



1 6 7 1 7 2 0 2 1

Open and Interdisciplinary
Journal of Technology,
Culture and Education

Editor

M. Beatrice Ligorio (University of Bari "Aldo Moro")

Coeditors

Stefano Cacciamani (University of Valle d'Aosta)

Donatella Cesareni (University of Rome "Sapienza")

Valentina Grion (University of Padua)

Associate Editors

Carl Bereiter (University of Toronto)

Michael Cole (University of San Diego)

Kristine Lund (CNRS)

Roger Salijo (University of Gothenburg)

Marlene Scardamalia (University of Toronto)

Scientific Committee

Sanne Akkerman (University of Utrecht)

Ottavia Albanese (University of Milan – Bicocca)

Susanna Annese (University of Bari "Aldo Moro")

Alessandro Antonietti (University of Milan – Cattolica)

Pietro Boscolo (University of Padua)

Lorenzo Cantoni (University of Lugano)

Felice Carugati (University of Bologna – Alma Mater)

Cristiano Castelfranchi (ISTC-CNR)

Alberto Cattaneo (SFIVET, Lugano)

Graziano Cecchinato (University of Padua)

Carol Chan (University of Hong Kong)

Cesare Cornoldi (University of Padua)

Crina Damsa (University of Oslo)

Frank De Jong (Aeres Wageningen Applied University,
The Netherlands)

Ola Erstad (University of Oslo)

Paolo Ferrari (University of Milan – Bicocca)

Alberto Fornasari (University of Bari "Aldo Moro")

Carlo Galimberti (University of Milan – Cattolica)

Begona Gros (University of Barcelona)

Kai Hakkarainen (University of Helsinki)

Vincent Hevern (Le Moyne College)

Jim Hewitt (University of Toronto)

Antonio Iannaccone (University of Neuchâtel)

Liisa Ilomaki (University of Helsinki)

Sanna Jarvela (University of Oulu)

Richard Joiner (University of Bath)

Kristina Kumpulainen (University of Helsinki)

Minna Lakkala (University of Helsinki)

Mary Lamon (University of Toronto)

Leila Lax (University of Toronto)

Marcia Linn (University of Berkeley)

Kristine Lund (CNRS)

Anne-Nelly Perret-Clermont (University of Neuchâtel)

Donatella Persico (ITD-CNR, Genoa)

Clotilde Pontecorvo (University of Rome "Sapienza")

Peter Renshaw (University of Queensland)

Giuseppe Ritella (University of Helsinki)

Nadia Sansone (Unitelma Sapienza)

Vittorio Scarano (University of Salerno)

Roger Schank (Socratic Art)

Neil Schwartz (California State University of Chico)

Pirita Seitamaa-Hakkarainen (University of Joensuu)

Patrizia Selleri (University of Bologna)

Robert-Jan Simons (IVLOS, NL)

Andrea Smorti (University of Florence)

Luca Tateo (University of Oslo)

Jean Underwood (Nottingham Trent University)

Jaan Valsiner (University of Aalborg)

Jan van Aalst (University of Hong Kong)

Rupert Wegerif (University of Exeter)

Allan Yuen (University of Hong Kong)

Cristina Zucchermaglio (University of Rome "Sapienza")

Editorial Staff

Nadia Sansone – head of staff

Francesca Amenduni – deputy head of staff

Iliaria Bortolotti, Sarah Buglass, Lorella Giannandrea,

Hanna Järvenoja, Mariella Luciani, F. Feldia Loperfido,

Louis Maritaud, Katherine Frances McLay,

Giuseppe Ritella

Web Responsabile

Nadia Sansone



Publisher

Progedit, via De Cesare, 15

70122, Bari (Italy)

tel. 080.5230627

fax 080.5237648

info@progedit.com

www.progedit.com

qwerty.ckbg@gmail.com

www.ckbg.org/qwerty

Registrazione del Tribunale di Bari

n. 29 del 18/7/2005

© 2020 by Progedit

ISSN 2240-2950

Index

<i>Editorial: Data-driven practices in Universities: Rethinking students as subjects and owners of their data</i>	5
Lorella Giannandrea	

ARTICLES

<i>Sviluppo di una OER per l'insegnamento delle biotecnologie: risultati di una sperimentazione eseguita nell'ultimo anno dei Licei</i>	12
Giovanni Guarguaglini, Cristina Miceli, Daniela Amendola	
<i>Contribution of technology innovation acceptance and organizational innovation climate on innovative teaching behavior with ICT in indonesian education</i>	33
Muhammad Sofwan, Robin Pratama, Muhaimin Muhaimin, Yusnaidar Yusnaidar, Amirul Mukminin, Akhmad Habibi	
<i>Pratiche basate sui dati nella valutazione e l'analisi della qualità didattica: il caso dell'Università di Padova</i>	58
Juliana E. Raffaghelli, Valentina Grion, Marina De Rossi	
<i>La presentazione di una falsa identità nell'era digitale</i>	80
Maria Grazia Monaci, Naomi Cerisetti	
<i>Diari di apprendimento e learning analytics, strumenti integrabili per capire i processi di studio? Giudizi di difficoltà e tracciamento delle attività online</i>	100
Riccardo Fattorini, Gisella Paoletti	



Sviluppo di una OER per l'insegnamento delle biotecnologie: risultati di una sperimentazione eseguita nell'ultimo anno dei Licei

Giovanni Guarguaglini, Cristina Miceli*, Daniela Amendola**

DOI: 10.30557/QW000034

Abstract

To overcome teachers' and students' difficulties about teaching/learning of biotechnology discipline in high schools' education, we have designed and implemented an online course on the Moodle platform. The course, customizable by teachers, develops from a local context of environmental pollution, following the guidelines of the Context Based Learning Approach. We evaluated the effectiveness, strengths, and weaknesses of this tool with pre- and post-tests and perception questionnaires. The future perspective is to create an open educational resource available to teachers in the final year of upper secondary schools.

Keywords: Biotechnologies; ICT; OER; Moodle; CBL

Introduzione

Le biotecnologie si collocano fra quei settori delle Scienze che compiono progressi rapidissimi. Questo richiede un costante adattamen-

* University of Camerino, Italy. Giovanni Guarguaglini, orcid: 0000-0001-9156-428X; Cristina Miceli, orcid: 0000-0002-7829-8471; Daniela Amendola, orcid: 0000-0003-3039-260X.

