

*I precursori dell'apprendimento matematico**

CHIARA DE VITA
Dipartimento di Scienze della Vita
Università di Trieste
chiara.devita@phd.units.it

SANDRA PELLIZZONI
Dipartimento di Scienze della Vita
Università di Trieste
spellizzoni@units.it

MARIA CHIARA PASSOLUNGI
Dipartimento di Scienze della Vita
Università di Trieste
passolu@units.it

ABSTRACT

In recent years, the early evaluation on the one hand, and the implementation of training interventions on the other are two lines of research that are much explored in psychology related to mathematical learning processes and difficulties. In this paper, we will describe the main domain-general (e.g., Working Memory, Executive Functions, Speed of Processing) and domain-specific (e.g., the sense of number) that can be considered the cognitive precursors underlying the development of mathematical skills. These functions can be of valuable help both in understanding children's early difficulties in learning maths, and to promote specific training and empowering strategies.

PAROLE CHIAVE

APPRENDIMENTO MATEMATICO / MATHEMATICAL LEARNING; PRECURSORI COGNITIVI GENERALI E SPECIFICI / GENERAL AND SPECIFIC COGNITIVE PRECURSORS; MEMORIA DI LAVORO / WORKING MEMORY; SENSO DEL NUMERO / NUMBER SENSE; VALUTAZIONE PRECOCE / EARLY EVALUATION; POTENZIAMENTO / TRAINING.

* Title: *The precursors of mathematical learning.*

Tutto è numero. Il numero è in tutto. Il numero è nell'individuo.
(Charles Baudelaire)

1. INTRODUZIONE

Perché studiare lo sviluppo dell'apprendimento matematico?

I numeri sono dappertutto, ci circondano, ricorrono nelle nostre attività quotidiane e attraggono frequentemente la nostra attenzione. Ad esempio, le abilità numeriche e matematiche entrano in gioco mentre cuciniamo e pesiamo i diversi ingredienti per preparare una torta, quando andiamo a fare shopping e vogliamo calcolare un prezzo scontato a partire dal corrispondente prezzo pieno, o, ancora, quando dobbiamo scegliere l'operatore telefonico più conveniente o la banca alla quale chiedere un prestito in base ai tassi di interesse previsti.

Inoltre, come suggerito da molti studi in letteratura, le abilità matematiche precoci predicono il futuro successo scolastico, occupazionale e finanziario e sono associate alla qualità della salute fisica e mentale così come al benessere economico di un paese¹ avendo, quindi, importanti ricadute e implicazioni a livello sia individuale sia collettivo.

A tal proposito, recenti dati relativi al contesto italiano hanno evidenziato alcune criticità nella prestazione matematica di bambini e ragazzi del nostro paese. Il *Programma per la Valutazione Internazionale degli Studenti (PISA)*, lanciato dall'Organizzazione per la Cooperazione Economica e lo Sviluppo nel 2015, ha, infatti, mostrato che l'Italia è il terzo paese con il maggiore gap di genere (oltre 20 punti) nella performance matematica e che nelle aree del Sud la percentuale di studenti top performer è inferiore alla media nazionale².

In particolare, in Italia circa 5 bambini per classe vengono segnalati come bambini aventi difficoltà di calcolo: stando a questi numeri, dunque, il 20% della popolazione studentesca italiana presenterebbe difficoltà significative nell'apprendimento matematico.

¹ CRAGG, GILMORE 2014; FURLONG, MCLOUGHLIN, MCGILLOWAY, GEARY 2016; GEARY, HOARD, NUGENT, BAILEY 2013.

² OECD 2015.

Le percentuali, tuttavia, si ridimensionano notevolmente se si utilizzano come riferimento i più stringenti criteri diagnostici standard del DSM-5³, secondo cui solo nello 0,5-1% circa dei casi si potrebbe effettivamente parlare di disturbo specifico dell'apprendimento con compromissione del calcolo, con una percentuale compresa tra il 2,5 e il 3,5% per i casi di comorbidità, ovvero di compresenza delle difficoltà specificamente numeriche con altri disturbi⁴.

A fronte, da un lato, della pregnanza dei numeri nelle economie e culture moderne e dell'importanza delle abilità matematiche nel predire il futuro successo e benessere individuale e collettivo, dall'altro della situazione italiana critica, caratterizzata da un gap di genere e da un gap tra il nord e il sud del paese nella performance matematica, così come da una consistente percentuale di popolazione scolastica avente difficoltà in questa disciplina, risulta sempre più importante comprendere e studiare precocemente quali sono i fattori cognitivi che sottendono lo sviluppo dell'apprendimento matematico.

