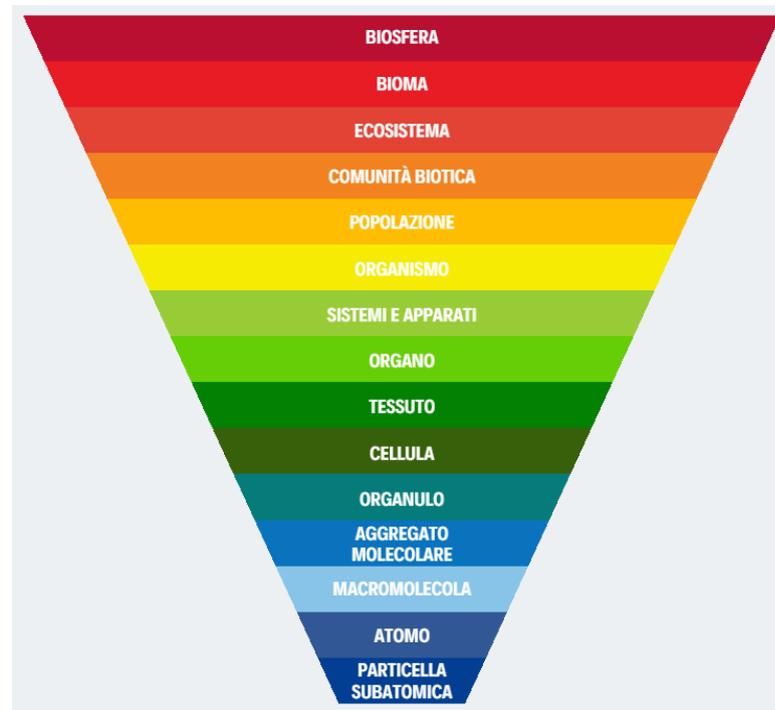


Fig. 1: Continuità nell'organizzazione della materia
(Fonte: rielaborazione personale da Raven et al., 2019, pp 2-3)

La conseguenza diretta della profondità concettuale della disciplina è l'iperspecializzazione e la frammentazione delle conoscenze. Tale segmentazione sottodisciplinare genera, per ciascuna disciplina derivata, un nuovo lessico, nuove metodologie e nuovi strumenti d'indagine. La frammentazione della biologia in altre discipline ha portato al paradosso che se, da una parte, si comprende meglio il funzionamento dei meccanismi della vita, dall'altra, si perde il legame concettuale tra le discipline (Santovito, 2015). Se da un lato focalizzare l'attenzione su aspetti specifici ha consentito un progresso scientifico e tecnologico, dall'altro produce un disorientamento nel mantenere una visione integrata della disciplina e del fenomeno della vita nel suo complesso.

1.1 Come favorire una comprensione unitaria dei saperi?

La complessa natura epistemica della scienza della vita porta con sé il rischio di insegnare un insieme di nozioni, spesso scollegate tra loro. Pertanto, l'insegnamento della biologia non può

limitarsi alla trasmissione di conoscenze statiche o avulse dal contesto in cui sono nate, ma deve accogliere le sfide concettuali e metodologiche del coinvolgimento attivo del discente affinché possa sviluppare una visione d'insieme della disciplina (Santovito, 2015). Uno dei compiti prioritari dei docenti che insegnano una disciplina tanto complessa quale la biologia è quello di *mediare* i contenuti (Damiano, 2013; Agrati, 2020), anche iperspecialistici, favorendo al contempo una comprensione unitaria della disciplina attraverso metodologie di *active learning* (Perla 2020).

Uno strumento molto efficace per contrastare la frammentazione di tale sapere è studiare la storia della biologia, come ampiamente dimostrato dai numerosi studi che valorizzano la contestualizzazione storica e narrativa delle discipline scientifiche (Andena, 2007; Morgese, Vinci, 2010; Morgese, Dibattista, 2012). Comprendere come le teorie scientifiche si siano accreditate aiuta gli studenti a comprendere una cornice più ampia e a sviluppare una visione consapevole della scienza della vita (Curtis et al., 2017a). L'utilizzo di riferimenti storici consente di evidenziare il processo di costruzione di teorie: la storia, infatti, mostra che i modelli scientifici sono provvisori e soggetti a revisione (Sadava et al., 2011). La strategia didattica di studiare la storia della biologia consente di costruire una narrazione che collega le teorie e le scoperte e restituisce coerenza alla disciplina, contribuendo a sviluppare negli studenti un pensiero scientifico (Santovito, 2015).