Corresponding author: daniela.amendola@unicam.it

to dei curricula scientifici per le scuole superiori (Dunham, Wells, & White, 2002), adattamento che si avvale anche di un efficace contributo dei ricercatori in collaborazione con gli insegnanti (Hanegan & Bigler, 2009). Nonostante l'importanza delle biotecnologie all'interno delle Scienze, la trattazione di questi temi ha tardato a entrare nelle aule scolastiche (Borgerding, Sadler, & Koroly, 2013): in Italia i temi delle biotecnologie sono stati inseriti nel curriculum delle scienze naturali dei Licei da meno di un decennio e sono stati attuati nelle classi quinte a pieno regime dal 2014.

La dimensione tecnologica che caratterizza le biotecnologie, assieme a quella propriamente scientifica (Moreland, Jones, & Cowie, 2006), offre il vantaggio di poter enfatizzare la connessione tra Scienza, Tecnologia e Società -STS- (*Science Technology and Society*) nello sviluppo di materiali didattici (Dori, Tal, & Tsaushu, 2003); ciò permette di insegnare le Scienze in modo più pertinente trattando temi socio-scientifici -SSI- (*Socio-Scientific Issues*) contemporanei, di grande interesse per gli studenti (Nordqvist & Aronsson, 2019). Le biotecnologie offrono quindi la possibilità agli studenti di affrontare i più recenti sviluppi scientifici e l'influenza che questi hanno nella vita quotidiana, svolgendo un ruolo chiave nell'educazione alla cittadinanza attiva (Steele & Aubusson, 2004).

Tuttavia, i docenti trovano alcune limitazioni alla trattazione di temi biotecnologici: la mancanza di preparazione accademica sui temi, di strumenti di laboratorio e/o interesse su alcuni aspetti delle biotecnologie crea non poche difficoltà nel rendere efficace l'azione didattica (Bryce & Gray, 2004; Kidman, 2010; Steele & Aubusson, 2004). Il risultato è che i docenti sembrano dedicare poco tempo all'insegnamento delle biotecnologie, nonostante ritengano questi temi importanti (Borgerdin, Sadler, & Koroly, 2013), ma considerano molto utili materiali già pronti che non siano troppo complessi (Leslie & Schibeci, 2006).

Inoltre, i contenuti e gli argomenti inseriti dai docenti nelle programmazioni didattiche non collidono necessariamente con gli interessi degli studenti. Gli insegnanti tendono a soffermarsi sulle parti tecniche e teoriche, mentre gli studenti mostrano un maggior interesse nello studio di quelle parti del curriculum che percepiscono come più rilevanti e piene di significato (Nordqvist & Aronsson, 2019). Vi sono

inoltre evidenze sul fatto che gli studenti mostrino grandi difficoltà nella comprensione dei meccanismi genetici (Duncan & Tseng, 2011).

Per venire incontro alle difficoltà dei docenti e degli studenti nell'affrontare le tematiche delle biotecnologie abbiamo costruito un corso online e lo abbiamo sperimentato in due anni successivi. Sono stati coinvolti nella sperimentazione insegnanti e studenti delle classi quinte di un Liceo Scientifico, nell'ottica di ricavare informazioni utili per arrivare alla creazione di una risorsa educativa aperta -OER- (*Open Educational Resource*) efficace per questa tipologia di utenti. Per incrementare la motivazione degli studenti e allo stesso tempo affrontare un tema di attuale importanza come l'educazione ambientale (un SSI), il corso è stato costruito seguendo un approccio basato sul contesto (*Context Based Learning* - CBL-) (Bennett, Lubben, & Hogarth, 2007; Fensham, 2009; Gilbert, 2006).

Questo approccio, che segue la visione costruttivista dell'educazione, è legato alla didattica attiva, nella quale lo studente è al centro e protagonista delle attività didattiche. Il percorso parte dall'analisi di una reale problematica locale (inquinamento dei suoli della locale industria siderurgica) per poi permettere agli studenti stessi, affiancati dai docenti, di affrontare i contenuti teorici sulle biotecnologie come necessità e richiesta di approfondimento (Bulte, Westbroek, de Jong, & Pilot, 2006).

Il corso è stato costruito ed erogato attraverso la piattaforma *Moodle* dell'Università di Camerino. A seguito della prima esperienza pilota dell'a.s. 2017/2018 (Guarguaglini, Amendola, & Miceli, in stampa) sono state effettuate le modifiche ritenute necessarie sia al corso che agli strumenti di indagine. Il corso riadattato è stato quindi sperimentato su un maggior numero di classi nell'a.s. 2018/2019, fornendo utili informazioni per la costruzione di una efficace OER che possa essere utilizzata dagli insegnanti dei Licei in Italia.

Stato dell'arte

L'importanza dell'insegnamento delle tematiche relative alle biotecnologie è ormai riconosciuta diffusamente (Nordqvist & Aronsson, 2019) e, come avvenuto in Italia, in molti altri paesi si è cercato di

integrare questi temi a livello curriculare nei diversi ordini di scuola (France, 2003; Hanegan & Bigler, 2009; Steele & Aubusson, 2004).

Nelle scuole superiori questi argomenti sono presentati prevalentemente attraverso i libri di testo, ma sembra che gli studenti preferiscano piuttosto video, animazioni ed esperienze di laboratorio (Vanderschuren et al., 2010). Proprio per promuovere l'alfabetizzazione scientifica sulle biotecnologie e sul loro impatto sulla società, sono state sviluppate varie risorse educative e iniziative, molte delle quali includono attività pratiche e protocolli di esercizi di laboratorio, destinate agli insegnanti (Fonseca, 2012). Alcune di queste risorse sono fruibili online, come i materiali didattici sviluppati dal Centro nazionale per l'educazione biotecnologica (NCBE) all'interno dell'Iniziativa europea per l'educazione alle biotecnologie (EIBE). Un altro esempio è il DNA Learning Center (DNALC) che si dedica esclusivamente all'educazione genetica con risorse destinate a livello post-laurea, universitario, pre-college e per pubblico in generale.

