
Le tecnologie per apprendere nella scuola. Oltre il fallimento

Technologies for Learning in Schools. Beyond the Failure

Antonio Calvani, Giuliano Vivanet

Non ci sono dubbi sul fatto che le tecnologie siano al centro di rilevanti processi innovativi che riguardano, in primis, il setting stesso dell'educazione. Ma se dal livello dei grandi scenari scendiamo a quello degli effetti sugli apprendimenti scolastici, i dati convergono verso un'unica conclusione: le tecnologie, globalmente intese, hanno fallito. Partendo da ciò, in contrasto con la retorica che pervade il tema delle tecnologie nella scuola e delle aspettative che sollevano per il miglioramento degli apprendimenti, questo contributo prospetta una tassonomia di situazioni di possibile interesse didattico "oltre le evidenze", nell'intento di alimentare una consapevolezza più realistica e rendere le scuole capaci di individuare per le tecnologie obiettivi mirati, conseguibili e concretamente rendicontabili.

There is no doubt that technologies are at the center of relevant innovative processes concerning, first of all, the setting itself of education. But if we move our attention from the general scenario to the effects on academic learning, then available data converge upon the conclusion that technologies, taken as a whole, have failed. Starting from this point, in this work, the authors propose a taxonomy of potentially interesting technology-enhanced situations, from an educational point of view, in contrast with the rhetorical debate about the technologies in schools and the expectations they raise for the improvement of learning. Therefore, they propose to go beyond evidence-based data, in order to develop a more realistic awareness of technologies for learning and to support informed-decisions in schools, by identifying clear objectives, adopting targeted technologies and accountable practices.

Parole chiave: Tecnologie, scuola, didattica,

Keywords: Technologies, School, Learning, Evidence-Based Education

Articolo ricevuto: 23 agosto 2016

Versione finale: 25 settembre 2016

1. PREMESSA¹³²

Il tema del cambiamento e il suo rapporto con le tecnologie è un argomento troppo complesso e tutt'altro che immune da ambiguità, per essere lasciato in sordina senza qualche considerazione preliminare. La storia dell'innovazione tecnologica è da sempre stata accompagnata da una sorta di tacita ideologia secondo

¹³² Il presente lavoro rielabora argomentazioni anticipate in precedenti lavori (Calvani 2009, 2013; Calvani e Vivanet, 2014). Esso è stato discusso e condiviso in tutte le sue parti dagli autori, in particolare A. Calvani ha lavorato alla revisione del disegno complessivo, G. Vivanet alla raccolta, selezione e valutazione critica della documentazione scientifica reperita. La stesura dei par. 1, 2.2, 3 e 4 è da attribuirsi ad A. Calvani, quella dei par. 2.1, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 a G. Vivanet.

cui innovazione equivarrebbe a progresso e dunque, per default, a miglioramento; questione che sembra oggi pervasa da una frenesia del tutto particolare. L'esigenza che, a nostro avviso, dovrebbe essere avanzata in ambito educativo è quella di un bilancio più critico e decantato che consideri, accanto a quelli del cambiamento, i motivi e l'urgenza della conservazione e del consolidamento dell'esistente, che spesso può rivelarsi la via più efficace per un miglioramento reale.

Entrando nel merito e parlando di impatto delle tecnologie, occorre preliminarmente un'analisi discriminativa, relativa alla specificazione di quale(i) tecnologia(e) si stia parlando, degli effetti rivolti a quale componente della scuola e alla natura diretta o indiretta di essi.

Ci sono, ad esempio, cambiamenti di straordinario rilievo che la tecnologia ha prodotto sul piano dell'implementazione di nuovi setting educativi; ci sono condizionamenti che passano attraverso modelli culturali, o pratiche e abitudini di consumo mediale che incidono - anche pesantemente, se pur indirettamente - sulle pratiche didattiche nella scuola; ci sono effetti, diretti o indiretti, che incidono nelle cornici culturali e negli atteggiamenti adottati dai docenti.

Non è tuttavia nelle possibilità del presente lavoro entrare in un'analisi dettagliata e fare un bilancio relativo ai diversi livelli, ciascuno dei quali richiede criteri di valutazione distinti. Per far un solo esempio, se dovessimo individuare dove e come la tecnologia digitale, dal suo avvento circa trent'anni fa a oggi, abbia esercitato il suo impatto più tangibile, riteniamo sia difficilmente contestabile il suo effetto nella riconfigurazione dei concetti di presenza-distanza relativi al rapporto educativo, e parallelamente nell'amplificazione concreta del setting didattico in un range più articolato che vede sempre più spostarsi l'asse dalla didattica di taglio tradizionale verso realizzazioni di una didattica *technology-expanded* (basata sulla presenza, ma coadiuvata dalla rete), a una didattica *blended* (parte in presenza, parte online), a una didattica *e-learning*, totalmente online (processo tuttora in atto e che lascia presagire scenari del tutto nuovi all'interno dell'evoluzione dei MOOC, ancora ai primi passi).

Se passiamo, tuttavia, dal livello dei grandi scenari a quello delle tecnologie, intese come specifici *device* tecnologici usati nelle scuole, i toni si fanno decisamente più grigi.

È facile condividere l'idea che flessibilizzare i percorsi didattici, migliorarne la gestione, ottimizzare il riutilizzo dei materiali, la comunicazione interna, la collaborazione tra docenti, offrire più opportunità alla formazione insegnanti, siano operazioni tutte auspicabili e che le *affordance* tecnologiche rendano - per così dire - "a portata di mano" azioni ragionevolmente attuabili in tali direzioni.

Tuttavia, pur a fronte della grande disponibilità dell'offerta di risorse online, anche gratuite, e della grande enfasi odierna a favore della messa a punto di laboratori digitali, realizzazioni come repository di risorse didattiche all'interno di una scuola, con soluzioni adeguatamente ricche e flessibili, appaiono ancora obiettivi lontani dall'essere tradotti in pratica: qui evidentemente pesano carenze sul piano

delle politiche di indirizzo tecnologico all'interno della scuola (le tecnologie da sole possono ben poco se non trovano condizioni favorevoli al loro sfruttamento ottimale)¹³³.

In questo lavoro, ci limitiamo a considerare l'impatto dell'uso delle tecnologie negli apprendimenti scolastici¹³⁴, un aspetto che è sempre stato fonte di grandi aspettative. Lo scopo è di fare un sintetico bilancio di cosa si sa su questo aspetto e di cosa è possibile fare andando oltre i deludenti risultati attuali.

Nella prima parte, cercheremo di fare il punto sullo stato dell'arte in un'ottica *evidence-based*, soffermandoci su alcuni degli aspetti di maggior interesse nel dibattito educativo attuale (fascia K-12). Nella seconda, mostreremo come le acquisizioni *evidence-based* possano essere impiegate come punto di avvio per impostare una argomentazione razionale volta ad individuare anche strade perseguibili "oltre" una logica *evidence-based*, avanzando altri ordini di considerazione e criteri di valutazione di varia complessità. Ci limitiamo in questa sede solo a suggerire le categorie possibili, all'interno delle quali appare ragionevole sviluppare ulteriore ricerca di tipologie e casi esemplificativi¹³⁵.

2. EFFICACIA DELLE TECNOLOGIE PER APPRENDERE: COSA SAPPIAMO

2.1 *Un trend generale negativo*

Le tecnologie nella scuola servono a migliorare gli apprendimenti? Si tratta di un interrogativo che si ripropone sistematicamente ormai da oltre trent'anni e rispetto al quale la ricerca ha l'obbligo di favorire una migliore consapevolezza critica, mettendo a nudo il manto di retorica, di determinismo e di autoreferenzialità che caratterizza l'innovazione tecnologica nel succedersi delle sue "ondate".

Le scelte educative, in particolare quando implicano impiego di considerevoli risorse umane e finanziarie, come nel caso delle tecnologie, necessitano di moti-

¹³³ Ancora più pesante si avverte il gap se si confronta il potenziale delle tecnologie con le sfide più rilevanti che si sono presentate nell'educazione negli ultimi anni, quelle dell'inclusione e della multiculturalità. Paradossalmente, l'attenzione sui bisogni speciali si è accresciuta indipendentemente dalle tecnologie, quasi che una soluzione di scuola inclusiva in un'ottica di *Design for All* possa essere possibile senza un profondo coinvolgimento tecnologico; la riflessione sulle tecnologie per la disabilità dal canto suo si è limitata a presentare ventagli di strumenti disponibili per le specifiche difficoltà, trascurando l'area della gestione della classe inclusiva attraverso la possibilità di flessibilizzare i percorsi di apprendimento (contenuti, ritmi, tempi diversi), aspetto per il quale la tecnologia ha da tempo strumentazioni interessanti da offrire.