Per affrontare la sfida dell'insegnamento della biologia, inoltre, può essere utile orientarsi nella complessità attraverso l'individuazione di nuclei fondanti della disciplina, ovvero concetti centrali della stessa che hanno una valenza formativa specifica, in quanto euristici, generatori di nuove conoscenze e che consentono di orientarsi nella complessità della disciplina. Un approccio di questo tipo fornisce un quadro interpretativo della disciplina consentendo agli studenti di realizzare collegamenti concettuali tra fenomeni biologici apparentemente distanti e di individuare le interconnessioni tra i diversi livelli di organizzazione della vita (Todaro Angelillo, 2001). È possibile superare la frammentazione del sapere e fornire una struttura solida su cui costruire nuove conoscenze e competenze attraverso l'inquadramento, ad esempio, dei seguenti saperi essenziali: organizzazione gerarchica (la vita si presenta per livelli di complessità e ciascun livello presenta caratteristiche proprie che non possono essere ricondotti ad altri livelli), sistema aperto (vi è un continuo scambio di energia, materia e informazioni tra gli organismi e l'ambiente circostante), meccanismi di regolazione e controllo (processi che

operano dal livello cellulare fino alle popolazioni nella biosfera), la coesistenza tra unità e diversità (tutti gli esseri viventi condividono caratteristiche comuni ma allo stesso tempo si differenziano per adattamenti specifici) e struttura e funzione (inerente i processi di filogenesi e ontogenesi) (Santovito, 2015).

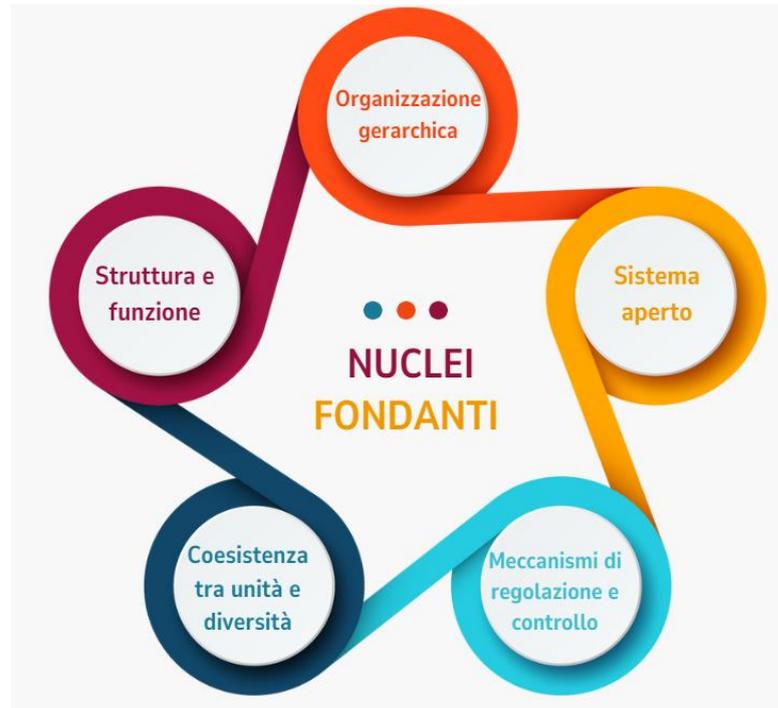


Fig. 2: Nuclei fondanti della Biologia (Santovito, 2015)

Occorre, più un generale, un approccio innovativo nell'insegnamento della biologia che non si limiti alla memorizzazione di informazioni, ma sviluppi una conoscenza profonda della disciplina e competenze superiori che consentano di orientarsi in una disciplina vasta e dinamica qual è la scienza della vita. Da un punto di vista epistemologico, l'insegnamento della biologia dovrebbe evidenziare le connessioni tra le conoscenze iperspecialistiche evitando in tutti i modi un'eccessiva compartimentazione delle conoscenze. La genetica, la fisiologia, l'ecologia, pur avendo oggetti di indagine differenti, sono indispensabili per interpretare il processo evolutivo. A tal proposito bisognerebbe promuovere una visione dinamica del sapere scientifico con modelli in continua revisione, così da sviluppare un senso critico e sistematico.