Una valutazione precoce di queste abilità cognitive, infatti, consentirebbe sia di potenziarle precocemente, promuovendo così le capacità matematiche successive di un individuo, sia di prevenire lo sviluppo di eventuali future difficoltà in matematica.

2. COSA SONO I PRECURSORI DELL'APPRENDIMENTO MATEMATICO?

L'apprendimento della matematica è un processo complesso e articolato, nell'ambito del quale entrano in gioco abilità cognitive sia dominio-generalì sia dominio-specifiche. Tali abilità sono definite *precursori*, ovvero cause o precondizioni dell'apprendimento matematico di un individuo, che consentono di predire il suo rendimento matematico negli anni successivi⁵.

Un precursore, infatti, è qualcosa che viene prima, che precede, preannunzia,

³ Quinta edizione del *Manuale Diagnostico e Statistico dei Disturbi Mentali*, strumento che definisce e classifica i disturbi mentali, utilizzato in ambito clinico, riabilitativo e di ricerca, con ricadute sul processo diagnostico e sull'implementazione di programmi di trattamento, cfr. APA 2013.

⁴ PASSOLUNGI, DE VITA, TRAFICANTE 2018.

⁵ PASSOLUNGI, VERCELLONI, SCHADEE 2007.

anticipa, interviene in una fase preliminare rispetto allo sviluppo successivo di un determinato processo o fenomeno. A fronte della loro funzione di “anticipatori”, i precursori dell'apprendimento matematico si configurano, quindi, come fattori cognitivi ideali su cui intervenire precocemente per favorire e promuovere le capacità future. In particolare, quanto prima si interviene, tanto maggiore è la probabilità di prevenire difficoltà successive nell'apprendimento matematico⁶.

2.1 PRECURSORI DOMINIO-GENERALI: MEMORIA DI LAVORO, FUNZIONI ESECUTIVE E VELOCITÀ DI ELABORAZIONE

I precursori cognitivi di carattere dominio-generale che sottendono lo sviluppo dell'apprendimento della matematica comprendono alcune abilità cognitive generali, trasversali ai diversi ambiti disciplinari, che predicono, quindi, la prestazione non solo in matematica ma anche nelle altre materie scolastiche⁷.

Si tratta di capacità generali che fungono da substrato cognitivo su cui si innestano i processi di apprendimento e che consentono, ad esempio, l'acquisizione di nuovi contenuti, l'elaborazione delle informazioni, la comprensione e lo svolgimento di compiti cognitivi più o meno complessi. Tra i precursori cognitivi dominio-generali implicati nello sviluppo dell'apprendimento matematico ritroviamo, ad esempio, la Memoria di Lavoro (ML), le Funzioni Esecutive (FE) e la Velocità di Elaborazione (VE). La *Memoria di Lavoro* (ML) rappresenta un magazzino di memoria a breve termine, di capacità limitata, che consente di immagazzinare temporaneamente le informazioni verbali e visuo-spaziali e, al contempo, di elaborarle e manipolarle attivamente durante lo svolgimento di un compito cognitivo⁸.

Diversi studi mostrano una forte relazione tra capacità di ML e competenza matematica già in età prescolare e, in seguito, durante gli anni scolastici⁹. Infatti, anche i compiti matematici più semplici richiedono le abilità della ML, implicando il

⁶ COLEMAN, BUYSSE, NEITZEL 2006.

⁷ PASSOLUNGI, LANFRANCHI 2012; PASSOLUNGI, LANFRANCHI, ALTOÈ, SOLLAZZO 2015.

⁸ BADDELEY 1986; MIYAKE, SHAH 1999.

⁹ PASSOLUNGI et al. 2015; SZÜCS DEVINE, SOLTESZ, NOBES, GABRIEL 2014.

mantenimento temporaneo delle informazioni da utilizzare, l'elaborazione delle operazioni per convertire le informazioni in output numerici e il recupero delle procedure rilevanti ai fini della risoluzione del compito. In linea con questi risultati, altri studi mostrano che bambini con difficoltà in matematica presentano deficit anche nelle abilità di ML¹⁰. Tuttavia, la natura della relazione tra abilità di ML e sviluppo dell'apprendimento matematico è complessa e dipende da diversi fattori, quali l'età del bambino, la particolare fase evolutiva che sta attraversando, il suo livello di esperienza ed expertise, il tipo di informazione elaborata, la particolare abilità matematica presa in considerazione e lo specifico compito utilizzato per valutarla¹¹.