¹³⁴ Ci preme sottolineare che, parlando di fallimento delle tecnologie, ci riferiamo solo a questo specifico livello, quello che riguarda l'impiego diretto di dispositivi tecnologici in classe da parte di alunni che li impiegano a fini di apprendimento scolastico.

¹³⁵ Per un approfondimento di maggior dettaglio, *cfr.* Vivanet (*in stampa*), anche se in questo ambito ulteriori ricerche si rendono necessarie.

vazioni fondate (sperimentalmente, metodologicamente o eticamente) nel contesto di finalità educative consapevolmente definite (Calvani, 2009).

Per una valutazione accorta, è necessario *in primis* avvalersi dei metodi propri della indagine scientifica, in modo che le decisioni possano essere assunte - come si usa ormai dire - "informate da evidenza". L'*evidence-based education* (EBE), quale orientamento impegnato nella elaborazione, raccolta e diffusione di conoscenze affidabili circa l'efficacia di differenti opzioni didattiche (Vivanet, 2014a), ha prodotto negli ultimi anni una vasta letteratura sull'impatto delle tecnologie nei contesti di istruzione¹³⁶. In tabella 1, sono indicati lavori di sintesi, pubblicati successivamente al 2000, sull'uso delle tecnologie in contesti di apprendimento e riportati i valori di *effect size* (ES) rilevati¹³⁷.

Autore/i	Anno	Oggetto di analisi	ES
Bayraktar	2001	CAI ed educazione scientifica	0.27
Bernard et al.	2004	Educazione a distanza, attitudini e risultati di apprendimento	0.01
Bernard et al.	2009	Educazione a distanza, risultati di apprendimento e modalità di interazione	0.38
Blok et al.	2002	CAI e competenze di lettura	0.19
Camnalbur & Erdogan	2008	CAI e risultati di apprendimento	1.05
Cheung & Slavin	2011	Tecnologie digitali e competenze di lettura	0.16
Cheung & Slavin	2013	Tecnologie digitali e risultati di apprendimento (ambito matematico)	0.15
Christmann & Badgett	2000	CAI e risultati di apprendimento	0.13

¹³⁶ Parte della letteratura prodotta negli scorsi decenni aveva già mostrato come le tecnologie avessero avuto un effetto sostanzialmente irrilevante nel migliorare i risultati di apprendimento, posizioni spesso riconosciutesi nell'affermazione "no significant difference" (*cf.*: Fabos e Young, 1999; Russell, 1999).

¹³⁷ La letteratura EBE disponibile è di un'ampiezza tale che richiederebbe un'analisi che va oltre i limiti del presente contributo. Ai fini di quest'ultimo, si è compiuta una ricerca indirizzata a meta-analisi o vaste ricerche sperimentali sul tema tramite Google, Google Scholar e le banche dati di ERIC, del What Works Clearinghouse, dell'EPPI-Centre, e dell'Education Endowment Foundation. Una meta-analisi è un metodo di indagine secondario, il cui obiettivo è sintetizzare statisticamente i risultati di più studi singoli, utilizzando indici di *effect size* (in it. dimensione o ampiezza dell'effetto) che esprimono quanto un intervento è stato efficace (tipicamente sulla base delle differenze di risultati ottenuti tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo). I riferimenti bibliografici citati in tabella sono riportati in appendice.

Christmann & Badgett	2003	CAI e risultati di apprendimento	0.34
Goldberg, Russell & Cook	2003	Computer-Based Instruction e competenze di scrittura	0.41
Hattie	2009	Fattori rilevanti per l'apprendimento (tra cui video-interattivi, CAI, simulazioni, audio-visivi, apprendimento basato su Web, educazione a distanza) e risultati di apprendimento	0.52 video interattivi 0.37 CAI 0.33 simulazioni 0.22 audio-visivi 0.18 apprendimento web-based 0.09 formazione a distanza
Higgins, Xiao, & Katsipataki	2012	Tecnologie digitali per l'apprendimento	Tra 0.30 e 0.40
Hsu	2003	CAI e risultati di apprendimento (ambito statistico)	0.43
Koufogiannakis & Wiebe	2006	Metodi di insegnamento (tra cui CAI) e alfabetizzazione	-0.09
Li & Ma	2010	Tecnologie digitali e risultati di apprendimento (ambito matematico)	0.28
Liao	2007	CAI e risultati di apprendimento	0.55
Liao & Chen	2007	Simulazioni digitali e risultati di apprendimento	0.54
Means et al.	2009	Educazione a distanza e risultati di apprendimento	0.24
Michko	2007	Tecnologie digitali e risultati di apprendimento (ambito ingegneristico)	0.43
Moran et al.	2008	Tecnologie digitali e risultati di apprendimento (alfabetizzazione)	0,49

Morphy & Graham	2012	Word processor e competenze di scrittura	0.52 qualità scrittura 0.48 lunghezza scrittura 0.66 organizzazione/ sviluppo testo 0.61 correttezza 1.42 motivazione a scrivere 0.64 preferenza word processing
Onuoha	2007	Laboratori digitali, attitudini e risultati di apprendimento (ambito scientifico)	0.26 risultati apprendimento scienze 0.22 attitudine discipline scientifiche 0.34 apprendimento in fisica 0.17 apprendimento in biologia
Pearson et al	2005	Tecnologie digitali e competenze di lettura	0.49
Rosen & Salomon	2007	Ambienti tecnologici costruttivisti e risultati di apprendimento	0.46
Sandy-Hanson	2006	Computer-Based-Instruction, motivazione, competenze sociali, e risultati di apprendimento	0.24
Schenker	2007	Tecnologie digitali e risultati di apprendimento (ambito statistico)	0.24
Schmid et al.	2009	Computer-Based Instruction e risultati di apprendimento	0.28
Soe, Koki & Chang	2000	CAI e competenze di lettura	0.13
Sosa et al.	2011	CAI, apprendimento, coinvolgimento, controllo dello studente, feedback (ambito statistico)	0.33
Tamim et al.	2011	Tecnologie digitali e risultati di apprendimento	0.35

Timmerman & Kruepke	2006	CAI e risultati di apprendimento	0.24
Tokpah	2008	Computer-Based Instruction e risultati di apprendimento (ambito matematico)	0.38
Torgerson & Elbourne	2002	Tecnologie digitali e competenze di spelling	0.37
Torgerson & Zhu	2003	Tecnologie digitali e risultati di apprendimento (ambito linguistico)	-0.05 lettura 0.89 scrittura 0.02 ortografia
Waxman, Connell & Gray	2002	Tecnologie digitali e risultati di apprendimento	0.30
Waxman, Lin & Michko	2003	Tecnologie digitali e risultati di apprendimento	0.44 cognitivi 0.46 affettivi -0.09 comportamentali
Zhao	2003	Tecnologie digitali e risultati di apprendimento (ambito linguistico)	1.12

Tabella 2. Valori di efficacia delle tecnologie sul piano degli apprendimenti, registrati in sintesi di studi pubblicati dal 2000 in poi.

Come si può notare, negli studi considerati, raramente si sono registrati valori di efficacia particolarmente rilevanti, attestandosi questi più su valori indicanti un'efficacia bassa o moderata.

Tra le meta-analisi più recenti, citate in tabella, se ne segnalano anche alcune di secondo ordine¹³⁸; tra esse, uno dei lavori che maggiormente ha avuto risalto nella letteratura EBE è quella condotta da Hattie (2009), il quale ha sintetizzato i dati provenienti da oltre ottocento altre meta-analisi con l'obiettivo di individuare i fattori che influenzano i risultati degli studenti in età scolastica. Da essa, emerge la ridotta influenza positiva prodotta da fattori riconducibili direttamente all'impiego di tecnologie didattiche; più in dettaglio, l'unica eccezione di rilievo è riconducibile ai metodi video-interattivi (ES 0.52); seguiti dalla *computer assisted instruction* (ES 0.37) e dalle simulazioni (ES 0.33); mentre risultati ancora più bassi si registrano per l'istruzione programmata (ES 0.24); i metodi audio-visivi (ES 0.22); l'apprendimento basato sul Web (ES 0.18); e la formazione a distanza (ES 0.09)¹³⁹.

¹³⁸ Si intende con ciò una meta-analisi di meta-analisi (Schmidt & Oh, 2013). Gli aspetti critici legati all'interpretazione di tali dati sono già stati discussi in Vivanet (2014b).