Si possono inoltre citare alcuni esempi di sperimentazioni di materiali o percorsi didattici per gli studenti delle scuole secondarie. Uno studio olandese ha valutato l'efficacia di un modulo riguardante la ricerca biomedica sull'incremento di consapevolezza sulle biotecnologie negli studenti (Klop, Severiens, Knippels, Mil, & TenDam, 2010). Le attività proposte sono state costruite seguendo la prospettiva del costruttivismo sociale, cercando di stimolare l'apprendimento attivo, utilizzando compiti autentici basati su un SSI. I risultati indicano che gli studenti hanno aumentato la propria alfabetizzazione scientifica, ma che la riflessione critica è risultata insufficiente, non essendo stati ampiamente discussi tutti i vantaggi e gli svantaggi, sia tecnici che etici, delle biotecnologie. Nella costruzione del corso, abbiamo seguito alcune delle indicazioni relative all'approccio costruttivista indicate da Klop e colleghi e abbiamo tenuto conto dell'importanza di presentare aspetti positivi e criticità relativi al SSI da noi scelto. Altri ricercatori hanno analizzato l'effetto di animazioni interattive (Yarden & Yarden, 2010), presentando vantaggi e svantaggi nell'uso di animazioni nell'insegnamento dei metodi biotecnologici. Nel corso sono state utilizzate alcune animazioni da noi costruite seguendo alcuni dei suggerimenti presentati, come,

ad esempio, l'affiancamento alle simulazioni video di altre azioni di stimolo come grafici, schemi e descrizioni testuali.

L'utilizzo di video game come *Mission Biotech* (Barko & Sadler, 2013) risulta avere una certa efficacia come strumento di insegnamento e di apprendimento di un tema biotecnologico, ma non è per noi particolarmente interessante. Infatti, dai risultati di questo studio, il videogioco non ha effetti positivi sugli atteggiamenti degli studenti nei confronti della Scienza. Abbiamo anche analizzato siti web come l'*Apple Genomics Project* (NSF), che però presentano solo materiale non strutturato e in lingua inglese. In Italia sono stati sviluppati alcuni percorsi didattici come il "GENERation Biotechnology" (Educazione Digitale), che comprendono uno strumento multimediale ideato per la didattica informale, una documentazione per l'insegnante e un quiz interattivo. Questo strumento, oltre a non essere adattabile dall'insegnante, risulta troppo semplice perché rivolto alla scuola secondaria di I grado. Un altro progetto è il "Biotech a Scuola" che ha fornito ad alcune scuole supporto e materiali su alcuni aspetti fondamentali delle biotecnologie (Santucci, Mini, Ferro, Martelli, & Trabalzini, 2004). Il progetto, però, è basato solo su esperienze di laboratorio tramite kit commerciali e personale universitario e inoltre, nonostante risulti adatto a diversi tipi e livelli di scuole, non è stato esteso all'ultimo anno dei Licei. In un'altra esperienza, un gruppo di studenti liceali ha assunto il ruolo di tutor, gestendo un laboratorio sulle biotecnologie (Maniero et al., 2018). In questo caso, l'utilizzo del *peer tutoring* si è dimostrato una strategia efficace nel coinvolgimento degli studenti. Nella costruzione del nostro corso, non abbiamo considerato l'uso di esperienze di laboratorio per permettere ai docenti di poter utilizzare la nostra risorsa anche in assenza di strumentazione e ambiente laboratoriale. Tuttavia, abbiamo confermato l'utilizzo della metodologia di didattica basata sulla collaborazione tra pari. Citiamo infine il progetto "Le biotecnologie in medicina: spunti per un'azione didattica", indirizzato a studenti e professori di scuola secondaria sulle applicazioni della genetica molecolare in campo biomedico attraverso metodi didattici innovativi (ISS, 2003).

Abbiamo già sottolineato come molte delle risorse disponibili siano solo in inglese e prevalentemente legate ad attività di laboratorio, a specifiche tematiche mediche o solamente etiche. Sembra inoltre che gli insegnanti utilizzino un numero limitato di fonti, anche se facilmen-

te accessibili, soprattutto a causa dei limiti di tempo e poiché ritengono di non saperle valutare correttamente (Fonseca, Costa, Lencastre, & Tavares, 2012). In ogni caso i materiali, anche se interessanti, non permettono al docente di adattarli al proprio percorso, dato che appaiono rigidi e spesso applicabili solamente come approfondimento.

Gli obiettivi della nostra ricerca sono la costruzione e sperimentazione di un corso online da utilizzare in modalità blended learning così da definire le caratteristiche più efficaci per realizzare una OER che sia liberamente accessibile agli insegnanti e adattabile alle loro esigenze. Il nostro obiettivo è proporre ai docenti uno strumento che consenta un apprendimento attivo, che faciliti il processo di apprendimento-insegnamento delle biotecnologie, che arricchisca la *Scientific Literacy* degli studenti e che permetta loro di affrontare temi ambientali legati alla loro quotidianità.

Abbiamo impostato il percorso didattico partendo da un contesto di inquinamento ambientale locale che, nella sperimentazione pilota, ha dimostrato di poter motivare gli studenti e consentire loro di applicare, in uno scenario reale di interesse sociale, le competenze acquisite sulle tecniche biotecnologiche. Il corso presenta materiali strutturati che illustrano gli strumenti e le tecniche delle biotecnologie, per accompagnare i docenti ad affrontare questo innovativo tema con un approccio didattico non convenzionale. Per mettere in relazione i contenuti teorici con le attività della ricerca e dei ricercatori nel campo biotecnologico sono state utilizzate pubblicazioni scientifiche originali. A conclusione di questa sperimentazione definitiva, abbiamo testato l'efficacia del percorso analizzando i miglioramenti nelle conoscenze disciplinari degli alunni. Inoltre, per riuscire a definire le caratteristiche della futura OER, abbiamo indagato le percezioni dei docenti e degli studenti su questo nuovo strumento didattico.

Metodologia

Partecipanti

La sperimentazione è stata effettuata nell'a.s. 2018/2019 (da novembre 2018 a maggio 2019) all'ISIS "Carducci-Volta-Pacinotti" di Pium-

bino (LI) e ha coinvolto le quattro classi quinte (60 studenti, 32 M e 28 F) e due docenti del Liceo Scientifico (14 studenti per la classe 5^aA e 18 studenti per la classe 5^aB con la prima insegnante -Doc. 1-; 20 studenti per la classe 5^aC e 8 studenti per la classe 5^aC indirizzo scienze applicate -5^aCSA- con la seconda insegnante -Doc. 2-). Il corso, erogato prevalentemente online, ha previsto 6 incontri in classe di 1 ora ciascuno.