Ad esempio, le capacità di calcolo e di risoluzione di problemi sembrano avere una relazione più forte con la ML rispetto ad altre abilità matematiche. In generale, la letteratura suggerisce che la ML, in particolare la sua componente visuo-spaziale, risulta essere un precursore significativo delle competenze numeriche precoci già nella scuola dell'infanzia e poi all'inizio della scuola primaria¹².

Le abilità di ML vengono generalmente valutate attraverso compiti di span di parole o di cifre o tramite doppi compiti. Nel primo caso, al bambino viene chiesto di rievocare una serie di parole o cifre pronunciate ad alta voce dall'esaminatore o mantenendo il medesimo ordine di presentazione (span in avanti) o invertendolo, ovvero ripetendo le parole o le cifre a partire dall'ultimo elemento udito fino ad arrivare al primo (span all'indietro).

Nei doppi compiti, invece, si richiede al bambino di svolgere due compiti contemporaneamente (ad esempio, ricordare la prima parola di una certa serie e, al contempo, battere la mano sul tavolo quando l'esaminatore pronuncia una determinata parola target), coordinando così la sua prestazione nelle due attività separate e simultanee. È intuitivo, dunque, che un potenziamento precoce delle

¹⁰ COSTA, NICHOLSON, DONLAN, VAN HERWEGEN 2018; PASSOLUNGI, SIEGEL 2004.

¹¹ DE SMEDT et al. 2009; RAGHUBAR, BARNES, HECHT 2010.

¹² PASSOLUNGI et al. 2007; PASSOLUNGI, LANFRANCHI 2012.

abilità di ML di un bambino possa avere importanti ricadute sulla sua prestazione in compiti matematici che implicano contemporaneamente il mantenimento e l'elaborazione di informazioni.

Le *Funzioni Esecutive* (FE) si riferiscono a una serie di abilità cognitive che consentono a un individuo di controllare e regolare pensieri e azioni quando si ritrova in situazioni nuove o complesse¹³. Tali funzioni, dunque, fin dai primissimi anni di vita, ci aiutano a selezionare l'opzione più vantaggiosa di fronte alle richieste eterogenee e complesse che caratterizzano la vita quotidiana.

Più nello specifico, le FE includono vari processi cognitivi, quali l'abilità di aggiornare le informazioni (*updating*), sostituendo in modo appropriato quelle non più rilevanti con nuove informazioni in entrata funzionali allo svolgimento di un determinato compito, l'abilità di sopprimere o inibire le risposte automatiche inappropriate (*inibizione*), o, ancora, l'abilità di passare o spostarsi flessibilmente da un'idea, una strategia o un'attività all'altra, quando una determinata situazione lo richiede (*flessibilità cognitiva*, definita anche *attention shifting* o *switching*)¹⁴.

Quest'ultima, ad esempio, risulta particolarmente implicata nello svolgimento di compiti matematici, consentendo a un individuo di muoversi tra step alternativi o successivi in un processo risolutivo che prevede passaggi multipli¹⁵. Bambini con scarse capacità matematiche, infatti, mostrerebbero anche una più scarsa flessibilità cognitiva e una tendenza a perseverare nelle risposte, avendo difficoltà a cambiare flessibilmente procedura o strategia risolutiva.

Anche le abilità di aggiornamento e inibizione entrano in gioco nell'apprendimento matematico, ad esempio durante la risoluzione di un problema aritmetico. Quando un bambino legge o ascolta il testo di un problema, infatti, si costruisce una rappresentazione della situazione problematica che si arricchisce continuamente a mano a mano che le nuove informazioni vengono fornite. Questo processo porta a

¹³ MIYAKE, FRIEDMAN 2012.

¹⁴ CLEMENTS, SARAMA, GERMERTH 2016.

¹⁵ BULL, ESPY, WIEBE 2008.

riconsiderare e quindi ad aggiornare le informazioni precedenti, inibendo e scartando quelle superflue e irrilevanti ai fini del raggiungimento della soluzione. Si tratta di un'operazione di "costruzione-decostruzione" del problema, possibile proprio grazie alle abilità cognitive di aggiornamento e inibizione.