2. Promuovere la *scientific literacy*

Acquisire un pensiero critico è indispensabile per interpretare la società contemporanea che è caratterizzata da una circolazione di informazioni digitali, per lo più online. A tal proposito, come abbiamo già approfondito, la biologia dimostra non solo di trasmettere solide conoscenze disciplinari, ma anche di sviluppare solide competenze di analisi critica, di valutazione delle evidenze e di formulazione delle proprie ipotesi. Tali competenze sono determinanti nel processo di discernimento tra scienza e pseudoscienza e a prendere decisioni informate su questioni scientificamente rilevanti (Johnson et al., 2004). Acquisire un pensiero critico significa, innanzitutto, mettere in discussione le proprie convinzioni, le proprie idee e valutare la solidità delle fonti e delle informazioni. È un processo cognitivo complesso che coinvolge l'analisi delle informazioni, la valutazione delle fonti, un pensiero laterale (De Bono, 2013) e la formulazione di un giudizio logico. L'interiorizzazione di un'alfabetizzazione scientifica è necessaria per ben interpretare l'antropocene. Consente, ad esempio, di prendere decisioni consapevoli su temi cruciali come l'evoluzione, il cambiamento climatico e la sicurezza dei vaccini (Miller et al., 2006; Morrison, 2011; Reardon, 2011; Mnookin, 2011; Offit, 2011).

Il pensiero critico si promuove efficacemente attraverso esperienze di apprendimento attivo. Un approccio pedagogico dinamico e coinvolgente è essenziale: studi di caso, esperimenti, dibattiti, analisi di articoli scientifici, metacognizione e abduzione sono strategie didattiche efficaci per stimolare gli studenti a mettere in discussione le proprie conoscenze, confrontarsi con punti di vista diversi e sviluppare capacità di analisi e giudizio. L'efficacia dell'insegnamento del pensiero critico aumenta se questo viene affrontato in modo esplicito, con esempi concreti e contestualizzati. È fondamentale creare un ambiente di apprendimento stimolante e inclusivo, dove gli studenti si sentano liberi di esprimere le proprie idee e di confrontarsi, nel rispetto delle diverse opinioni e promuovendo un dialogo costruttivo.

L'insegnamento della biologia, quando si concentra sul metodo scientifico piuttosto che sulla mera memorizzazione di fatti, promuove attivamente il pensiero critico. Ciò include anche la capacità di valutare le affermazioni basandosi su prove, logica e onestà intellettuale. Il pensiero critico è una competenza trasversale, utile non solo in ambito scientifico, ma anche nella vita quotidiana per valutare informazioni e prendere decisioni ponderate (Facione, 1990, 2015; American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1993; Bernstein et al., 2006). Nel contesto dell'insegnamento scientifico, promuovere la cosiddetta *scientific literacy*, cioè la

capacità di utilizzare conoscenze scientifiche, identificare domande e trarre conclusioni basate sui fatti, è cruciale per formare studenti competenti. Questa literacy si evolve nel tempo, focalizzandosi sempre più sull'importanza di sviluppare atteggiamenti e valori sociali per agire in modo responsabile, acquisire metodi scientifici per operare nel mondo del lavoro e possedere uno sfondo concettuale per affrontare i cambiamenti della società (OECD, 2019). L'insegnamento scientifico dovrebbe, quindi, integrare contenuti e processi, combinando l'insegnamento teorico con compiti autentici che permettano agli studenti di esercitare competenze scientifiche e di ragionamento (Ellerani, 2006; Tessaro, 2004; Herrington et al., 2014; Grion et al., 2019). Un approccio attivo e laboratoriale, che connetta i contenuti scientifici ai processi di indagine e alle pratiche di laboratorio, è fondamentale per sviluppare un atteggiamento scientifico e critico nei confronti del mondo.

3. L'*expertise* del docente di biologia

Il ruolo del docente di biologia, nell'era digitale, assume contorni sfumati e sfaccettati. La sua conoscenza, intesa come l'intreccio dinamico di nozioni, competenze, credenze e valori che determinano la sua pratica didattica, è infatti in continua evoluzione. Oltre a possedere una solida conoscenza della biologia (*content knowledge*), occorre che sappia coniugare la stessa con competenze pedagogiche e tecnologiche (*pedagogical-technological knowledge*) in uno specifico contesto scolastico e sociale. Gli insegnanti devono possedere un quadro epistemico che permetta loro di avere comprensione e visuale relativi all'apprendimento e alla risoluzione dei problemi simili (Shaffer, 2006). Nel caso specifico del docente di biologia, questo quadro di conoscenza della materia include, oltre alla conoscenza della disciplina in termini di contenuti, anche la consapevolezza di come la biologia si interseca alle altre discipline e alla vita quotidiana. Questa consapevolezza è necessaria per promuovere un apprendimento attivo e un vero coinvolgimento degli studenti, così da creare un ambiente di studio in cui la curiosità, la cooperazione e il pensiero critico siano incoraggiati e valorizzati. L'*expertise* del docente di biologia è modellata da diversi fattori, come illustrato nel modello di cognizione del docente (Borg, 2003; Forkosh-Baruch, Smits e Phillips, 2021). La sua formazione iniziale pone le basi per la sua comprensione della disciplina e dei processi di insegnamento-apprendimento connessi. Successivamente, le esperienze professionali arricchiscono e modificano questa cognizione, perché mettono alla prova le conoscenze teoriche e stimolano l'adattamento a