Il corso online

Il corso, costruito e testato in una sperimentazione pilota nell'a.s. 2017/2018, è stato modificato in base ai risultati ottenuti. Per la realizzazione e l'erogazione del percorso didattico è stata utilizzata la piattaforma *Moodle* dell'Università di Camerino. Alcuni materiali sono stati creati dai ricercatori esperti nel settore delle Biotecnologie dell'Università di Camerino, altri sono stati raccolti da siti specifici adattati o modificati e tradotti in lingua italiana.

Il corso è composto da cinque sezioni conseguenti e dipendenti le une dalle altre (Fig. 1). Nella prima parte del corso sono presenti: strumenti per la comunicazione sempre accessibili ("Forum" e "Chat"), guide per docenti e per studenti e un questionario iniziale per gli studenti per la raccolta di informazioni (percezione delle lezioni in classe abitualmente svolte dai docenti, interesse verso temi ambientali, autovalutazione delle conoscenze pregresse di biologia e di chimica e sulla conoscenza del termine "biotecnologie", competenze informatiche e aspettative verso il corso online).

Nella figura 1 sono riportate le cinque sezioni del corso i cui principali contenuti sono: (1) A: temi storici e sociali legati al contesto locale; B: utilizzo di fogli di calcolo e programmi per la modellistica molecolare; C: caratteristiche ed effetti sulla salute umana degli inquinanti (metalli pesanti e idrocarburi policiclici aromatici); (2) D: regolazione genica e biochimica delle proteine reporter del biosensore; (3) materiali sulle biotecnologie (4) E: struttura DNA e crescita del biosensore unicellulare (*Whole Cell Biosensor*, WCB); F: plasmidi, enzimi di restrizione, gel elettroforesi, PCR, rDNA, clo-

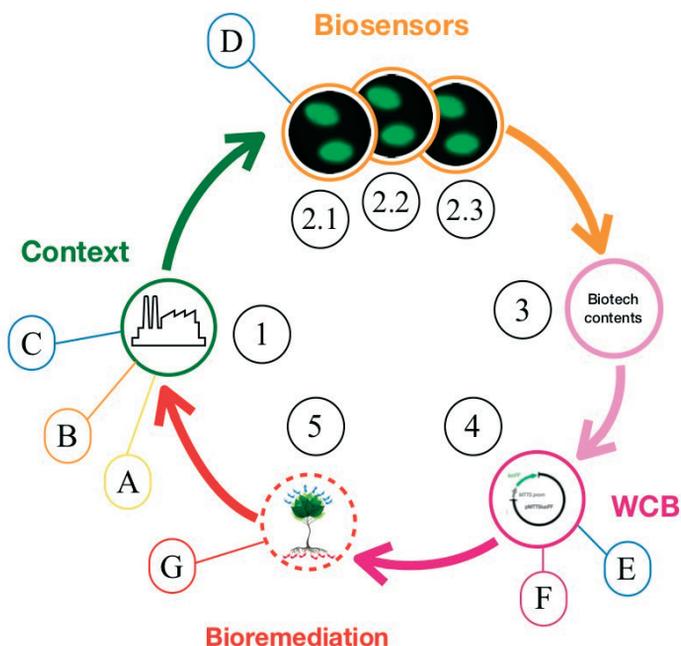


Figura 1. Struttura e contenuti principali del corso online

naggio e trasformazione; prova di realtà; (5) G: lavoro di gruppo, compito autentico.

In tutte le sezioni, eccetto che nell'ultima, il principale strumento di Moodle utilizzato è quello della "Lezione". Questo strumento, costituito da pagine sequenziali e ramificate, permette allo studente, anche in accordo con il docente, di scegliere i contenuti da approfondire e gli esercizi o le consegne da effettuare. Lo studente utilizza gli strumenti e le attività di ogni sezione e, quando presente, svolge un quiz finale in autonomia. Questo ha la doppia funzione di restituire un *feedback* sia allo studente che al docente: gli studenti ricevono un immediato risultato, utile a comprendere il proprio livello di acquisizione dei contenuti delle varie attività proposte; i docenti, invece, possono monitorare lo stato di avanzamento dei lavori per ogni singolo studente. Come programmato assieme al docente, al termine della

scadenza per il completamento della sezione, gli alunni svolgono, divisi in piccoli gruppi (Burke, 2011), un'attività collaborativa in classe sotto la guida del docente.

La **prima sezione** “Contesto” segue le indicazioni relative al *Context Based Learning* (CBL) (Bennett, Lubben, & Hogarth, 2007): a partire dalle informazioni sull'inquinamento ambientale locale legato all'industria siderurgica della città, gli studenti approfondiscono in autonomia i dati e le caratteristiche tossicologiche sui contaminanti, elaborano tabelle, grafici e usano risorse online per determinare la struttura molecolare degli inquinanti organici. La **seconda sezione** comprende tre lezioni consequenti: inizialmente vengono analizzate in dettaglio l'organizzazione delle pubblicazioni scientifiche e lo scopo dei loro diversi paragrafi (introduzione, materiali e metodi, risultati, discussione, conclusioni, conflitti di interesse e bibliografia), mentre successivamente, attraverso l'utilizzo di una *review* tradotta e semplificata, gli studenti analizzano la struttura e funzione dei biosensori. Nella parte finale viene introdotta la possibilità dell'utilizzo delle biotecnologie nella creazione di biosensori a cellula integra, riprendendo e approfondendo contenuti già trattati relativi alla regolazione genica, con lo scopo di stimolare l'interesse degli studenti verso le biotecnologie.

La **terza sezione** “Introduzione alle Biotecnologie” presenta due lezioni e un quiz finale: la prima lezione è stata utilizzata dai docenti come introduzione e come supporto alle lezioni frontali svolte per la trattazione dei contenuti specifici sulle tecniche e gli strumenti delle biotecnologie; la seconda, contenente materiali di approfondimento (schemi riassuntivi, video, video-lezioni ecc.), è stata utilizzata dagli studenti nella fase di rielaborazione e studio.