¹³⁹ Si consideri che il valore di efficacia, stimato da Hattie (2009), oltre il quale si può parlare di ES rilevante è pari a 0.40.

Sostanzialmente in linea con i dati di Hattie, appaiono le conclusioni di Tamim e colleghi (2011) che hanno condotto una meta-analisi di secondo ordine sull'impatto delle tecnologie sui risultati di apprendimento nelle fasce di istruzione primaria, secondaria e post-secondaria in cui sono state incluse 25 meta-analisi (pubblicate tra il 1988 e il 2007). Gli autori hanno confrontato i risultati di esperienze didattiche supportate da tecnologie (quali *word processor*, sistemi CAI, simulazioni, ipermedia) con attività didattiche svolte in classe che non prevedono un supporto tecnologico, registrando un valore medio di ES pari a 0.35 ($p < .01$)¹⁴⁰.

La sintesi prodotta da Higgins, Xiao e Katsipataki (2012) ha compreso invece 48 meta-analisi relative a studi primari sperimentali e quasi-sperimentali (condotti tra il 1990 e il 2012) in cui sono coinvolti studenti tra i 5 e i 18 anni di età, da cui risulta un impatto sugli apprendimenti pari a un ES compreso tra lo 0.30 e 0.40 (a seconda dei fattori considerati).

Infine, l'Education Endowment Foundation (EEF) ha di recente esteso il lavoro di Higgins e colleghi, integrando i dati disponibili con ulteriori studi, in accordo ai quali ci sarebbero evidenze estese circa il fatto che le tecnologie digitali, nella formazione primaria e secondaria, avrebbero un'efficacia media moderata, pari a un ES di 0.28 (Higgins *et al.*, 2014)¹⁴¹.

2.2 Il fallimento delle tecnologie per apprendere

Una valutazione dei risultati va sempre condotta razionalmente e criticamente, tenendo conto anche di possibili "vizi" e *bias* che possono condizionare l'elaborazione dei dati. Al riguardo, tra gli elementi critici più discussi in letteratura, ricordiamo (i) l'eterogeneità degli studi primari considerati, ossia il fatto che spesso nelle meta-analisi siano portati a sintesi i risultati di studi che differiscono sostanzialmente tra loro per oggetto o metodologia di analisi; (ii) l'ambiguità terminologica, tipica di questo ambito di ricerca; e (iii) l'interpretazione del valore di ES¹⁴² (*cf.* Chalmers, 1991; Flather *et al.*, 1997; Rothstein, Sutton & Borenstein, 2006; Borenstein *et al.*, 2009; Bartolucci & Hillegass, 2010).

¹⁴⁰ In essa, risulta significativa l'influenza di due variabili moderatrici, con un ES pari a 0.42 in caso di tecnologie impiegate come supporto didattico (contro lo 0.31 dell'istruzione diretta) e pari a 0.40 per la fascia K-12 (contro un 0.29 nella fascia post secondaria).

¹⁴¹ Per dati più di dettaglio su interventi mediati dalle tecnologie nella scuola, relativi all'uso della lavagna interattiva multimediale, alla lettura digitale e all'online learning, si rimanda a un precedente lavoro degli stessi autori (Calvani e Vivanet, 2014).

¹⁴² Pur non essendo possibile in questa sede discutere in dettaglio quest'ultima (a tal fine, si rimanda a Coe, 2002; Schagen & Hodgen, 2009; Lipsey *et al.*, 2012), si segnala come non vi sia interpretazione uniforme del valore di ES da assumere come soglia oltre la quale considerare un effetto realmente rilevante o meno. Hattie (2009) suggerisce di identificare tale soglia nel valore di 0.40; il What Works Clearinghouse considera per i propri studi una soglia pari a 0.25 (WWC, 2008); Cohen (1988) intende 0.20 piccolo (ma non insignificante); 0.50 medio; e 0.80 grande (pur riconoscendoli come non assoluti, ma dipendenti dal contesto di ricerca); infine, Lipsey (1990) suggerisce minore di 0.32, piccolo; tra 0.33 e 0.55 medio; e maggiore di 0.56 grande.

Pur considerando questi possibili limiti, non si può non rilevare – anche tenendo conto di un possibile *bias* di pubblicazione, tendente in letteratura a pubblicare più di frequente studi che hanno ottenuto risultati di un qualche rilievo piuttosto che ricerche in cui non si è registrato alcun effetto - che il bilancio complessivo è tutt'altro che esaltante: tranne poche eccezioni l'incidenza dell'uso delle tecnologie sull'efficacia degli apprendimenti scolastici risulta non significativa¹⁴³.

Le spiegazioni che appaiono più ragionevoli rimandano al ruolo distrattivo che le tecnologie possono avere. Come sintetizza Hattie, "*Un eccesso di attività aperte (apprendimento tramite scoperta, ricerche su Internet, preparazione di presentazioni con PowerPoint) può rendere difficile orientare l'attenzione degli studenti su ciò che conta, poiché spesso essi amano esplorare i dettagli, cose irrilevanti o non importanti mentre svolgono queste attività.*" (2016, p. 165).

A sostegno della medesima interpretazione, una ulteriore conferma sperimentale viene oggi anche dalla *Cognitive Load Theory (CLT)* (Sweller, 1994), sulla cui base sono state avanzate critiche pesanti alle ingenuità di un certo costruttivismo tecnologico, mostrando come la riduzione della guida istruttiva, l'uso libero delle tecnologie e la navigazione online possano ingenerare in soggetti novizi sovraccarico e dispersione, riducendone gli apprendimenti e favorendo una loro superficializzazione (Mayer 2004; Clark, Nguyen, Sweller, 2006; Chen, Fan, Macredie, 2006; Kirschner, Sweller, Clark, 2006).

Tutto questo converge in una risposta sintetica, che dovrebbe essere un dato ormai acquisito dai decisori che si occupano di tecnologie per apprendere: l'introduzione a-critica di tecnologie su larga scala (quasi) sempre fallisce nell'obiettivo di miglioramento della qualità e quantità degli apprendimenti, con dispendio di risorse umane e finanziarie.

3. UNA METODOLOGIA ARGOMENTATIVA

L'analisi dei dati sopra citati deve indurre a rinunciare alle tecnologie nella scuola per migliorare gli apprendimenti? Una conclusione del genere sarebbe limitativa; non solo per il fatto che, comunque, la tecnologia, come tratto caratterizzante la società contemporanea, dovrà essere presente quanto meno come ambito conoscitivo e di sviluppo di competenza (es. ambito della "competenza digitale"), ma anche perché i dati offerti dall'EBE non saturano l'intera gamma delle possibilità che si possono creare; esiste, infatti, una variegata casistica di si-

¹⁴³ Questi dati possono forse irritare i fans dell'innovazione o i *followers* del *blogging* di tendenza, ma non stupiscono in realtà chi fa ricerca da tempo nel settore; sono congruenti con osservazioni sostenute sin dai primordi del computer nella scuola (Salomon, Perkins e Globerson, 1991) e con l'affermazione per cui sono le metodologie (e gli insegnanti che le impiegano), e non le tecnologie, a fare la differenza (Clark, Nguyen e Sweller, 2006).

tuazioni per le quali le evidenze non sono sufficienti e che richiedono argomentazioni, razionalmente ed eticamente fondate, su differenti livelli.

Oltre a ciò, non vorremmo correre il rischio che al mito di una "tecnologia salvifica", si vada sostituendo un altrettanto pericoloso mito, secondo cui si disponga di una sorta di conoscenza oggettiva, incontrovertibile, da cui dovrebbero meccanicamente discendere le decisioni didattiche¹⁴⁴.

Procederemo, dunque, con una argomentazione razionale (fig. 1) volta a mostrare come il mondo della decisione tecnologica sia più articolato di quanto possa apparire a prima vista e di come esso non possa limitarsi a tener conto delle acquisizioni *evidence-based* (anche se questa non vuol essere certo una comoda via di fuga per far rientrare dalla finestra ciò che non è passato dalla porta e mettere in disparte la rilevanza del fallimento tecnologico). L'elemento fondamentale rimane l'esplicitatezza delle argomentazioni e la trasparenza dei criteri assunti per valutare i risultati¹⁴⁵.