contesti e situazioni particolari. Il contesto scolastico, con le particolari risorse e vincoli, con le sue specificità, influenza ancora più la cognizione del docente. L'interazione con la comunità scientifica ed educativa, per mezzo della partecipazione a convegni, la lettura di riviste specializzate e il confronto con i colleghi (in presenza ed online), permette di mantenere la cognizione del docente aggiornata e in linea con le nuove scoperte e i nuovi approcci didattici. Nel panorama in continua trasformazione descritto, occorre che il docente di biologia sviluppi una piena padronanza in termini di *Pedagogical Content Knowledge* - PCK (Shulman, 1986; 1987). Il PCK evidenzia l'importanza di integrare la conoscenza dei contenuti da insegnare con la conoscenza pedagogica: è proprio questa integrazione che rende possibile insegnare quel contenuto specifico in modo efficace. Nel caso della biologia, il PCK si evidenzia nella capacità di rendere i concetti biologici comprensibili agli studenti, attraverso strategie didattiche appropriate, tenendo conto delle preconcoscenze, delle misconoscenze, delle difficoltà di apprendimento e del contesto in cui si svolge l'insegnamento. L'integrazione delle tecnologie digitali nella didattica della biologia comporta ulteriori sfide ed opportunità. Il framework TPACK *Technological Pedagogical Content Knowledge* (Mishra, Koehler 2006) evidenzia l'importanza di integrare conoscenze disciplinari, pedagogiche e tecnologiche per un insegnamento efficace. Come evidenziato da Perla, Agrati e Vinci (2018), non si tratta solo di un modello epistemico, ma in un approccio che si traduce concretamente in strategie formative. Questo implica una necessaria formazione continua che consenta agli insegnanti di sviluppare competenze tecnologiche allineate alle esigenze educative attuali. Il TPACK è considerato un'evoluzione del PCK, poiché include la dimensione tecnologica quale elemento fondamentale nella progettazione e nella realizzazione di esperienze di apprendimento, assai significative nella nostra era digitale.

Il docente è chiamato a valutare attentamente le diverse tecnologie, a selezionare quelle più adatte agli obiettivi di apprendimento utilizzandole in modo creativo e innovativo. È opportuno, pertanto, che egli padroneggi strumenti come software di simulazione, piattaforme di e-learning e risorse online per la biologia, in modo da saperli integrare efficacemente nella propria pratica didattica. La cognizione del docente di biologia non si esaurisce nella padronanza degli strumenti digitali e nella conoscenza dei contenuti, ma si sviluppa attraverso uno sviluppo professionale continuo e nell'interazione con la comunità educativa e scientifica. In questo senso, la formazione digitale dei docenti segue un percorso articolato come una "supply chain" (Perla et

al., 2018) in cui le priorità europee in termini di competenze digitali vengono tradotte in interventi formativi nazionali e territoriali. Il docente dovrebbe anche essere capace di promuovere un apprendimento profondo e un coinvolgimento attivo degli studenti, creando un ambiente di apprendimento dove la curiosità, la collaborazione e il pensiero critico vengano incoraggiati e valorizzati (Ritchhart, Church, 2020). Essere in grado, quindi, di utilizzare le tecnologie digitali non solo come mezzi per la trasmissione di informazioni, ma anche come strumenti per stimolare l'esplorazione, la sperimentazione e la costruzione della propria conoscenza da parte degli studenti.

La cognizione del docente di biologia nella nostra era digitale è un processo dinamico, in continua evoluzione, che richiede una formazione costante, una riflessione critica sulla propria pratica e una mente aperta all'innovazione.