A fronte di numerosi studi che suggeriscono che le FE predicono significativamente il rendimento matematico dei bambini a diverse età, un potenziamento precoce delle FE, già in età prescolare, potrebbe favorire un migliore rendimento matematico futuro.

Infine, la *Velocità di Elaborazione* (VE) è definita come la rapidità e l'efficienza con cui viene eseguito un semplice compito cognitivo¹⁶. Essa viene perlopiù valutata tramite compiti a tempo e viene operazionalizzata come velocità di risposta a una determinata prova. In generale, la letteratura considera la velocità di elaborazione un precursore dominio-generale fortemente implicato nello sviluppo delle abilità matematiche precoci nella scuola dell'infanzia e primaria¹⁷.

In linea con questi risultati, alcuni studi suggeriscono che bambini con scarse abilità matematiche mostrano anche una velocità di elaborazione più ridotta rispetto ai bambini con buone competenze numeriche¹⁸. Maggiore è la VE di un bambino migliore sarà la sua capacità mentale di elaborare velocemente le informazioni e prevenirne il decadimento, la sua rapidità nel fornire una risposta e la sua efficienza nell'eseguire un determinato compito. Ne consegue, dunque, che un potenziamento precoce della VE potrebbe avere importanti implicazioni per lo sviluppo dell'apprendimento matematico futuro di un bambino.

2.2 PRECURSORI DOMINIO-SPECIFICI: IL *SENSO DEL NUMERO*

Accanto ai fattori cognitivi di carattere dominio-generale, anche diversi precursori dominio-specifici sottendono lo sviluppo dell'apprendimento matematico. In questo

¹⁶ CASE 1985.

¹⁷ GERSTEN, JORDAN, FLOJO 2005; PASSOLUNGI et al. 2015.

¹⁸ COSTA et al. 2018.

caso ci muoviamo nell'ambito del cosiddetto *sensu del numero* che fa riferimento a una varietà di competenze, di abilità numeriche precoci simboliche e non simboliche di base cruciali per il successivo sviluppo dell'apprendimento matematico.

In una società così intrisa di numeri come quella attuale, il senso del numero si configura come uno strumento fondamentale per orientare le scelte degli individui che si trovano a dover elaborare informazioni quantitative nelle diverse circostanze della vita quotidiana.

Si tratta di una capacità innata, non verbale e non simbolica, condivisa anche da specie animali non umane, che permette agli individui, fin dalla nascita, di percepire, rappresentare e manipolare le informazioni numeriche in diversi contesti¹⁹. Si parla, quindi, di precursori "dominio-specifici" perché tutte le abilità associate al senso del numero rientrano in un ambito strettamente numerico e sono specificamente associate all'apprendimento della matematica.

Tra queste ritroviamo l'abilità di discriminare e confrontare grandezze numeriche, di effettuare stime, di compiere trasformazioni numeriche, di muoversi flessibilmente tra formati numerici differenti, la capacità di riconoscere i numeri simbolici e di abbinarli alle corrispondenti quantità non simboliche, le abilità di conteggio (e quindi l'acquisizione dei relativi principi, ad esempio il principio di cardinalità), le abilità di ordinamento, la capacità di eseguire semplici calcoli aritmetici.

Un componente centrale del senso del numero è l'*Approximate Number System* (ANS), un particolare sistema cognitivo che consente la rappresentazione approssimata di grandi quantità di oggetti, senza ricorrere al conteggio né ai numeri simbolici. Tale sistema permette di effettuare stime e confrontare e discriminare le numerosità in maniera intuitiva attraverso le diverse modalità sensoriali, ad esempio vista, udito e tatto²⁰.

Tutte queste abilità numeriche precoci simboliche e non simboliche, sottendendo lo sviluppo di capacità matematiche di più alto livello, quali la capacità di eseguire calcoli

¹⁹ DEHAENE 1997.

²⁰ HALBERDA, FEIGENSON 2008; MAZZOCCO, FEIGENSON, HALBERDA 2011.

aritmetici complessi o l'abilità di problem solving, si configurano come un fruttuoso bersaglio di interventi precoci di potenziamento. La stimolazione e l'allenamento del senso del numero, già a partire dalla scuola dell'infanzia, potrebbero, quindi, gettare le basi su cui fondare un apprendimento matematico più solido e robusto.