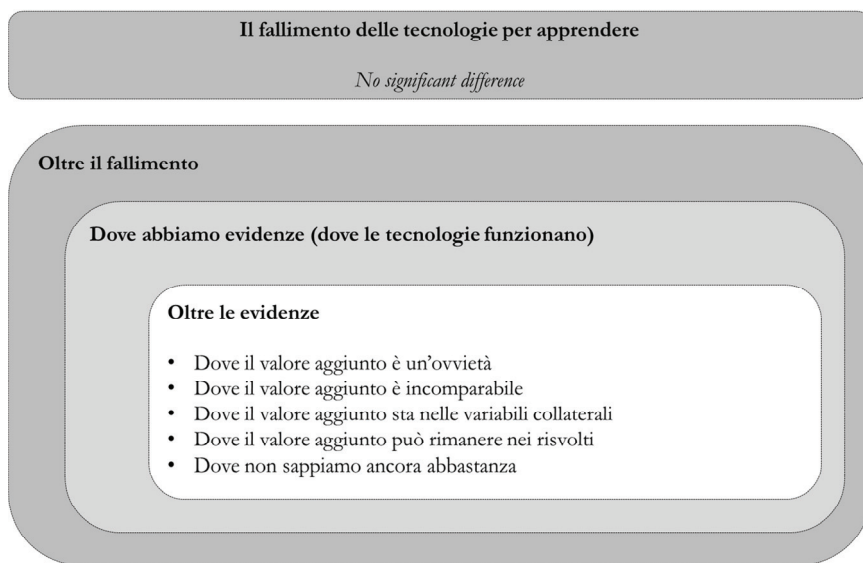


Figura 5. Tecnologie e apprendimenti: schema delle argomentazioni qui proposto.

¹⁴⁴ Sul senso da dare alle conoscenze *evidence-based* come ipotesi guida, in un contesto di conoscenze sfidanti (Calvani, 2013).

¹⁴⁵ Ci si limita qui a fornire qualche esemplificazione per ciascuna tipologia, senza andare oltre nel dettaglio. Per una trattazione più approfondita, si rimanda a Calvani (*in stampa*).

3.1 Le eccezioni (dove le tecnologie funzionano)

All'interno di un quadro complessivo sull'effetto delle tecnologie sugli apprendimenti che mostra esiti non significativi, dobbiamo rilevare come l'analisi della ricerca disponibile permette di individuare anche condizioni in cui tale effetto può essere massimizzato.

Un primo elemento di cui è necessario tenere conto riguarda il ruolo dell'insegnante che risulta, tra le variabili su cui è possibile intervenire direttamente e in tempi più rapidi, quella in grado di influire maggiormente sugli esiti dei percorsi degli studenti, come sostenuto dalla ricerca di Hattie (2009; 2016) e sottolineato dall'OECD (2005)¹⁴⁶. Una delle prime considerazioni che ne derivano è che le tecnologie non sono da considerarsi determinanti in sé stesse, quanto invece lo sono la qualità delle interazioni didattiche e le strategie messe a punto dal docente, rispetto a cui le tecnologie stesse svolgono una funzione di supplemento, piuttosto che sostitutiva (cfr. U.S. DoE, 2010; Higgins, Xiao e Katsipataki, 2012).

In tal senso, le condizioni che giocano a favore dell'efficacia delle tecnologie nella scuola risultano: (i) la capacità dell'insegnante di padroneggiare più strategie didattiche, adattandole alle diverse situazioni e offrendo così agli studenti opportunità multiple di apprendimento (pur tenendo sotto controllo il rischio di sovraccarico cognitivo); (ii) la formazione del docente all'uso delle tecnologie a scopo didattico (e non puramente strumentale); (iii) il controllo da parte dello studente del processo di apprendimento; (iv) l'ottimizzazione dell'apprendimento tra pari (in coppia, piuttosto che da soli o in grandi gruppi) e del feedback (bidirezionale tra insegnante e studenti) (Hattie, 2009; Higgins, Xiao e Katsipataki, 2012).

Un secondo elemento da considerare è che se pure l'efficacia risulti *mediamente* limitata, esiste un grado, in qualche caso anche ampio, di variabilità tra le diverse sperimentazioni che una singola meta-analisi prende in considerazione: può allora risultare interessante andare a ricercare i punti limite, sia in negativo (utili per comprendere meglio i fattori da evitare), come anche le "felici eccezioni", i punti cioè in cui l'efficacia raggiunge le massime vette.

Si consideri, ad esempio, il già citato quadro complessivo disegnato da Hattie (2009) relativo agli effetti sugli apprendimenti attribuibili ai sistemi CAI (*computer-assisted instruction*) con ES 0.37. Se si analizza più in dettaglio tale dato, si scopre che c'è una grande variabilità di risultati tra differenti applicazioni, con dati di particolare rilievo per l'uso dei *tutorial* (ES 0.71), ma che risultano significativi anche per altri fattori quali *programming* (ES 0.50) e *word processing* (ES 0.42), rispetto agli esiti limitati di altri: *drill & practice* (ES 0.34); simulazioni (ES 0.33) e *problem solving* (0.26).

¹⁴⁶ A confronto con altre variabili pur di rilievo, quali il background dello studente (personale, familiare e sociale) (OECD, 2005), su cui, tuttavia, le riforme scolastiche hanno meno possibilità di incidere, almeno nel breve periodo.

Evidenze di efficacia robuste, nella medesima meta-analisi, sono riferibili all'uso dei video interattivi (ES 0.52) che tipicamente prevedono un'alternanza e/o integrazione tra momenti di visualizzazione di sequenze video e interazioni didattiche. Questi ultimi dati, peraltro, sono in linea con i risultati della ricerca maturati in riferimento a strategie didattiche più strutturate, sequenzializzate e programmate; ci si riferisce, ad esempio, a quanto emerge a proposito dell'efficacia delle strategie di apprendimento per imitazione attuate attraverso il *video-modeling* con soggetti affetti da disturbo dello spettro autistico (National Autism Center, 2009).

Allo stesso tempo, essi supportano l'ipotesi di efficacia didattica dei video, già emergente in altre meta-analisi (cfr. Brame, 2015) e che appaiono coerenti con una vasta letteratura che mostra la rilevanza del canale visivo negli apprendimenti, purché si tenga sotto controllo il rischio di sovraccarico cognitivo.

3.2 Dove il valore aggiunto è un'ovvietà

Messe in luce le evidenze (negative e positive), usciamo dal mondo "controllabile con evidenze scientifiche", ammettendo che non tutte le decisioni necessitano di una base fondata su queste. Che uno strumento serva o no per un fine in molti casi è una constatazione immediata, comune nella vita di ogni giorno.

Uno dei primi ambiti cui si vuole fare qui riferimento è quello dei dispositivi per le disabilità. Non ha senso interrogarsi sul fatto che gli occhiali da vista per un miope o una carrozzina per un paraplegico possano essere utili; siamo nell'ambito dell'"ovvietà", che precede la ragion d'essere stessa della ricerca scientifica.

La gamma di queste situazioni si può arricchire considerando le situazioni in cui l'impiego di tecnologie possa essere il fattore stesso abilitante all'apprendimento o, comunque, offrire un significativo valore aggiunto sul piano dell'indipendenza, dell'inserimento lavorativo e della partecipazione sociale (Burgstahler 2003; Martin, 2006). Si pensi alle tecnologie per l'accesso a informazioni e a risorse di conoscenza (es. browser per non vedenti); per la comunicazione e le interazioni (es. interazione coi compagni e partecipazione attiva alle lezioni in presenza o a distanza, quando si è ospedalizzati o "costretti" a casa dalle proprie condizioni fisiche); per l'apprendimento e l'insegnamento (es. svolgimento indipendente dei compiti assegnati). Tutta la gamma di queste circostanze andrebbe rigorosamente analizzata¹⁴⁷.

¹⁴⁷ Anche se, a ben vedere le riflessioni problematiche non scompaiono, ma si spostano verso determinati confini. Così, ad esempio, un sintetizzatore della voce, supporto utile per un dislessico adulto non migliorabile, può diventare disabilitante per un soggetto che ha margini di miglioramento, inibendo l'esercizio e la pratica. Questi sono di nuovo ambiti sui quali la ricerca può essere utile a discriminare tra situazioni differenti.

3.3 Dove il valore aggiunto è "incomparabile"

L'EBE, data la sua natura sperimentale, presuppone una situazione nella quale "a parità di tutte le altre condizioni, l'unica variabile che viene modificata è l'introduzione della variabile tecnologica". A ben vedere, ci sono situazioni in cui l'introduzione della tecnologia modifica palesemente la natura e le forme stesse del contesto di apprendimento, ad esempio aggiungendovi qualcosa, potenziandolo in qualche senso e rendendolo di per sé "incomparabile" oppure modificando implicitamente la natura degli stessi apprendimenti attraverso la riconfigurazione che i contenuti assumono nel *medium* tecnologico.