Un'ulteriore dimensione della professionalità docente è rappresentata dalla competenza in ambito valutativo (Vinci, 2021c; Agrati, Vinci, 2022), che ha un impatto significativo anche sui processi di apprendimento e di partecipazione degli studenti. Nell'ambito specifico della biologia, in particolare, è utile considerare i diversi approcci con un'attenzione particolare alla valutazione per l'apprendimento e alla valutazione partecipata. La valutazione, per essere efficace, deve essere concepita come un processo continuo e riflessivo che non si limita alla verifica delle conoscenze, ma che sviluppa competenze e abilità metacognitive (Vinci, 2021a). L'approccio valutativo, quindi, deve essere in grado di *valorizzare* il processo di apprendimento (Perla, 2019). All'interno di tale scenario, l'*assessment for learning* consente di fornire feedback continui (Hattie, Timperley, 2007; Lipnevich, Panadero, 2021) così da orientare il processo di apprendimento mantenendo una motivazione e un coinvolgimento alto da parte degli studenti. In quest'ottica il processo valutativo favorisce negli allievi una maggiore consapevolezza sugli impedimenti incontrati e consente ai docenti di riprogettare le attività, così da calibrare il processo di apprendimento sui bisogni formativi emersi (Perla, Tempesta, 2016). Questa funzione di ripensamento critico promuove una riprogettazione di conoscenze che probabilmente sarebbero state tralasciate (Vinci, 2021a). Anche la valutazione partecipata, che prevede il coinvolgimento attivo degli studenti nel processo valutativo attraverso forme di peer review e il feedback tra pari, è fondamentale per sviluppare una maggiore consapevolezza e per promuovere una cultura della valutazione trasparente e condivisa (Vinci, 2021b). Produrre e ricevere feedback, inoltre, sviluppa la capacità di creare e utilizzare criteri valutativi (Restiglian,

Grion, 2019) e promuove in tal senso lo sviluppo della *literacy* valutativa negli studenti (2021b).

4. Un'esperienza di Team-Based Learning in "Fondamenti e Didattica di Biologia dell'Ecologia" presso Università degli Studi di Foggia

L'esperienza qui sinteticamente descritta è stata condotta durante il corso di "Fondamenti e Didattica di Biologia e dell'Ecologia" rivolto a studenti del terzo anno del Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria presso l'Università degli Studi di Foggia. Il corso, non obbligatorio, ha visto la partecipazione di circa ottanta studenti, i quali hanno sottoscritto il patto formativo con il docente, definendo doveri e diritti reciproci. Le ore di lezione (n. = 72) sono state strutturate secondo la metodologia Team-Based Learning (TBL), un approccio che enfatizza l'apprendimento attivo e collaborativo attraverso la formazione di gruppi di lavoro e la risoluzione di problemi. Al termine del corso, è stato somministrato un questionario per valutare il livello di soddisfazione degli studenti e raccogliere dati sulla percezione dell'efficacia dell'esperienza didattica.

Il TBL, ideato da Larry Michaelsen alla fine degli anni Settanta, è una metodologia che si basa su una struttura ben definita che prevede diverse fasi: lo studio individuale, il Readiness Assurance Test (RAT) e l'applicazione delle conoscenze (tAPP). Nella prima fase, gli studenti studiano autonomamente i materiali di apprendimento forniti dal docente prima della lezione. Successivamente, svolgono un test individuale (iRAT) per verificare la comprensione dei concetti chiave, seguito da un test in team (tRAT) per favorire il confronto e la discussione. Il docente fornisce poi una breve mini-lezione, focalizzandosi sui punti critici e sui dubbi emersi durante il RAT. Infine, gli studenti lavorano in team per risolvere problemi e svolgere attività che richiedono l'applicazione delle conoscenze acquisite (tAPP). La metodologia TBL si è dimostrata efficace in diversi contesti educativi, promuovendo l'apprendimento, la motivazione e il coinvolgimento degli studenti (Lotti, 2019). L'adozione del TBL nel corso di "Fondamenti e Didattica di Biologia e dell'Ecologia" ha avuto l'obiettivo di far sperimentare in prima persona a futuri docenti una tecnica didattica innovativa che punta alla responsabilizzazione personale ma anche alla creazione di gruppi di apprendimento capaci di costruire nel gruppo e tra i gruppi la conoscenza. Per tutta la durata del corso gli studenti hanno mostrato un'alta motivazione e un interesse al confronto negoziando idee e proponendo soluzioni efficaci. Per la fase di applicazione delle conoscenze (tAPP), sono stati ideati problemi e attività significative inerenti

la didattica delle scienze, in quanto il Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria è un titolo abilitante all'insegnamento, in linea con le "4S" di Michaelsen.