3. INTERVENIRE PRECOCEMENTE: COME E PERCHÉ

L'apprendimento matematico è un processo scandito da tappe che si susseguono nel tempo: si parte dal senso del numero innato, si passa alla comprensione di semplici concetti numerici di base, si procede attraverso nozioni e acquisizioni progressivamente più articolate fino a giungere al consolidamento dei contenuti e delle procedure matematiche più complesse.

Se, da un lato, questo processo ha le sue regole interne e si evolve naturalmente, dall'altro in questo processo è possibile anche intervenire dall'esterno su un duplice fronte: *promozione* e *prevenzione*. Nel primo caso, è possibile implementare programmi di training e potenziamento, volti ad allenare precocemente i precursori dominio-generalisti e dominio-specifici dell'apprendimento matematico, al fine di favorire una migliore performance matematica futura dei bambini.

Sul fronte preventivo, invece, è utile considerare i precursori cognitivi generali e specifici come marcatori di possibili difficoltà matematiche successive. In questo senso, è possibile strutturare degli interventi finalizzati a una valutazione precoce dei precursori dell'apprendimento matematico, al fine di effettuare uno screening, ovvero individuare precocemente eventuali bambini a rischio di sviluppare difficoltà in matematica.

Ad esempio, una scarsa capacità di ML, una ridotta VE e o una scarsa abilità nella discriminazione approssimata di quantità di un bambino potrebbero essere indicatori di una sua più generale difficoltà matematica e, in quanto tali, potrebbero suggerire la necessità di effettuare ulteriori valutazioni di approfondimento.

Dal punto di vista sia della prevenzione sia della promozione, la precocità dell'intervento si configura come un'importante risorsa: prima si interviene più ampia sarà la finestra temporale a disposizione per potenziare i precursori generali e specifici dell'apprendimento matematico, riducendo al contempo anche la probabilità che un bambino sviluppi difficoltà in questo ambito disciplinare.

Una valutazione accurata e approfondita dei diversi precursori cognitivi dominio-generalmente e dominio-specifici, che evidenzia le competenze del bambino maggiormente compromesse, è indispensabile per la progettazione e l'implementazione di un programma di intervento adeguato, specifico, mirato, strategico, metodologicamente corretto ed efficace.

E proprio in questa direzione è orientato, ad esempio, il *Test di Valutazione Precoce della Competenza Matematica*²¹, un adattamento italiano dell'*Early Numeracy Test-Revised (ENT-R)*²², strumento finalizzato a una valutazione il più possibile completa delle abilità cognitive che sottendono lo sviluppo dell'apprendimento matematico nella scuola dell'infanzia e primaria.

A seconda delle carenze e delle risorse specifiche del caso emerse in fase di *assessment*, i programmi di potenziamento e recupero si configurano poi come proposte più o meno ampie d'intervento, volte a migliorare capacità più generali, quali ad esempio le abilità di ML o di VE, oppure componenti più specifiche alla base del sistema dei numeri o del calcolo, come l'automatizzazione nel recupero dei fatti aritmetici, la capacità di svolgere correttamente le operazioni o di utilizzare le strategie e le procedure di calcolo più adeguate.

Per quanto riguarda il potenziamento precoce dei precursori dominio-generalmente dell'apprendimento matematico, un esempio di programma didattico utile per la valutazione e il training delle abilità generali di ML è il kit *Elefante Memo*²³, pensato per bambini di 4 e 5 anni, frequentanti la scuola dell'infanzia (v. Figura 1).

²¹ VAN LUIT et al. 2018.

²² VAN LUIT, VAN DE RIJDT 2009.

²³ PASSOLUNGI, COSTA 2014.