Sul piano metodologico, la critica volta a mettere in dubbio l'adeguatezza stessa di una logica comparativa è stata avanzata in forma radicale (Kozma, 1994): l'introduzione della tecnologia modificherebbe in ogni caso l'oggetto stesso dell'apprendimento, per cui alla fine si comparerebbero cose diverse. In effetti, molto spesso contesto ed operazioni cognitive costituiscono un *setting* difficilmente separabile e le *skill* attivate solo nominalmente possono essere considerate appartenenti alla stessa tipologia.

Si pensi, ad esempio, a una situazione didattica in cui si impegnano bambini della scuola primaria nell'apprendimento delle strategie di orientamento spaziale attraverso attività didattiche basate su mappe digitali rispetto a coetanei che, con lo stesso obiettivo didattico, lavorano sul territorio sfruttando delle mappe cartacee: entrambi manifestano comportamenti che possono rientrare sotto la voce "orientamento spaziale", ma di fatto le specifiche *skill* percettivo-spaziali coinvolte sono assai diverse.

Ci sono casi in cui le tecnologie, o meglio, determinati *setting* tecno-metodologici, si candidano come fattore abilitante un diverso ambiente pedagogicamente significativo, avanzando pretese di nuova rilevanza educativa in se stessi. Ad esempio, si può, almeno in linea teorica sostenere che insegnare a costruire conoscenza collaborativa attraverso la rete - uno dei principali "cavalli di battaglia" del costruttivismo in questi ultimi venti anni - abbia connotati di sostanziale diversità rispetto a situazioni non mediate dalle tecnologie, perché attraverso la rete si possono apprendere modelli precedentemente inesistenti di costruzione collettiva della conoscenza. Se delle classi scolastiche costruiscono insieme un archivio condiviso (sul modello di Wikipedia o di una *Knowledge Building Community* di Bereiter e Scardamalia), l'obiettivo può essere far acquisire agli alunni uno schema di collaborazione e costruzione delle conoscenze, significativamente difforme da ciò che si può intendere comunemente con l'espressione "competenza collaborativa" nelle sue attuazioni possibili senza la rete.

3.4 Dove il valore aggiunto sta nelle variabili collaterali

Ci sono i casi in cui il fatto che non ci sia differenza nella qualità o quantità degli apprendimenti conseguiti tra la presenza e l'assenza delle tecnologie gioca comunque a favore delle tecnologie, in quanto ad esse si abbinano vantaggi di

altro tipo. Questa è una considerazione che si può avanzare, ad esempio, per l'educazione a distanza e per l'*e-learning*; se la didattica a distanza ottiene gli stessi risultati di quella in presenza (Means et al, 2009), essa può diventare preferibile in virtù di altri vantaggi, quali flessibilità nella gestione degli orari, possibilità di partecipazione a distanza, diminuzione del costo delle risorse sul lungo periodo, etc. (che sono i *driver* che hanno giustificato il crescente successo dell'*e-learning* negli ultimi anni) (CrossKnowledge, 2012)¹⁴⁸.

Riflessioni analoghe possono essere adottate persino a favore di semplici esercizi (*drill & practice*), che prevedono tragitti non difformi da come possano essere attuati in modalità tradizionale, ma il cui valore aggiunto può stare nella possibilità di alleggerire il lavoro didattico del docente da aspetti più routinari per dedicarsi meglio a quelli più complessi (aspetto messo in evidenza dallo stesso Bruner, ai primordi dell'istruzione programmata, nel corso della celebre conferenza di Woods Hole del 1959, da cui ebbe origine il testo "*Dopo Dewey. Il processo di apprendimento nelle due culture*").

3.5 Dove il valore aggiunto può rimanere «nei risvolti»

Esistono numerosi casi in cui le potenzialità didattiche delle tecnologie sono, per così dire, "dietro le quinte"; possono rimanere inutilizzate o possono dare luogo ad azioni inadeguate (come produrre sovraccarico) oppure possono, all'opposto, inserirsi in modo pertinente nel contesto di apprendimento. Individuiamo qui quattro tipologie tra le più significative.

3.5.1 Arricchimento informativo e esperienziale

Una delle osservazioni più ricorrenti che si fanno a fronte della tecnologia riguarda il vantaggio relativo all'aumento informativo. Prendiamo, ad esempio, Wikipedia o un traduttore automatico. Non si può mettere in dubbio che offrano un potenziale valore aggiunto; l'aggettivo "potenziale" è tuttavia d'obbligo, in quanto la situazione non può essere generalizzata, ma va valutata in rapporto all'alunno e al suo sistema di pre-conoscenze. Il rischio del sovraccarico e della dispersione sono i pericoli maggiori sempre immanenti (vedi la già citata CLT).

In generale, la formazione, soprattutto ai primi livelli scolari, non necessita di informazione aggiuntiva rispetto a quanto possono offrire i testi cartacei, necessita piuttosto di comprensione in profondità; sono più numerosi i casi in cui l'apprendimento è ostacolato da sovrabbondanza di informazione che non quelli

¹⁴⁸ Sull'*online learning*, una delle più rilevanti iniziative volte a ottenere conoscenze attendibili è la meta-analisi del Dipartimento dell'Educazione statunitense sulla letteratura pubblicata tra il 1996 e il 2008 (US DoE, 2010), da cui emerge come gli studenti che hanno frequentato corsi a distanza (ES 0.20) hanno avuto risultati mediamente poco superiori rispetto a chi ha partecipato a corsi in presenza (ES 0.05).

contrari¹⁴⁹. Il valore aggiunto rimane, dunque, subordinato al fatto che l'insegnante sappia generare situazioni in cui l'informazione ricercata e reperita calzi in modo pertinente nel tessuto delle pre-conoscenze possedute dall'allievo, supportando un consolidamento o una ristrutturazione degli schemi posseduti.

Analoga riflessione può essere condotta per ciò che riguarda ciò che potrebbe essere definito "arricchimento esperienziale"; si pensi alle simulazioni 3D (come nel caso della visita a un sito archeologico, un viaggio all'interno del corpo umano o nella profondità dell'oceano), un ambito che teoricamente offre potenzialità interessanti. Anche qui bisogna tener conto del fatto che le applicazioni di questa natura non garantiscono necessariamente una significativa esperienza conoscitiva, se non adeguatamente integrate da momenti riflessivi ed astrattivi, alla stessa stregua in cui la visita al museo può essere per gli alunni un'ottima opportunità di intrattenimento o di raccolta di qualche impressione episodica senza che ne derivi alcun apprendimento significativo.

3.5.2 Arricchimento cognitivo

Uno dei valori aggiunti delle tecnologie per apprendere più spesso sottolineato dalla ricerca educativa è quello rappresentato dalle loro implicazioni cognitive; in particolare si sono fatti sempre più frequenti i riferimenti a espressioni quali "potenziamento cognitivo" (*cognitive enhancement*)¹⁵⁰, includendo qui anche "pensiero computazionale" (*computational thinking*) - un aspetto su cui si è riaperto un recente interesse.

Il potenziale didattico in questo caso sta nel favorire allo stesso tempo l'acquisizione di contenuti propri della disciplina, ma soprattutto il potenziamento cognitivo, inteso come ristrutturazione o raffinamento di schemi cognitivi interni, verso livelli più complessi (il riferimento va a Piaget e Rumelhart).

Una sezione di straordinario rilievo in questo ambito è rappresentata dalle simulazioni¹⁵¹; queste possono diventare un ambiente di potenziamento cognitivo, attraverso la possibilità di formulare ipotesi e vederne subito le conseguenze, anche se sul piano sperimentale le evidenze scientifiche collocano questi approcci

¹⁴⁹ Sono sotto gli occhi di tutti gli insegnanti, dalla primaria all'università, le deleterie pratiche, ormai diffuse, per la compilazione di testi, documenti, relazioni di ricerca, tesi di laurea, caratterizzate un "taglia-incolla" superficiale e acritico.

¹⁵⁰ Con essa, possiamo intendere "l'amplificazione o l'estensione delle capacità mentali di base del soggetto attraverso l'arricchimento dei sistemi di elaborazione delle informazioni esterni o interni al soggetto stesso" (Bostrom e Sandberg, 2009, in Trinchero, 2014).