Nella **quarta sezione** “Costruiamo un biosensore”, gli studenti elaborano una presentazione utilizzando un articolo originale (Amaro, Turkewitz, Martín-González, & Gutiérrez, 2011) e una scheda-guida presentata attraverso lo strumento lezione, facendo riferimento al contesto di inquinamento ambientale locale (prova di realtà, Tessaro, 2014). L'attività di *peer assessment*, che permette la valutazione anonima tra pari prima della consegna definitiva al docente, viene effettuata attraverso lo strumento “Workshop” (Amendola & Miceli, 2018). In-

fine, la **quinta sezione**, “Biotecnologie e biorisanamento”, ha previsto un compito di scrittura collaborativa mediante l’attività “Wiki” utilizzando le risorse (presenti negli strumenti “pagina”) sulle caratteristiche molecolari di organismi geneticamente modificati (OGM) usati nel biorisanamento e i rischi associati al loro rilascio in ambiente. Gli studenti, in piccoli gruppi, hanno proposto l’utilizzo di uno specifico OGM da utilizzare nella bonifica dei terreni inquinati della città, descrivendo sommariamente gli strumenti e le tecniche biotecnologiche necessarie.

Procedura e strumenti

Per la nostra sperimentazione abbiamo seguito, come *framework* di riferimento, il disegno quasi-sperimentale. Sono stati raccolti e analizzati i risultati di quattro diverse classi senza gruppo di controllo (Campbell & Stanley, 2015).

La scelta di non utilizzare una classe di controllo è motivata da diversi fattori: le classi presentano docenti diversi e non appaiono uniformi tra di loro; la tipologia di percorso didattico proposto non è paragonabile a una classica trattazione del tema biotecnologie nelle scuole superiori; gli argomenti affrontati e gli obiettivi sono altamente specifici e l’intento non è quello di valutare l’efficacia di un approccio didattico rispetto a un altro nel processo di insegnamento/apprendimento delle biotecnologie. La specifica scelta dello stimolo di partenza non permette una valutazione oggettiva dell’attività come alternativa ad altri strumenti.

La valutazione dell’efficacia del corso, in relazione all’acquisizione delle conoscenze specifiche, è stata effettuata attraverso la somministrazione agli studenti di due diversi pre-test prima dell’inizio dell’attività e due post-test alla sua conclusione. La prima tipologia di test è composta da 16 domande a risposta multipla: nell’elaborazione dei risultati ottenuti sono state calcolate medie, deviazioni standard (DS) e errori standard per valutare il miglioramento di ogni classe e determinare la significatività dell’incremento tramite t-test.

La seconda tipologia è composta da 5 domande a risposta aperta: i risultati sono stati elaborati attraverso l'uso di specifiche rubriche e hanno permesso di valutare come gli studenti hanno cambiato le proprie argomentazioni relativamente alle tecniche biotecnologiche. Questo ha permesso di dare una significatività maggiore ai risultati del primo test.

Per la raccolta dati sulle percezioni del corso da parte degli studenti e dei docenti sono stati utilizzati due questionari, entrambi testati nello studio pilota. Quello rivolto agli studenti (Q1), modificato da Noroozi (Noroozi & Mulder, 2017), è composto da 27 domande su scala Likert a 6 punti (totalmente in disaccordo/completamente d'accordo) e 5 domande aperte.

Al termine della sperimentazione pilota sono state calcolate la coerenza interna, attraverso l'indice di correlazione *item-to-total* (gli *items* con valori <0.50 sono stati eliminati) e l'affidabilità, attraverso il calcolo dell'Alpha di Cronbach. Gli aspetti indagati dai diversi *items* opportunamente accorpati sono stati: la facilità d'uso (EAS, $\alpha = 0.86$), la valutazione dei materiali e delle risorse (MAT, $\alpha = 0.68$), gli effetti percepiti sui risultati ottenuti riguardo le conoscenze sulle biotecnologie (BT, $\alpha = 0.92$) e gli effetti percepiti sui risultati ottenuti riguardo gli argomenti ancillari (ANC, $\alpha = 0.80$).

Il questionario per i docenti (Q2), modificato da Mahdizadeh (Mahdizadeh, Biemans, & Mulder, 2008), è composto da 12 domande su scala Likert a 6 punti (totalmente in disaccordo/completamente d'accordo) e 6 domande aperte. Gli indicatori utilizzati sono stati: utilizzo, struttura e potenzialità del tema ambientale (AMB); materiali e strumenti del corso (MAT); facilità d'uso (EAS); metodo didattico basato sul contesto (CBL); supporto all'insegnamento dei contenuti sulle biotecnologie (BT); attività di *peer assessment* (PEE). A conclusione delle attività, gli insegnanti sono stati intervistati separatamente. Le interviste, semi strutturate, sono state registrate e completamente trascritte. Le risposte sono state organizzate utilizzando le stesse categorie del questionario finale (Q2).

Tutti i dati quantitativi, medie, DS, varianze e t test -t(°libertà) = *t value*-, sono stati analizzati utilizzando il programma Microsoft Excel ®.

Risultati e discussione: Valutazione dell'efficacia del corso sull'acquisizione delle conoscenze specifiche

Il confronto tra pre-test e post-test con domande a risposta multipla dimostra, in tutte le classi, un notevole miglioramento nei risultati (Fig. 2). La media del numero di risposte corrette ottenute per la 5^aA (N=11) nel pre-test è 3.3 (DS = 1.9) nel post-test è 11.6 (DS = 2.1), $t(20)=9.693$; per la 5^aB (N=15) nel pre-test è 2.9 (DS = 1.7) mentre nel post-test è 9.5 (DS = 1.5), $t(28)=11.358$; per la 5^aC (N=15) nel pre-test è 4.1 (DS = 1.9) nel post-test è 10.3 (DS = 3.8), $t(28)=5.657$; per la 5^aCSA (N=8) nel pre-test è 5.3 (DS = 1.7) mentre nel post-test è 12.6 (DS = 3.1), $t(14)=5.876$. I risultati del t-test mostrano che la differenza tra le medie risulta significativa per tutte le classi ($p<0.01$). Le risposte corrette nel post-test, in media, risultano essere per la 5^aA il 72%, per la 5^aB il 59%, per la 5^aC il 64% e infine per la 5^aCSA il 78%. L'incremento delle risposte corrette è significativo e di molto maggiore se paragonato ai risultati ottenuti nello studio pilota, nel quale i conte-