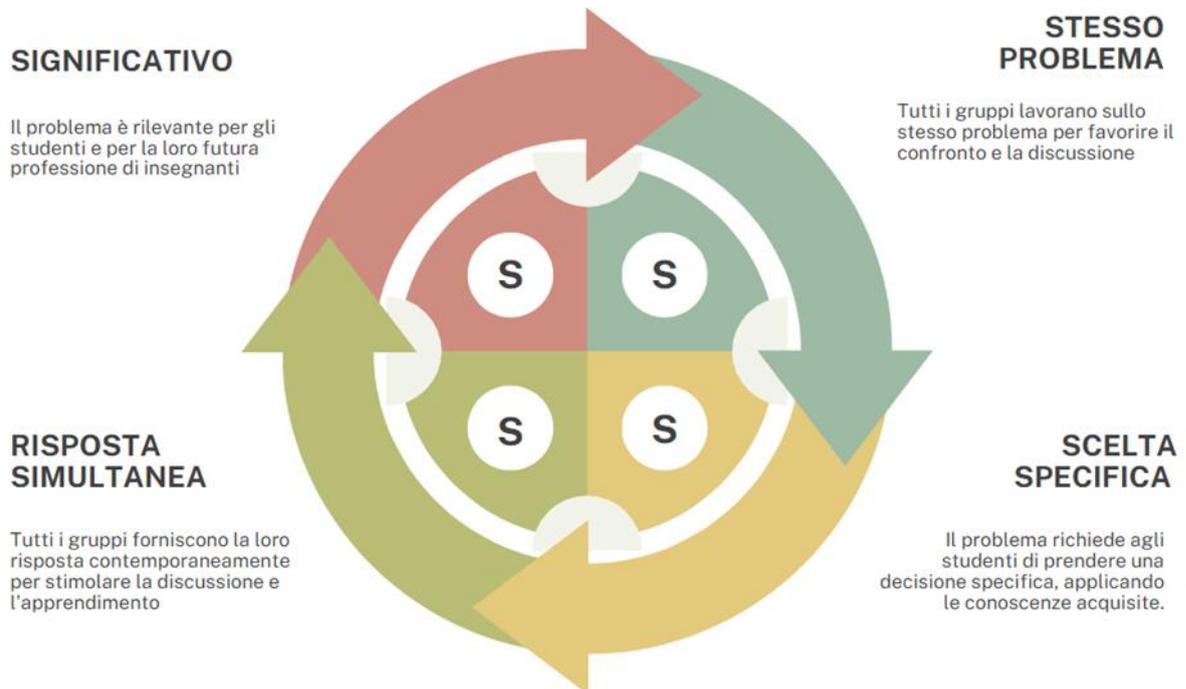


Fig 3: Quattro criteri chiave per la strutturazione di un problema secondo la metodologia Team Based Learning - TBL

La valutazione dell'apprendimento è stata condotta in modo multiforme, tenendo conto delle diverse fasi del TBL (iRAT, tRAT, tAPP) e della valutazione tra pari. Per raccogliere dati sulla soddisfazione e sulla percezione di efficacia della metodologia TBL, è stato somministrato agli studenti un questionario. L'analisi dei dati ha evidenziato un elevato livello di soddisfazione da parte degli studenti. In particolare, è risultato utile lavorare per gruppi per approfondire concetti e negoziare una visione comune. Inoltre, gli studenti hanno valutato positivamente il loro coinvolgimento durante la lezione TBL rispetto a una lezione tradizionale, ponendo attenzione alla stimolazione del pensiero critico e alla capacità di risolvere problemi. L'esperienza con il TBL nel corso di "Fondamenti e Didattica di Biologia e dell'Ecologia" ha contribuito a realizzare un ambiente di apprendimento stimolante e coinvolgente per gli studenti. I risultati positivi del

questionario e le osservazioni dirette incoraggiano a pensare che proseguire su questa strada, sperimentando ulteriormente il TBL - adattandolo alle esigenze specifiche degli studenti e in dialogo anche con altre metodologie didattiche innovative di tipo attivo - possa essere assai utile per formare futuri insegnanti nel promuovere un apprendimento significativo di una disciplina tanto complessa, qual è la biologia.

Indicatore	Media	Moda	Dev. St.
Facilitazione della comprensione	8.8	10	1.2
Utilità del lavoro di gruppo	9.1	10	0.9
Consolidamento delle conoscenze (iRAT e tRAT)	8.9	10	1.1
Utilità della mini-lezione	8.7	10	1
Coinvolgimento rispetto a lezione tradizionale	8.6	10	1.3
Stimolazione del pensiero critico e problem-solving	8.5	10	1.2
Utilità del confronto con i compagni	9	10	0.8
Utilità in altri corsi universitari	8.7	10	1
Motivazione	8.9	10	1.1
Efficacia rispetto a lezione tradizionale	8.7	10	1.2
Favorevolezza a un corso con solo moduli TBL	8.9	10	1
Soddisfazione complessiva	8.8	10	1.1

Tab. 1: Statistiche descrittive degli item analizzati

L'esperienza del TBL nel corso di "Fondamenti e Didattica di Biologia e dell'Ecologia" ha evidenziato l'importanza di adottare metodologie didattiche innovative per favorire un apprendimento attivo, collaborativo e centrato sullo studente. L'utilizzo delle tecnologie digitali è un elemento chiave di questa innovazione, ma è fondamentale che l'integrazione delle tecnologie sia guidata da una solida cognizione docente, che sappia coniugare le conoscenze disciplinari, pedagogiche e tecnologiche. In questo contesto, l'Intelligenza Artificiale (IA) si presenta come un'ulteriore risorsa per la didattica della biologia e per ripensare la formazione iniziale degli insegnanti valorizzando le competenze di trasposizione didattica di un contenuto

mediatizzato (Agrati, Vinci, 2021).