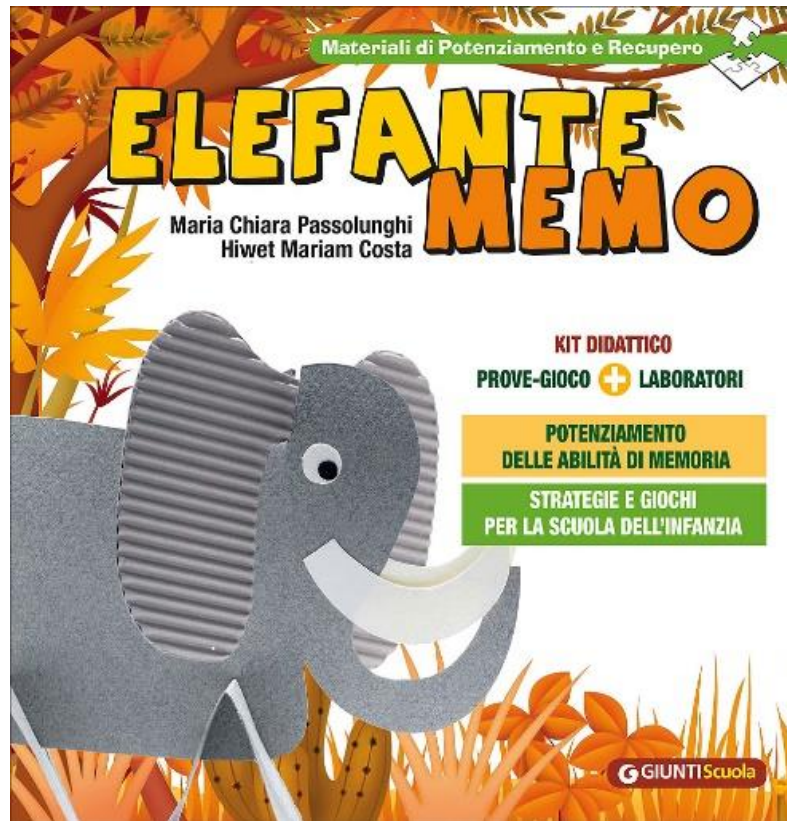


Figura 1. Copertina del kit didattico *Elefante Memo* (Fonte: PASSOLUNGI, COSTA 2014).

Esso comprende attività laboratoriali finalizzate ad allenare e potenziare precocemente le abilità di memoria verbale e visuo-spaziale, che, come abbiamo visto, oltre a essere trasversali ai diversi ambiti disciplinari, sono fortemente associate allo sviluppo della competenza matematica.

Più nello specifico, il kit, con l'ausilio di materiali ludici, favorisce l'apprendimento da parte dei bambini di strategie di memorizzazione adeguate ed efficaci, sia più semplici, come la ripetizione degli elementi da ricordare, sia più complesse, quali la costruzione di associazioni, l'organizzazione in categorie o la creazione di immagini mentali corrispondenti alle informazioni da rievocare.

Rispetto, invece, al potenziamento precoce dei precursori dominio-specifici dell'apprendimento matematico, il kit *Delfino Otto: le abilità matematiche di base*²⁴ rappresenta un programma didattico "specificamente numerico", utilizzabile negli ultimi due anni della scuola dell'infanzia (v. Figura 2).

²⁴ PASSOLUNGI, COSTA, ZORATTO 2014.