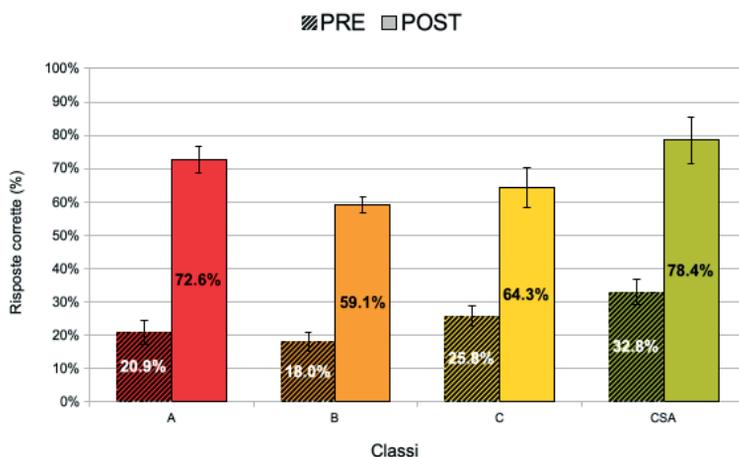


Figura 2. Risultati delle quattro classi nei pre-test (colonna tratteggiata) e post-test (colonna colorata) del questionario a scelta multipla: numero medio di risposte corrette (percentuale)

nuti teorici relativi alle tecniche biotecnologiche sono stati affrontati in autonomia dagli studenti. L'analisi delle interviste e delle risposte alle domande aperte di studenti e docenti effettuata nello studio pilota aveva sottolineato la necessità di una guida più diretta da parte dell'insegnante.

Questi risultati indicano quindi che l'inserimento nel percorso didattico di lezioni frontali sui concetti teorici di base delle biotecnologie, effettuate dai docenti in presenza nelle classi, ha avuto un ruolo importante.

Anche la differenza tra le risposte argomentative dei test a domande aperte ha dato buoni risultati in tutte le classi (dati non mostrati in questo articolo), seppur con differenze specifiche legate al diverso percorso scolastico che le ha caratterizzate. Gli studenti sono stati in grado, generalmente, di dimostrare una maggiore consapevolezza e capacità argomentativa rispetto ai temi sull'utilizzo di strumenti di biologia molecolare e le caratteristiche delle entità biologiche protagoniste delle biotecnologie.

Analisi delle percezioni del corso (Q1, Q2, Interviste)

I risultati ottenuti dal questionario per gli studenti -Q1- indicano risposte positive nelle 4 aree indagate (Fig. 3). I valori più alti sono quelli relativi alla valutazione dei materiali -MAT- ($M=4.80$, $DS\ 0.51$) e agli effetti percepiti sui temi non direttamente legati ai contenuti biotecnologici ANC ($M=4.37$, $DS\ 0.71$) seguiti dai risultati positivi sugli effetti percepiti sull'acquisizione delle conoscenze biotecnologiche -BT- ($M=4.13$, $DS\ 0.84$) e quelli inerenti alla valutazione e alla facilità del corso -EAS- ($M=4.02$, $DS\ 0.54$).

Attraverso l'analisi delle risposte aperte, è stato possibile approfondire le valutazioni degli studenti. Per quanto riguarda la facilità d'uso del corso -EAS-, una domanda ci ha permesso di identificare le parti del corso ritenute più critiche: la sezione 4 viene indicata come la più impegnativa (5/18), non tanto nell'uso della piattaforma quanto piuttosto nel dover creare un elaborato su un argomento ritenuto complesso. Alcuni studenti hanno comunque chiaramente espresso

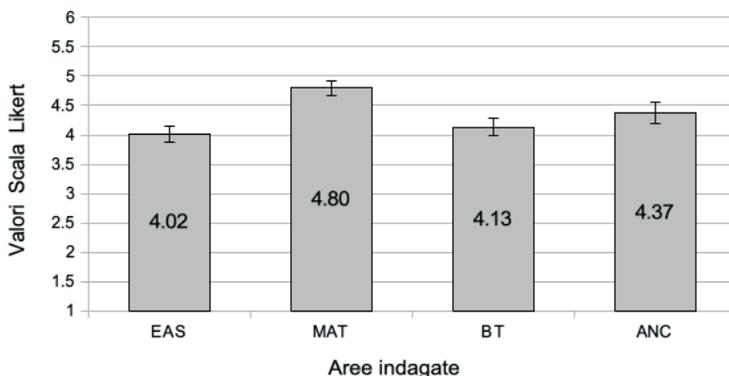


Figura 3. Q1: valutazione del corso -studenti- (N=26). 1=del tutto in disaccordo, 6= completamente d'accordo

che il corso e la piattaforma *Moodle* sono molto semplici da gestire (5/18). I risultati relativi agli effetti del corso sull'acquisizione delle conoscenze biotecnologiche -BT- sono molto maggiori rispetto a quelli registrati nello studio pilota. Questa è un'altra conferma di come l'inserimento delle lezioni frontali svolte dal docente in classe sui contenuti teorici abbia permesso agli studenti di utilizzare meglio il corso per integrare il percorso di apprendimento. Quando è stato chiesto di specificare quali parti del corso sono state più utili per l'apprendimento, più della metà degli intervistati ha indicato la sezione 4. Possiamo quindi pensare che questa parte, che richiede il coinvolgimento attivo degli studenti, sia considerata impegnativa ma allo stesso tempo molto utile. L'applicazione dei concetti teorici al reale contesto locale è stato ritenuto dagli studenti un valido supporto per l'apprendimento, facilitato anche dalla presenza nel corso di materiali e risorse. In particolare, tra i materiali più utili sono indicati: le risorse video (10/19), i diagrammi (6/19), le immagini (6/19) e le risorse di approfondimento e di sintesi (4/19) -MAT-.

Relativamente agli effetti percepiti sui temi non direttamente legati ai contenuti biotecnologici ANC, gli studenti hanno apprezzato e valutato positivamente sia l'analisi dell'organizzazione delle pubbli-

cazioni scientifiche e l'impiego di pubblicazioni originali, sia l'utilizzo del problema ambientale locale come punto di partenza del percorso che fornisce la possibilità di applicare le conoscenze nel contesto reale vicino alla vita quotidiana. La valutazione dell'attività di *peer assessment* non è invece del tutto positiva: solo una parte degli studenti ha effettivamente svolto l'attività in forma completa, permettendo a pochi di essi di ricevere suggerimenti, critiche o elogi. D'altra parte, l'attività di valutazione degli elaborati dei coetanei non era mai stata utilizzata come strumento didattico nella carriera scolastica di questi studenti e ha quindi richiesto un tempo e uno sforzo aggiuntivo che non tutti gli studenti hanno deciso di impiegare.