L'IA può essere utilizzata per creare ambienti di apprendimento personalizzati, per fornire feedback immediati e mirati agli studenti, per analizzare grandi quantità di dati e per supportare la progettazione di attività didattiche innovative. Ad esempio, si potrebbe addestrare un modello di IA per supportare gli studenti che, per impegni lavorativi, non possono frequentare le lezioni. O, ancora, si potrebbero creare dei sistemi di tutoraggio intelligenti che si adattano al livello di apprendimento e alle esigenze individuali degli studenti. Altro impiego dell'IA potrebbe essere quello di sviluppare simulazioni e modelli interattivi che permettano agli studenti di esplorare i concetti biologici in modo interattivo e stimolante. Ovviamente queste proposte di ibridazione vanno lette in ottica integrativa e non sostitutiva della relazione diretta con il docente, che risulta sempre imprescindibile.

References

Agrati L.S. (2020). *Mediazione e insegnamento. Il contributo di Peirce al sapere didattico*. Milano: FrancoAngeli.

Agrati, L.S., Vinci V. (2021). *Virtual internship as mediatized experience. The educator's training during COVID19 emergency*. In: L.S. Agrati et al. (Eds.). *Bridges and Mediation in Higher Distance Education*. Communications in Computer and Information Science, 1344, 1-14. Springer, Cham.

Agrati, L.S., Vinci V. (2022). *Evaluative Knowledge and Skills of Student Teachers Within the Adapted Degree Courses*, *FRONTIERS IN EDUCATION*, 7, 1-10, Codice DOI 10.3389/feduc.2022.817963.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Project 2061– Benchmarks for science literacy: A tool for curriculum reform*. Washington, DC.

Andena T. (2007). *Insegnare con i concetti le scienze*. Milano: FrancoAngeli.

Bernstein, D. A., Penner, L. A., Clarke-Stewart, A., & Roy, E. J. (2006). *Psychology*. Houghton

Mifflin.

Boncinelli, E. (2001). *Prima lezione di biologia*. Roma-Bari: LaTerza

Borg, S. (2003). *Teacher cognition in language teaching: A review of research on what language teachers think, know, believe, and do*. *Language Teaching*, 36(2), 81–109.
<https://doi.org/10.1017/S0261444803001903>

Curtis, H., & Barnes, S. (2017a). *Invito alla biologia. Cellula, genetica, evoluzione, animali, piante*. Bologna: Zanichelli.

Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A., & Massarini, A. (2017b). *Elementi di biologia. Cellula - Genetica*. Bologna: Zanichelli.

Damiano E. (2013). *La mediazione didattica*. Milano: FrancoAngeli.

De Bono, E. (2013). *Sei cappelli per pensare*. Milano: Rizzoli.

Dibattista L., Morgese F. (2012). *Il racconto della scienza: digital storytelling in classe*. Roma: Armando.

Ellerani, P. G. (2006). Per una valutazione autentica. *Innovazione educativa*, 2, 50–56.

Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. Millbrae, CA: California Academic Press.

Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts*. San Jose, CA: California Academic Press.

Forkosh-Baruch, A., Phillips, M., & Smits, A. (2021). *Reconsidering teachers' pedagogical reasoning and decision making for technology integration as an agenda for policy, practice,*

and research. *Educational Technology Research and Development*, 69(4), 2209–2224.

<https://doi.org/10.1007/s11423-021-09966-7>

Grion, V., Aquario, D., & Restiglian, E. (2019). *Valutare nella scuola e nei contesti educativi*. Padova: CLEUP.

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). *The Power of Feedback*. *Rev. Educ. Res.* 77 (1), 81–112. doi:10.3102/003465430298487.

Herrington, J., Reeves, T. C., & Oliver, R. (2014). *Authentic learning environments*. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 401-412). New York: Springer-Verlag.

Johnson, M., & Pigliucci, M. (2004). *Is knowledge of science associated with higher skepticism of pseudoscientific claims?* *American Biology Teacher*, 66, 536–548.