¹⁵¹ Si vedano, ad esempio, PhET (Physics Education Technology) Interactive Simulations [versione originale: <https://phet.colorado.edu/> - versione italiana: <https://phet.colorado.edu/it/>], progetto open source sviluppato presso l'Università del Colorado il cui obiettivo è favorire la formazione scientifica attraverso simulazioni digitali gratuite e GO-LAB (Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School) [<http://www.golabz.eu/>], progetto europeo il cui obiettivo è stimolare i ragazzi (specialmente tra i 10 e i 18 anni) ad avvicinarsi alla conoscenza scientifica e ai suoi metodi, attraverso laboratori online.

in un'area borderline di efficacia (in ragione degli aspetti di ambiguità già citati, messi in luce anche da Landriscina, 2013).

3.5.3 Arricchimento meta-cognitivo

Al di là di tutto ciò, c'è anche una possibile «contromossa» che si può tirare in causa, dinanzi all'affermazione, basata su evidenze, secondo cui "le tecnologie non fanno apprendere meglio". Invertendo i termini del problema si può avanzare un'ipotesi opposta: "ogni tecnologia potenzialmente è in grado di generare occasione di apprendimento significativo", se si ha la capacità di vederla, magari collocandosi in un'ottica diversa da quella per la quale essa stessa è nata, chiedendosi se e come possa indurre a riflettere sul modo in cui si apprende o si modificano gli schemi stessi della nostra conoscenza, spostando dunque l'attenzione sul livello meta (metacognitivo o metaconscitivo). Qui è l'insegnante ad essere variabile chiave, ancor più che negli altri casi.

Ci sono molte opportunità perché si attivino tali processi. Per fare un esempio, i cosiddetti ambienti *general purpose* (*word processor*, *database*, foglio elettronico), che nelle strutture e funzioni di base, cioè quelle pedagogicamente significative, non sono sostanzialmente cambiati nel corso di trent'anni, incorporano i *mind tool* fondamentali, su cui da Papert (1980) a Jonassen (2006) ha giustamente insistito una delle tradizioni più avvedute della ricerca tecnologico-educativa.

Il web stesso, reso oggetto di una opportuna riconfigurazione educativa, può trasformarsi in un ambiente per apprendere, utilizzato per affrontare e risolvere problemi informativi, aperti, con dati insufficienti, per la cui soluzione si richiede elaborazione critica dell'informazione. Un'attenzione al *processo* di ricerca e navigazione in Rete emerge quindi come una prospettiva particolarmente produttiva per l'intervento educativo sulle competenze di apprendimento (Caviglia & Ferraris, 2008).

Oltre a ciò, ogni oggetto tecnologico in sé può diventare un oggetto problematico ed essere posto al centro di interessanti speculazioni educative (perché è stato progettato? a cosa serve e come funziona? potrebbe funzionare in modo diverso? quali problemi può o non può risolvere?).

Oltre gli interrogativi che concernono la tecnologia stessa, di particolare interesse sono quelli che offrono spunti per riflessioni di livello più alto che potremmo definire meta-conscitivo (relativo a modelli e forme più alte della conoscenza) e metacognitivo (circa la consapevolezza dei processi decisionali che si svolgono mentre si apprende). Per questa strada le tecnologie possono acquisire un valore educativo di "secondo ordine". La competenza dell'insegnante sta, dunque, nella sua capacità di catturare queste potenzialità nascoste dietro la facciata esteriore della tecnologia dando ad esse un valido senso pedagogico.

3.6 Dove non sappiamo ancora abbastanza

Non dovrebbe sfuggire, tuttavia, come le tecnologie, in ragione del ritmo repentino della loro evoluzione, rappresentino un mondo che continuamente prospetta nuove opportunità e modifica gli scenari stessi entro cui si collocano; per questa ragione, rispetto alle innovazioni più recenti, spesso non si hanno elementi di conoscenza sufficienti a valutarne l'efficacia o altri possibili valori aggiunti e, nonostante ciò, non mancano ragioni per guardare a queste con interesse per le possibili opportunità che nei prossimi anni potrebbero offrire.

Uno degli ambiti più affascinanti da questo punto di vista, a parere degli autori, riguarda le applicazioni tecnologiche nell'ambito degli interventi didattici con soggetti autistici, quali gli ambienti di realtà aumentata e i robot sociali. Come noto, una delle caratteristiche degli autistici è il generarsi di situazioni di panico quando devono affrontare rapporti interpersonali o quando si trovano in situazioni di imprevedibilità. La regolarità degli ambienti informatici, con la possibilità di usare un *avatar* per comunicare o usare tecnologie che permettono di esprimersi amplificando i movimenti del corpo (come con la tecnologia *Kinect*), possono aprire possibilità nuove.

In uno dei più noti lavori sull'argomento, Temple Grandin (Grandin & Panek, 2014), scienziata essa stessa autistica, sostiene che l'autismo può essere visto essenzialmente come un disturbo del processamento sensoriale: il sovraccarico sensoriale è quasi sempre alla base del sintomo. Occorre allora rallentare il flusso degli stimoli, eliminare stimoli disturbanti, portare a vedere i volti su video, molto lentamente, portare a rimodulare comportamenti ossessivi in comportamenti meno rigidi, tentare anche soluzioni di varianti percettive (come modificare i colori degli oggetti di lavoro o ridurre il contrasto). Come si vede, si tratta di dimensioni che, quasi interamente possono essere oggetto di trattamento attraverso le tecnologie per le quali la Grandin nutre considerevoli speranze.

«Io spero che qualcuna delle nuove tecnologie possa consentire una maggiore produzione di autodescrizioni» (Grandin & Panek, *op.cit.*, p. 96). Molti autistici non verbali sono otto volte più coinvolti nel mondo di quanto sembri. Attraverso una tastiera molti autistici possono esprimersi. Oltre a ciò *«i tablet presentano enormi vantaggi rispetto ai vecchi portatili; non c'è bisogno di togliere gli occhi dallo schermo»* (*Ibidem*).

4. CONCLUSIONI

Fare un bilancio degli effetti delle tecnologie nella scuola è un'impresa difficile per la natura multidimensionale della tecnologia (non identificabile solo nell'azione esercitata da specifici dispositivi tecnologici) e dello stesso concetto di scuola (declinabile in una pluralità di livelli e di contesti applicativi). In questo lavoro, ci siamo limitati ad analizzare il rapporto tra introduzione dei dispositivi tecnologici

nelle classi a fini di miglioramento diretto degli apprendimenti, un aspetto su cui da vari decenni sono state poste alte aspettative.

Le evidenze mettono in risalto un sostanziale fallimento rispetto a queste, più volte avanzate nel corso degli ultimi decenni, circa il fatto che l'introduzione massiccia di tecnologie nella scuola avrebbe migliorato i livelli di apprendimenti.

L'innovazione tecnologica nella scuola si presenta sotto forma di ondate che si susseguono a ritmi incessanti, all'insegna dell'ultimo *device* di moda. Ogni ondata azzerà il lavoro precedente, senza che si conservi memoria storica, senza un bilancio critico e una valutazione in termini di effettiva sostenibilità. Le attuazioni non vanno oltre la fase del primo avvio, quasi mai si passa a sperimentazioni controllate, tanto meno a una messa a regime di cosa funziona.

Si impone per la ricerca tecnologica l'obbligo di una pausa riflessiva, di una maggiore attenzione a un bilancio storico e critico, e una conseguente azione più compatta per frenare la compulsiva dissipazione di risorse umane e finanziarie che lo sperimentalismo cieco sempre produce ricadendo negli stessi errori ormai ben conosciuti.

Abbiamo mostrato come, anche al livello delle tecnologie per gli apprendimenti nella scuola, dove balzano alla luce dati fallimentari, esistano spazi e possibilità su cui la ricerca dovrebbe far convergere la propria attenzione: accanto a ciò che ci dicono le evidenze scientifiche, occorrerebbe identificare meglio le situazioni in cui non c'è bisogno alcuno di ricercarle (il vantaggio è di "per sé" ovvio); quelle in cui la comparazione non ha senso in quanto l'uso delle tecnologie modifica le stesse *skill* o i contenuti oggetto di apprendimento; quelle in cui a parità di risultato le tecnologie possono apportare vantaggi collaterali; quelle in cui, applicate in modo congruente con le preconoscenze degli allievi e controllando il sovraccarico cognitivo, il vantaggio può essere costituito da una significativa amplificazione conoscitiva, esperenziale o metacognitiva; e infine quelle in cui è opportuno si indirizzi la ricerca perché non sappiamo ancora abbastanza sulle loro implicazioni.