In figura 4 riportiamo i risultati del questionario -Q2- distribuito ai due docenti, che risultano molto omogenei. Anche qui si conferma come valore più alto la valutazione dei materiali del corso -MAT- (M=5 e 4.5).

L'utilizzo del tema ambientale -AMB- (M=4.0 e 4.0) viene confermato dai docenti come metodo motivante per gli studenti meno interessati e come utile collegamento per lo studio di una reale applicazione dei contenuti teorici.

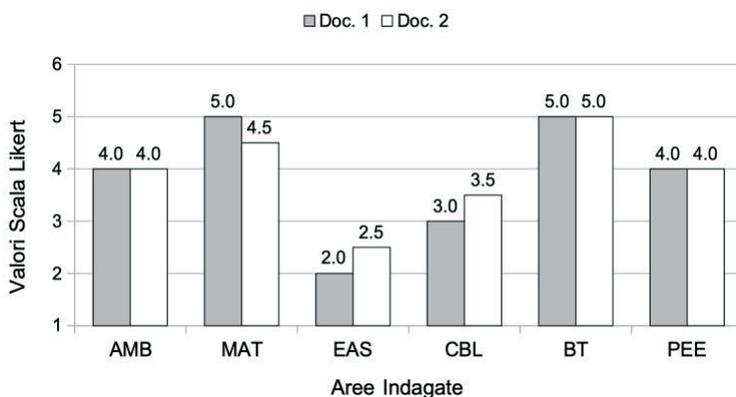


Figura 4. Q2: valutazione del corso -insegnanti- (Doc.1: docente classi 5^a A e 5^a B; Doc. 2: docente classi 5^a C e 5^a CSA). 1= del tutto in disaccordo, 6= completamente d'accordo

Buona anche la valutazione relativa alla funzione del corso come guida all'insegnamento dei temi biotecnologici -BT- (M=5.0 e 5.0): i docenti riconoscono molto utili i materiali del corso per la pianificazione del proprio percorso didattico. Nelle interviste si evidenzia come il corso permetta agli studenti di comprendere i processi e le tecniche biotecnologiche contestualizzandole. Per quanto riguarda la possibilità di sfruttare a pieno ciò che le attività consentono, i docenti indicano però alcune limitazioni. La valutazione della facilità di utilizzo del corso -EAS- (M=2.0 e 2.5) è indubbiamente negativa e viene giustificata, come specificato nelle risposte alle domande aperte e durante le interviste, dalla mancanza di tempo necessario per poter seguire correttamente gli studenti, valutare i loro elaborati e "fare proprio" il corso. In generale la piattaforma risulta semplice da utilizzare ma solo a un livello superficiale. Quando si vuole sfruttare le potenzialità che essa offre occorre invece destinare molto tempo alla gestione dei dati ottenuti dalle attività degli studenti. Appare evidente che docenti non particolarmente motivati all'utilizzo delle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (TIC) necessitano di strumenti più semplici, seppur più poveri. Anche se il corso online prevede la possibilità di poter adattare i materiali per percorsi a diversi livelli di complessità, i docenti hanno evidenziato il limite di una strutturale carenza di tempo per analizzare con completezza tutto ciò che il corso offre. Una conferma a questa problematica si trova anche nei risultati relativi alla valutazione sul metodo didattico basato sul contesto -CBL- (M=3.0 e 3.5): dalla risposta aperta a una domanda sulle difficoltà riscontrate nell'utilizzo del metodo, un docente chiarisce che "nonostante l'argomento sia molto interessante e aderente al percorso di una quinta liceo scientifico, seguire il percorso significa fare delle scelte didattiche diverse, come alleggerire alcune parti del programma di scienze; quest'anno i cambiamenti introdotti dalla nuova normativa sulle modalità di svolgimento dell'esame di stato non lo hanno reso possibile". È chiaro che le indicazioni parziali e inizialmente poco chiare rispetto ai cambiamenti introdotti per l'esame di Stato hanno creato insicurezza sia nei docenti che negli studenti. Lo svolgimento del corso ha subito quindi un'improvvisa interruzione che ha

determinato uno slittamento al termine dell'anno scolastico delle sue sezioni terminali.

Anche l'attività di *peer assessment* -PEE- (M=4.0 e 4.0), seppur considerata dai docenti uno strumento didattico utile per il miglioramento dell'apprendimento degli studenti (Amendola & Miceli, 2018), non è stata utilizzata pienamente dai docenti poiché, per mancanza di competenze specifiche, ha richiesto un eccessivo tempo di utilizzo. L'analisi e la discussione della griglia di valutazione è stata svolta in classe in un momento a esse dedicato, ma non vi è stato tempo per la discussione sulle valutazioni generate dagli studenti.

Conclusioni

Effettuare delle modifiche, seppur limitate, alla programmazione didattica di una classe quinta non risulta semplice, soprattutto a causa della presenza a fine anno scolastico dell'esame di Stato. Questo problema si è manifestato in modo evidente nella nostra sperimentazione a causa delle improvvise e non chiare modifiche che l'esame stesso ha subito. I docenti, inoltre, hanno mantenuto pratiche didattiche familiari piuttosto che adottare nuovi standard, richiesti nell'affrontare il percorso didattico con l'approccio CBL.

Nonostante questo, siamo riusciti a identificare le parti e le strutture del corso che meglio si adattano alle esigenze dei docenti: rendere disponibili sia risorse semplificate che approfondite, aggiornate e aggiornabili in un percorso strutturato ma adattabile, ha permesso loro di aumentare la propria sicurezza nell'affrontare il percorso delle biotecnologie. Abbiamo appurato come un corso su piattaforma *Moodle* sia facilmente utilizzabile da parte degli studenti. Esso presenta infatti materiali di facile utilizzo (video, animazioni, schemi e mappe concettuali) e facilita le attività di studio e di approfondimento, soprattutto per la presenza di strumenti che permettono agli studenti, singolarmente o in gruppo, di creare elaborati e ricercare in autonomia le informazioni necessarie. Abbiamo anche confermato l'incremento di motivazione allo studio a seguito dell'utilizzo di un tema ambientale che coinvolge direttamente gli studenti. Infine, possiamo affermare che l'apprendi-

mento e la comprensione delle conoscenze teoriche sulle biotecnologie non sono state influenzate negativamente e gli studenti hanno raggiunto buoni risultati.