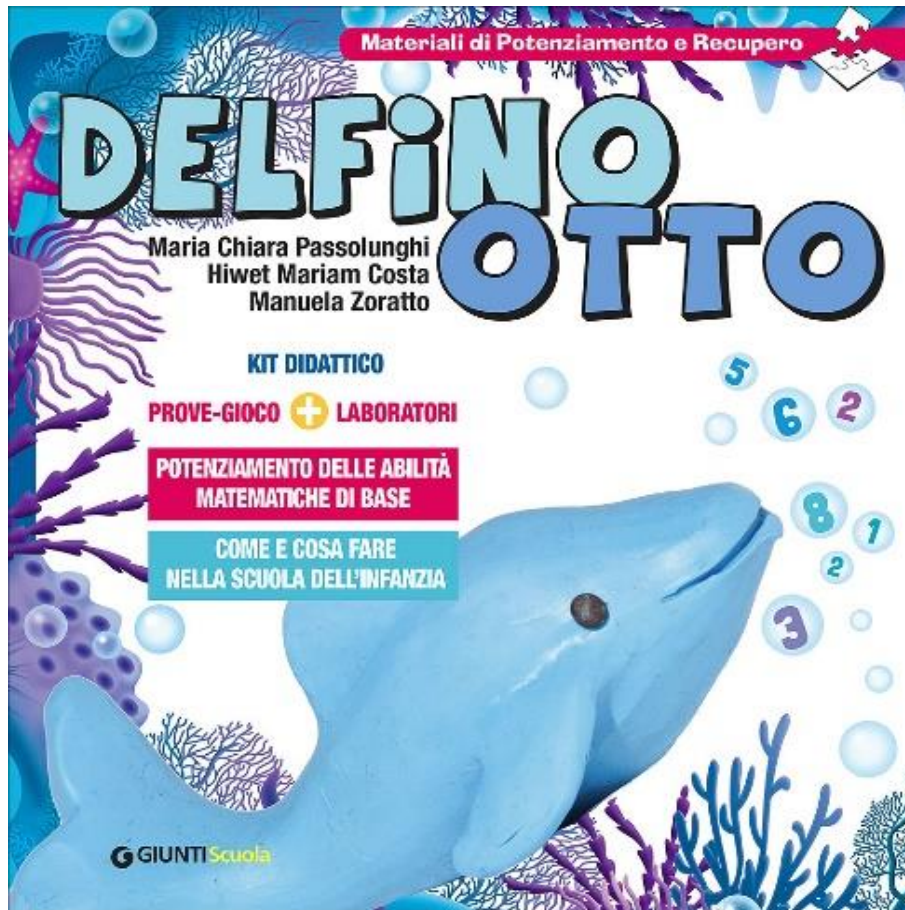


Figura 2. Copertina del kit didattico *Delfino Otto: le abilità matematiche di base* (Fonte: PASSOLUNGI, COSTA, ZORATTO 2014).

Esso comprende sia prove-gioco finalizzate alla valutazione delle abilità numeriche di base e all'identificazione precoce di eventuali difficoltà del bambino, sia attività laboratoriali volte al potenziamento di alcuni precursori dominio-specifici, quali il confronto di quantità, la comprensione della linea dei numeri, l'abilità di conteggio o la capacità di eseguire semplici compiti aritmetici.

L'acquisizione e il consolidamento di queste abilità matematiche di base nella scuola dell'infanzia sono funzionali allo sviluppo di capacità matematiche di più alto livello nella scuola primaria, quali l'esecuzione di procedure di calcolo complesse o la soluzione dei problemi. Entrambi i kit, dunque, accanto al potenziamento precoce di abilità, rispettivamente, dominio-generalì e dominio-specifiche, consentono anche una prevenzione altrettanto precoce, già in età prescolare, di possibili difficoltà nell'apprendimento matematico successivo.

4. CONCLUSIONI

Le abilità cognitive generali e specifiche, tuttavia, sono solo alcuni dei fattori coinvolti nel complesso processo di sviluppo dell'apprendimento matematico. Accanto ai fattori cognitivi, infatti, entrano in gioco anche le caratteristiche emotivo-motivazionali del bambino, gli aspetti culturali e socio-educativi associati al suo contesto di appartenenza, nonché il ruolo attivo di genitori e insegnanti.

Solo una considerazione di tutti questi aspetti nella loro complessità e nelle loro reciproche interazioni può favorire un approccio sempre più integrato e sinergico alla comprensione dei processi e delle difficoltà di apprendimento nonché un sempre maggior successo degli interventi di prevenzione e potenziamento.

BIBLIOGRAFIA

APA, AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION

2013, *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)*, Washington, DC-Arlington (VA), American Psychiatric Publishing; trad. it. *Manuale Diagnostico e Statistico dei Disturbi Mentali*, Milano, Cortina, 2014.

BADDELEY A. D.

1986, *Working memory*, New York, Clarendon.

BAUDELAIRE C.

2018, *Diari intimi*, Edizioni digitali Falsopiano.

BULL R., ESPY K. A., WIEBE S. A.

2008, «Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years», *Developmental neuropsychology*, 33(3), pp. 205-228.

CASE R.

1985, *Intellectual development: Birth to adulthood*, San Diego (CA), Academic Press.

CLEMENTS D. H., SARAMA J., GERMERTH C.

2016, «Learning executive function and early mathematics: Directions of causal relations», *Early Childhood Research Quarterly*, 36, pp. 79-90.

COLEMAN M. R., BUYSSE V., NEITZEL J.

2006 (May), *Recognition and response: An early intervening system for young children at-risk for learning disabilities*. Full report. Chapel Hill, The University of North Carolina at Chapel Hill, FPG Child Development Institute.