Alla base di tutto, occorre abbandonare definitivamente la stantia e sterile retorica della introduzione autoreferenziale delle tecnologie, da cui non sono immuni le iniziative istituzionali, amplificata oggi da un diffuso *blogging* di tendenza, e mettere i decisori in grado di distinguere concretamente i diversi contesti d'uso, di compiere scelte razionalmente argomentate, finalizzate ad obiettivi mirati e rendicontabili, tenendo sotto controllo i fattori che interferiscono sul conseguimento dei risultati positivi che ci si può attendere

BIBLIOGRAFIA

BARTOLUCCI A.A., HILLEGASS W.B. (2010), *Overview, strengths, and limitations of systematic reviews and meta-analyses*, Evidence-Based Practice: Toward Optimizing Clinical Outcomes, Springer, Berlin Heidelberg, pp. 17-33.

BORENSTEIN M., HEDGES L.V., HIGGINS J., ROTHSTEIN H.R. (2009), *Criticisms of Meta-Analysis*, Introduction to meta-analysis, pp. 377-387.

BOSTROM N., SANDBERG, A. (2009), *Cognitive enhancement: methods, ethics, regulatory challenges*, «Science and engineering ethics», 15(3), pp. 311-341.

BRAME C.J. (2015). *Effective educational videos*, Center for Teaching, Vanderbilt University, URL: <http://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/effective-educational-videos>

BURGSTAHLER S. (2003), *The role of technology in preparing youth with disabilities for postsecondary education and employment*, «Journal of Special Education Technology», 18(4), pp. 7-19.

CALVANI A. (2013), *Qual è il senso delle tecnologie nella scuola? Una "road map" per decisori ed educatori*, TD «Tecnologie Didattiche», 21 (1), pp. 52-57.

CALVANI A. (a cura di - in stampa), *Manuale delle tecnologie educative. Come avvalersene per apprendere*, Roma: Carocci Editore.

CALVANI A. (2009), *ICT in schools: what rationale? A conceptual frame for a technological policy*, «Educational technology: The magazine for managers of change in education», v.49, n.4, pp. 33-37.

CALVANI A., VIVANET, G. (2014), *Tecnologie per apprendere: quale il ruolo dell'Evidence Based Education?*, «Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies (ECPS Journal)», (10), pp. 83-112.

CAVIGLIA F., FERRARIS, M. (2008), *The Web as a learning environment*, Learning to Live in the Knowledge Society, Springer US, pp. 175-178.

CHALMERS T.C. (1991), *Problems induced by meta-analyses*, «Statistics in medicine», 10(6), pp. 971-980.

CHEN S.Y., FAN J.P., MACREDIE, R.D. (2006), *Navigation in hypermedia learning systems: experts vs. novices*, «Computers in Human Behavior», 22 (2), pp. 251-266.

CLARK R.C., NGUYEN F., SWELLER, J. (2006), *Efficiency in learning. Evidence-based guidelines to manage cognitive load*, San Francisco: Pfeiffer Wiley.

COE R. (2002), *It's the effect size, stupid: What effect size is and why it is important*, Annual Conference of the British Educational Research Association, University of Exeter, England, 12-14 September 2002. URL: <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/00002182.htm>

COHEN J. (1988), *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.), Hillsdale, NJ: Erlbaum.

CROSSKNOWLEDGE (2012), *European e-learning Barometer*, URL: <http://www.trainingzone.co.uk/files/siftmedia-trainingzone/CrossKnowledge-Europeanelearningbarometer-ENG.pdf>

FABOS B., YOUNG, M.D. (1999), *Telecommunications in the classroom: Rhetoric versus reality*, «Review of Educational Research», vol. 69, n. 3, pp. 217-259.

FLATHER M.D., FARKOUH M.E., POGUE J.M., YUSUF S. (1997), *Strengths and limitations of meta-analysis: larger studies may be more reliable*, «Controlled clinical trials», 18(6), pp. 568-579.

GRANDIN T., PANEK R. (2014), *Il cervello autistico. Pensare oltre lo spettro*, Adelphi.

HATTIE J. (2009), *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*, London and New York: Routledge.

HATTIE J. (2016), *Apprendimento visibile. Insegnamento efficace* (ed. italiana in pubblicazione - titolo originale Visible Learning For Teachers: Maximizing Impact On Learning), Trento: Erickson.

HIGGINS S., KATSIPATAKI M., KOKOTSAKI D., COLEMAN R., MAJOR L.E., COE R. (2014), *The Sutton Trust-Education Endowment Foundation Teaching and Learning Toolkit*, London: Education Endowment Foundation.

HIGGINS S., XIAO Z., & KATSIPATAKI M. (2012), *The impact of digital technology on learning: a summary for the Education Endowment Foundation*, School of Education, Durham University. URL: [http://educationendowmentfoundation.org.uk/uploads/pdf/The_Impact_of_Digital_Technologies_on_Learning_\(2012\).pdf](http://educationendowmentfoundation.org.uk/uploads/pdf/The_Impact_of_Digital_Technologies_on_Learning_(2012).pdf)

JONASSEN D.H. (2006)., *Modeling with technology; mindtools for conceptual change*, Upper Saddle River, N. J.: Pearson Education Inc.

KIRSCHNER P.A., SWELLER J.E., CLARK R.E. (2006), *Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching*, «Educational Psychologist», 41, (2), pp. 75–86.

KOZMA R. (1994), *Will media influence learning: Reframing the debate*, «Educational Technology Research and Development», 42(2), 7-19.

LANDRISCINA F. (2013), *Simulation-Based Learning: questioni aperte e linee guida per un uso didatticamente efficace della simulazione*, Form@re - Open Journal per la formazione in Rete, 13(2), 68.

LIPSEY M.W. (1990), *Design Sensitivity: Statistical Power for Experimental Research*, Newbury Park, CA: Sage Publications.

LIPSEY M.W., PUZIO K., YUN C., HEBERT M.A., STEINKA-FRY K., COLE M.W., ROBERTS M., BUSICK M.D. (2012), *Translating the Statistical Representation of the Effects of Education Interventions into More Readily Interpretable Forms*, National Center for Special Education Research. URL: <http://ies.ed.gov/ncser/pubs/20133000/pdf/20133000.pdf>

MARTIN S.S. (2006), *Special education, technology, and teacher education*, «Special Education Technology Practice», 2(1), 21-36.

MAYER R.E. (2004), *Should there Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery learning? The case for Guided Method of Instruction*, «American Psychologist», January 2004, vol. 59, n.1, pp. 14-19.

NATIONAL AUTISM CENTER (2009), *National Standards Report*, URL: <http://www.nationalautismcenter.org/nsp/> (ver. 29.10.2014).

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (2005), *Attracting, Developing and Retaining Effective Teachers – Final Report: Teachers Matter*, OECD Publishing, <http://www.oecd.org/edu/school/attractingdevelopingandretainingeffectiveteachers-finalreportteachersmatter.htm#EO>

PAPERT S. (1980), *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, Basic Books, New York.

ROTHSTEIN H.R., SUTTON A.J., BORENSTEIN M. (eds.) (2006), *Publication bias in meta-analysis: Prevention, assessment and adjustments*, John Wiley & Sons.

RUSSELL T.L. (1999), *No Significant Difference Phenomenon*, «Educational Technology & Society», 2, 3.

SALOMON G., PERKINS D.N., GLOBERSON T. (1991), *Partners in Cognition: Extending Human Intelligence with Intelligent Technologies*, «Educational Research», 20 (3), pp. 2-9.

SCHAGEN I., HODGEN E. (2009), *How much difference does it make? Notes on understanding, using, and calculating effect sizes for schools*, URL: http://www.educationcounts.govt.nz/__data/assets/pdf_file/0006/36195/Schoolnotes.pdf

SCHMIDT F.L., OH I.S. (2013), *Methods for second order meta-analysis and illustrative applications*, «Organizational Behavior and Human Decision Processes», 121(2), pp. 204-218.

SWELLER J. (1994), *Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design*, «Learning and instruction», 4(4), pp. 295-312.

TAMIM R.M., BERNARD R.M., BOROKHOVSKI E., ABRAMI P.C., SCHMID R.F. (2011), *What Forty Years of Research Says about the Impact of Technology on Learning: A Second-Order Meta-Analysis and Validation Study*, «Review of Educational Research», 81, 4-28.

TRINCHERO R. (2014), *Il gioco computerizzato per il potenziamento cognitivo e la promozione del successo scolastico. Un approccio evidence based*, «Form@re - Open Journal per la formazione in Rete», 14(3), 7.

MEANS B., TOYAMA Y., MURPHY R., BAKIA M., JONES K. (2009), *Evaluation of evidence-based practices in online learning: A meta-analysis and review of online learning studies*, US Department of Education.