Per la creazione di un OER sulle biotecnologie è necessario comunque snellire il corso proposto e creare una guida ancora più dettagliata, soprattutto per accompagnare il docente in un rapido utilizzo. Sarà necessario rendere più semplice la scelta di elementi da aggiungere o non utilizzare in base al tempo che il docente decide di dedicare al percorso. Le attività sull'utilizzo dei fogli di calcolo, quella di *peer assessment* e quelle sulle pubblicazioni scientifiche potranno o meno essere inserite nel percorso personalizzato e il tema ambientale di partenza potrà essere scelto in autonomia e arricchito dai docenti. In conclusione, riteniamo che un corso online su piattaforma Moodle che segua le indicazioni del CBL si presenti come uno strumento innovativo ed efficace per permettere ai docenti dei Licei italiani di affrontare l'insegnamento delle biotecnologie con successo.

References

- Amaro, F., Turkewitz, A. P., Martín-González, A., & Gutiérrez, J. C. (2011). Whole-cell biosensors for detection of heavy metal ions in environmental samples based on metallothionein promoters from *Tetrahymena thermophila*. *Microbial Biotechnology*, 4(4), 513-522.
- Amendola, D., & Miceli, C. (2018). Online peer assessment to improve students' learning outcomes and soft skills. *Italian Journal of Educational Technology*, 26(3), 71-84.
- Barko, T., & Sadler, T. D. (2013). Learning outcomes associated with classroom implementation of a biotechnology-themed video game. *The American Biology Teacher*, 75(1), 29-33.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370.
- Borgerding, L. A., Sadler, T. D., & Koroly, M. J. (2013). Teachers' concerns about biotechnology education. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2), 133-147.

- Bryce, T., & Gray, D. (2004). Tough acts to follow: The challenges to science teachers presented by biotechnological progress. *International Journal of Science Education*, 26(6), 717-733.
- Bulte, A. M., Westbroek, H. B., de Jong, O., & Pilot, A. (2006). A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1063-1086.
- Burke, A. (2011). Group work: How to use groups effectively. *Journal of Effective Teaching*, 11(2), 87-95.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (2015). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Ravenio Books.
- Dori, Y. J., Tal, R. T., & Tsaushu, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies: Can we improve higher order thinking skills of nonscience majors? *Science Education*, 87(6), 767-793.
- Duncan, R. G., & Tseng, K. A. (2011). Designing project-based instruction to foster generative and mechanistic understandings in genetics. *Science Education*, 95(1), 21-56.
- Dunham, T., Wells, J. G., & White, K. (2002). Biotechnology education: A multiple instructional strategies approach. *Journal of Technology Education*, 14(1), 65-81.
- Fensham, P. J. (2009). Real world contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 884-896.
- Fonseca, M. J. G. (2012). *Effectiveness of Innovative Resources to Promote Biotechnology Education at Elementary School and High School*. Retrieved from: https://scholar.google.com/scholar?hl=it&as_sdt=0%2C5&q=Fonseca%2C+M.+J.+G.+%282012%29&btnG=.
- Fonseca, M. J. G., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012). Disclosing biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education. *Teaching and Teacher Education*, 28(3), 368-381.
- France, B. (2003). GE free: Rejection or incomprehension? The challenge for New Zealand biotechnology education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 3(1), 145-156.
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of "context" in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.
- Guarguaglini, G., Amendola, D., & Miceli, C. (in stampa). Costruzione e valutazione di un corso online sulle Biotecnologie inquadrato in un contesto di inquinamento ambientale. *Atti del convegno Learning, Competencies and Human Resources*, EMEMITALIA 2019, Foggia.

- Hanegan, N., & Bigler, A. (2009). Infusing authentic inquiry into biotechnology. *Journal of Science Education and Technology*, 18(5), 393-401.
- ISS, Istituto Superiore della Sanità (2003). Retrieved from: <http://old.iss.it/binary/publ/cont/28.1231840836.pdf>.
- Kidman, G. (2010). What is an “interesting curriculum” for biotechnology education? Students and teachers opposing views. *Research in Science Education*, 40, 353-373.
- Klop, T., Severiens, S. E., Knippels, M.-C., Mil, M. H. W. V., & TenDam, G. T. (2010). Effects of a science education module on attitudes towards modern biotechnology of secondary school students. *International Journal of Science Education*, 32(9), 1127-1150.
- Leslie, G., & Schibeci, R. (2006). Teaching about designer babies & genetically modified foods: Encouraging the teaching of biotechnology in secondary schools. *The American Biology Teacher*, 68(7), 98-103.
- Mahdizadeh, H., Biemans, H., & Mulder, M. (2008). Determining factors of the use of e-learning environments by university teachers. *Computers & Education*, 51(1), 142-154.
- Maniero, S., Serbati, A., Grion, V., Trainotti, L., Laveder, P., & Zanata, M. (2018). Biotecnologie in classe: un intervento di peer tutoring con studenti della scuola secondaria. *Formazione & Insegnamento. Rivista internazionale di Scienze dell'educazione e della formazione*, 16(3), 259-276.
- Moreland, J., Jones, A., & Cowie, B. (2006). Developing pedagogical content knowledge for the new sciences: The example of biotechnology. *Teaching Education*, 17(2), 143-155.
- Nordqvist, O., & Aronsson, H. (2019). It is time for a new direction in biotechnology education research. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(2), 189-200.
- Noroozi, O., & Mulder, M. (2017). Design and evaluation of a digital module with guided peer feedback for student learning biotechnology and molecular life sciences, attitudinal change, and satisfaction. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 45(1), 31-39.
- Santucci, A., Mini, R., Ferro, E., Martelli, P., & Trabalzini, L. (2004). Innovative tools for scientific and technological education in Italian secondary schools. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 32(2), 78-83.
- Steele, F., & Aubusson, P. (2004). The challenge in teaching biotechnology. *Research in Science Education*, 34(4), 365-387.
- Tessaro, F. (2014). Compiti autentici o prove di realtà? *Formazione & Insegnamento. Rivista internazionale di Scienze dell'educazione e della formazione*, 12(3), 77-88.

- Vanderschuren, H., Heinzmann, D., Faso, C., Stupak, M., Arga, K. Y., Hoerzer, H., & Šimková, K. (2010). A cross-sectional study of biotechnology awareness and teaching in European high schools. *New Biotechnology*, 27(6), 822-828.
- Yarden, H., & Yarden, A. (2010). Studying biotechnological methods using animations: The teacher's role. *Journal of Science Education and Technology*, 20, 689-702.