- COSTA H. M., NICHOLSON B., DONLAN C., VAN HERWEGEN J.
2018, «Low performance on mathematical tasks in preschoolers: the importance of domain-general and domain-specific abilities», *Journal of Intellectual Disability Research*, 62(4), pp. 292-302.
- CRAGG L., GILMORE C.
2014, «Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency», *Trends in neuroscience and education*, 3(2), pp. 63-68.
- DE SMEDT B., JANSSEN R., BOUWENS K., VERSCHAFFEL L., BOETS B., GHESQUIÈRE P.
2009, «Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade», *Journal of experimental child psychology*, 103(2), pp. 186-201.
- DEHAENE S.
1997, *The number sense: How the mind creates mathematics*, New York, Oxford University Press.
- FURLONG M., MCLOUGHLIN F., MCGILLOWAY S., GEARY D.
2016, «Interventions to improve mathematical performance for children with mathematical learning difficulties (MLD)», (Protocol), *Cochrane Database of Systematic Reviews*, Issue 4, Art. No.: CD012130.
- GEARY D. C., HOARD M. K., NUGENT L., BAILEY D. H.
2013, «Adolescents' functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge», *PloS one*, 8(1), e54651, pp. 1-8.
- GERSTEN R., JORDAN N. C., FLOJO J. R.
2005, «Early identification and interventions for students with mathematics difficulties», *Journal of learning disabilities*, 38(4), pp. 293-304.
- HALBERDA J., FEIGENSON L.
2008, «Developmental change in the acuity of the “Number Sense”: The Approximate Number System» in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental psychology*, 44(5), p. 1457.
- MAZZOCCO M. M., FEIGENSON L., HALBERDA J.
2011, «Preschoolers' precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance», *PLoS one*, 6(9), e23749, pp. 1-8.
- MIYAKE A., FRIEDMAN N. P.
2012, «The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions», *Current directions in psychological science*, 21(1), pp. 8-14.
- MIYAKE A., SHAH P.
1999, *Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control*, Cambridge (UK), Cambridge University Press.
- OECD
2015, *Education at a Glance 2015: OECD Indicators*, OECD Publishing, ISBN 978-92-64-24208-1, scaricabile dal sito web: <<http://dx.doi.org/10.1787/eag-2015-en>>.
- PASSOLUNGI M. C., COSTA H. M.
2014, *Elefante Memo*, Firenze, Giunti EDU.

PASSOLUNGI M. C., COSTA H. M., ZORATTO M.

2014, *Delfino Otto: le abilità matematiche di base*, Firenze, Giunti EDU.

PASSOLUNGI M. C., DE VITA C., TRAFICANTE D.

2018, *Linguaggio scritto, sistema del calcolo e ragionamento matematico*, in S. CARAVITA, L. MILANI, D. TRAFICANTE (a cura di), «Psicologia dello sviluppo e dell'educazione», Bologna, Il Mulino, pp. 241-267.

PASSOLUNGI M. C., LANFRANCHI S.

2012, «Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade», *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), pp. 42-63.

PASSOLUNGI M. C., LANFRANCHI S., ALTOÈ G., SOLLAZZO N.

2015, «Early numerical abilities and cognitive skills in kindergarten children», *Journal of Experimental Child Psychology*, 135, pp. 25-42.

PASSOLUNGI M. C., SIEGEL L. S.

2004, «Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics», *Journal of experimental child psychology*, 88(4), pp. 348-367.

PASSOLUNGI M. C., VERCELLONI B., SCHADEE H.

2007, «The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence», *Cognitive Development*, 22(2), pp. 165-184.

RAGHUBAR K. P., BARNES M. A., HECHT S. A.

2010, «Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches», *Learning and individual differences* 20(2), pp. 110-122.

SZÚCS D., DEVINE A., SOLTESZ F., NOBES A., GABRIEL F.

2014, «Cognitive components of a mathematical processing network in 9-year-old children», *Developmental Science*, 17(4), pp. 506-524.

VAN LUIT J., VAN DE RIJDT B.

2009, *Utrechtse getalbegrip toets-revised [Early numeracy test-revised]*, Doetinchem (Netherlands), Graviant.

VAN LUIT J., VAN DE RIJDT B., BENVENUTO G., GONZÁLEZ S. M., LANCIANO N., PASSOLUNGI M. C.

2018, *Test di Valutazione Precoce della Competenza Matematica*, Roma, Anicia Editore, ISBN 978-88-6709-236-7.