VIVANET G. (in stampa), *Le tecnologie per apprendere*. In Calvani A. (a cura di), *Le tecnologie educative. Come avvalersene per apprendere*, Roma: Carocci Editore.

VIVANET G. (2014a), *Che cos'è l'evidence based education*. Roma: Carocci Editore.

VIVANET G. (2014b), *Sull'efficacia delle tecnologie nella scuola: analisi critica delle evidenze empiriche*, «TD Tecnologie Didattiche», n. 62, v. 22, n.2.

WWC (2008), *What Works Clearinghouse. Procedures and standards handbook*, Washington, DC.

APPENDICE (RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI CITATI IN TABELLA)

BAYRAKTAR S. (2001), *A meta-analysis of the effectiveness of computer-assisted instruction in science education*, «Journal of Research on Technology in Education», 34(2), pp. 173-188.

BERNARD R.M., ABRAMI P.C., LOU Y., BOROKHOVSKI E., WADE A., WOZNEY L., WALLEY P.A., FISET M., HUANG B. (2004), *How does distance education compare with classroom instruction? A meta-analysis of the empirical literature*, «Review of educational research», 74(3), pp. 379-439.

BERNARD R. M., ABRAMI P. C., BOROKHOVSKI E., WADE C.A., TAMIM R.M., SURKES M.A., BETHEL E. C. (2009), *A meta-analysis of three types of interaction treatments in distance education*, «Review of Educational research», 79(3), pp. 1243-1289.

BLOK H., OOSTDAM R., OTTER M. E., OVERMAAT M. (2002), *Computer-assisted instruction in support of beginning reading instruction: A review*, «Review of educational research», 72(1), pp. 101-130.

CAMNALBUR M., ERDOGAN Y. (2008), *A Meta Analysis on the Effectiveness of Computer-Assisted Instruction: Turkey Sample*, «Educational Sciences: Theory and Practice», 8(2), 497-505.

CHEUNG A.C., SLAVIN R.E. (2011), *The Effectiveness of Education Technology for Enhancing Reading Achievement: A Meta-Analysis*, Center for Research and Reform in Education: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED527572.pdf>

CHEUNG A.C., SLAVIN R.E. (2013), *The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis*, «Educational Research Review», 9, pp. 88-113.

CHRISTMANN E.P., BADGETT J.L. (2000), *The comparative effectiveness of CAI on collegiate academic performance*, «Journal of Computing in Higher Education», 11(2), pp. 91-103.

CHRISTMANN E.P., BADGETT J.L. (2003), *A meta-analytic comparison of the effects of computer-assisted instruction on elementary students' academic achievement*, «Information Technology in Childhood Education Annual», pp. 91-104.

GOLDBERG A., RUSSELL M., COOK A. (2003), *The effect of computers on student writing: A meta-analysis of studies from 1992 to 2002*, «The Journal of Technology, Learning and Assessment», 2(1) pp. 1-51.

HATTIE J. (2009), *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*, Routledge, London.

HIGGINS S., XIAO Z., KATSIPATAKI M. (2012), *The impact of digital technology on learning: A summary for the education endowment foundation*, Durham, UK: Education Endowment Foundation and Durham University.

HSU Y.C. (2003), *The effectiveness of computer-assisted instruction in statistics education: A meta-analysis*, URL: <http://arizona.openrepository.com/arizona/handle/10150/289887>

KOUFOGIANNAKIS D., WIEBE N. (2006), *Effective methods for teaching information literacy skills to undergraduate students: A systematic review and meta-analysis*, «Evidence Based Library and Information Practice», 1(3), pp. 3-43.

LI Q., MA X. (2010), *A meta-analysis of the effects of computer technology on school students' mathematics learning*, «Educational Psychology Review», 22(3), pp. 215-243.

LIAO Y.K.C. (2007), *Effects of computer-assisted instruction on students' achievement in Taiwan: A meta-analysis*, «Computers & Education», 48(2), 216-233.

LIAO Y.K., CHEN Y.W. (2007), *The effect of computer simulation instruction on student learning: A meta-analysis of studies in Taiwan*, «Special Issue on Computer and Network Technologies in Education», 2(2), 69-79.

MEANS B., TOYAMA Y., MURPHY R., BAKIA M., JONES K. (2009), *Evaluation of evidence-based practices in online learning: A meta-analysis and review of online learning studies*, US Department of Education.

MICHKO G.M. (2007), *A meta-analysis of the effects of teaching and learning with technology on student outcomes in under-graduate engineering education*, University of Houston.

MORAN J., FERDIG R.E., PEARSON P.D., WARDROP J., BLOMEYER R.L. (2008), *Technology and reading performance in the mid-dle-school grades: A meta-analysis with recommendations for policy and practice*, «Journal of Literacy Research», 40(1), pp. 6-58.

MORPHY P., GRAHAM S. (2012), *Word processing programs and weaker writers/readers: A meta-analysis of research findings*, «Reading and writing», 25(3), pp. 641-678.

ONUOHA C.O. (2007), *Meta-analysis of the effectiveness of computer-based laboratory versus traditional hands-on laboratory in college and pre-college science instructions*, Thesis (Ph.D.), Capella University.

PEARSON P.D., FERDIG R.E., BLOMEYER JR R.L., MORAN J. (2005), *The Effects of Technology on Reading Performance in the Middle-School Grades: A Meta-Analysis With Recommendations for Policy*, Learning Point Associates/North Central Regional Educational Laboratory (NCREL).

ROSEN Y., SALOMON G. (2007), *The differential learning achievements of constructivist technology-intensive learning environments as compared with traditional ones: A meta-analysis*, «Journal of Educational Computing Research», 36(1), pp. 1-14.

SANDY-HANSON A.E. (2006), *A meta-analysis of the impact of computer technology versus traditional instruction on students in kindergarten through twelfth grade in the United States: A comparison of academic achievement, higher-order thinking skills, motivation, physical outcomes and social skills* (Doctoral Dissertation, Howard University).

SCHENKER J.D. (2007), *The effectiveness of technology use in statistics instruction in higher education: A meta-analysis using hierarchical linear modeling* (Doctoral dissertation, Kent State University).

SCHMID R.F., BERNARD R.M., BOROKHOVSKI E., TAMIM R., ABRAMI P.C., WADE C.A., SURKES M.A., LOWERISON, G. (2009), *Technology's effect on achievement*

in higher education: a Stage I meta-analysis of classroom applications, «Journal of computing in higher education», 21(2), pp. 95-109.

SOE K., KOKI S., CHANG J.M. (2000), *Effect of Computer-Assisted Instruction (CAI) on Reading Achievement: A Meta-Analysis*, Honolulu, HI: Pacific Resources for Education and Learning.

SOSA G.W., BERGER D.E., SAW A.T., MARY J.C. (2011), *Effectiveness of computer-assisted instruction in statistics a meta-analysis*, «Review of Educational Research», 81(1), pp. 97-128.

TAMIM R.M., BERNARD R.M., BOROKHOVSKI E., ABRAMI P.C., SCHMID R.F. (2011), *What forty years of research says about the impact of technology on learning a second-order meta-analysis and validation study*, «Review of Educational research», 81(1), pp. 4-28.

TIMMERMAN, C.E. & KRUEPKE, K.A. (2006), *Computer-assisted instruction, media richness, and college student performance*, «Communication Education», 55, pp. 73–104.

TOKPAH C.L. (2008), *The Effects Of Computer Algebra Systems On Students'achievement In Mathematics* (Doctoral dissertation, Kent State University).

TORGERSON C.J., ELBOURNE D. (2002), *A systematic review and meta-analysis of the effectiveness of information and communication technology (ICT) on the teaching of spelling*, «Journal of Research in Reading», 25(2), pp. 129-143.

TORGERSON C., ZHU D. (2003), *A systematic review and meta-analysis of the effectiveness of ICT on literacy learning in English*, Research Evidence in Education Library, London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education, University of London, pp. 5-16.

WAXMAN H.C., LIN M.F., MICHKO G. (2003), *A meta-analysis of the effectiveness of teaching and learning with technology on student outcomes*, Learning Point Associates, Technology. Naperville, Illinois.

WAXMAN H., CONNELL M., GRAY J. (2002), *A quantitative synthesis of recent research on the effects of teaching and learning with technology on student outcomes*, Learning Point Associates.

ZHAO Y. (2003), *Recent developments in technology and language learning: A literature review and meta-analysis*, «CALICO journal», 21(1), pp.7-27.