Lipnevich, A.A., & Panadero E. (2021). *A Review of Feedback Models and Theories: Descriptions, Definitions, and Conclusions*. *Front. Educ.* 6:720195. doi: 10.3389/educ.2021.720195.

Lotti, A. (2019). *Il Team-Based Learning (TBL): Un metodo formativo per apprendere a lavorare in gruppo*. In A. Dipace & V. Tamborra (Eds.), *Insegnare in università* (pp. 141-165). Milano: FrancoAngeli

Michaelsen, L. K., Knight, A. B., & Fink, L. D. (2004). *Team-based learning: A transformative use of small groups in college teaching*. Stylus Publishing.

Miller, J. D., Scott, E. C., & Okamoto, S. (2006). *Public acceptance of evolution*. *Science*, 313, 765–766.

Mnookin, S. (2011). *The panic virus: A true story of medicine, science, and fear*. New York:

Simon & Schuster.

Morgese F., Vinci V. (eds.) (2010). *Performascienza. Laboratori teatrali di storia della scienza a scuola*. Milano: FrancoAngeli.

Morrison, D. (2011). Science denialism: Evolution and climate change. *Reports of the National Center for Science Education*, 31, 1–10.

OECD. (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>

Offit, P. A. (2011). *Deadly choices: How the anti-vaccine movement threatens us all*. New York: Basic Books.

Perla, L. (2019). *Valutare per valorizzare. La documentazione per il miglioramento di scuola, insegnanti, studenti*. Brescia, Morcelliana.

Perla L. (2020), *Didattica e pratiche dell'active learning*. In G. Crescenza, A. Volpicella, *Apprendere a insegnare. Competenze e sensibilità della professione docente* (pp. 264-274). Roma: Edizioni Conoscenza.

Perla, L., Agrati, L. S., & Vinci, V. (2018). *The 'supply chain' of teachers' digital skills training: The TPACK traceability in the teachers' trainers*. In GRIAL Research Group (Ed.), *Proceedings of TEEM'18: Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 604–612). New York, NY: The Association for Computing Machinery (ACM). <https://doi.org/10.1145/3284179.3284284>

Raven, P. H., Johnson, G. B., Mason, K. A., Losos, J. B., & Singer, S. R. (2019). *Elementi di biologia e genetica*. Padova: Piccin.

Reardon, S. (2011). *Climate change sparks battles in classroom*. *Science*, 333, 688–689.

Restiglian, E., & Grion, V. (2019). *Valutazione e feedback fra pari nella scuola: Uno studio di caso nell'ambito del progetto GRiFoVA*. Italian Journal of Educational Research, 12(Special Issue), 195–221. <https://doi.org/10.7346/SIRD-1S2019-P195>

Rowe, M. P., Gillespie, B. M., Harris, K. R., Koether, S. D., Shannon, L. Y., & Rose, L. A. (2015). *Redesigning a general education science course to promote critical thinking*. CBE—Life Sciences Education. <https://doi.org/10.1187/cbe.15-02-0032>

Sadava, D., Heller, C., Orians, G., Purves, W., & Hillis, D. (2011). *Biologia.blu. Dalle cellule agli organismi*. Bologna: Zanichelli.

Santovito, G. (2015). *Insegnare la biologia ai bambini. Dalla scuola dell'infanzia al primo ciclo di istruzione*. Roma: Carocci.

Tempesta, M. (2016). *Il polimorfo virtuoso. Multidimensionalità della professione docente e società della capacitazione*. In L. Perla & M. Tempesta (Eds.), *Teacher education in Puglia. Università e scuola per lo sviluppo della professionalità docente* (p. 77). Lecce, Italy: Pensa MultiMedia.

Tessaro, F. (2014). *Compiti autentici o prove di realtà? Formazione & Insegnamento*, XII(3), 77–88.

Todaro Angelillo, C. (2001). *La ridefinizione del curriculum di scienze della natura per competenze e nuclei fondanti: Modelli per la costruzione di un curriculum delle scienze sperimentali*. *Le scienze naturali nella scuola*, 17, 5–18.

Vinci, V. (2021a). *La valutazione educativa "in ricerca": Fra etica e partecipazione*. In S. Ulivieri Stiozzi & V. Vinci (Eds.), *La valutazione per pensare il lavoro pedagogico* (pp. 200-227). Milano: FrancoAngeli.

Vinci, V. (2021b). *Peer review, feedback e nuovi modelli di valutazione partecipata nell'higher*

education: Una sperimentazione presso l'Università Mediterranea di Reggio Calabria.
Education Sciences & Society, 250–254.

Vinci, V. (2021c). *La documentazione per la valutazione.* Nuova Secondaria Ricerca, 9, 445–457.