



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
BABEȘ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITÄT
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY
TRADITIO ET EXCELLENTIA

UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI, CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE PSIHOLOGIE ȘI ȘTIINȚE ALE EDUCAȚIEI
ȘCOALA DOCTORALĂ „EDUCAȚIE, REFLECȚIE, DEZVOLTARE”

REZUMAT - TEZĂ DE DOCTORAT

Dezvoltarea competenței de explorare a sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice prin activități practice și tehnologii digitale. Aplicații la clasa a VII-a

Conducător științific,
Prof. univ. dr. habil. Albulescu Ion

Doctorand,
Kenyeres Miriam

Cluj-Napoca
2025

Cuprins

Lista tabelelor	7
Lista figurilor	11
Lista de abrevieri	15
Glosar de termeni	16
Partea I: Fundamentarea teoretică	17
Introducere	17
Capitolul I. Studiul disciplinei <i>Biologie</i> în învățământul gimnazial. Delimitări conceptuale și de proiectare curriculară	24
I.1. Disciplina <i>Biologie</i> în <i>Curriculumul</i> școlar	24
I.1.1. Perspective conceptuale, diacronice și sincronice ale implementării <i>Curriculumului</i> în sistemul educațional din România	25
I.1.2. Structura programei disciplinei <i>Biologie</i>	36
I.2. Competențele formate prin studiul disciplinei <i>Biologie</i>	65
I.2.1. Clarificări conceptuale	65
I.2.2. Competențele generale și specifice	72
I.2.3. Operaționalizarea curriculară a competențelor	79
I.3. Conținuturile programei disciplinei <i>Biologie</i>	85
I.4. Caracterul interdisciplinar al programei disciplinei <i>Biologie</i>	89
Capitolul II. Dezvoltarea competenței de explorare a sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice prin activități practice	94
II.1. Semnificații conceptuale	94
II.1.1. Tipuri de activități practice utilizate în studiul disciplinei <i>Biologie</i>	94
II.1.1.1. Activități practice desfășurate în laborator și caracteristicile acestora	94
II.1.1.2. Activități practice desfășurate în natură și caracteristicile acestora	97
II.1.2. Tipuri de învățare angajate prin activitățile practice	100
II.1.2.1. Învățarea bazată pe investigație	100
II.1.2.2. Învățarea experiențială	108
II.1.2.3. Învățarea bazată pe proiecte	111
II.1.2.4. Învățarea prin cooperare	117

II.2. Implementarea activităților practice în studiul disciplinei <i>Biologie</i>	121
II.3. Valențe formative ale învățării prin activități practice	125
II.4. Limite ale implementării învățării prin activități practice	129
Capitolul III. Dezvoltarea competenței de explorare a sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice prin intermediul tehnologiilor digitale	131
III.1. Semnificații conceptuale	131
III.1.1. Evoluția integrării tehnologiilor digitale în educație	132
III.1.2. Caracteristici ale instruirii online.....	136
III.1.3. Tipuri de tehnologii digitale utilizate în studiul disciplinei <i>Biologie</i>	139
III.1.3.1. Aplicații 3D	140
III.1.3.2. Realitatea augmentată	142
III.1.3.3. Simulatoare online	144
III.1.3.4. Platforme educaționale.....	146
III.1.4. Tipuri de învățare asociate tehnologiilor digitale	149
III.1.4.1. <i>E-learning</i>	149
III.1.4.2. <i>Blended learning</i>	151
III.1.4.3. <i>M-learning</i>	153
III.2. Specificul activităților bazate pe tehnologii digitale în studiul disciplinei <i>Biologie</i> .	156
III.3. Valențe formative ale învățării prin intermediul tehnologiilor digitale	159
III.4. Limite ale integrării învățării prin intermediul tehnologiilor digitale	162
Partea a II-a: Cercetarea experimentală	165
<i>Dezvoltarea competenței de explorare a sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice prin activități practice și tehnologii digitale</i>	165
Capitolul IV. Designul cercetării	165
IV.1. Premisele cercetării.....	165
IV.2. Scopul și obiectivele	168
IV.3. Întrebările de cercetare.....	169
IV.4. Ipotezele cercetării.....	170

IV.5. Variabilele cercetării	171
IV.6. Eșantionul de subiecți	172
IV.7. Programul de intervenție experimentală	172
IV.8. Metodele și instrumentele utilizate în cercetare	255
IV.9. Etapele cercetării.....	266
IV.10. Considerații de etica cercetării.....	268
Capitolul V. Rezultatele cercetării experimentale	271
V.1. Rezultatele cercetării în etapa pre-experimentală	271
V.2. Rezultatele cercetării în etapa post-experimentală.....	284
V.3. Rezultatele cercetării în etapa de retestare	314
V.4. Concluziile cercetării experimentale.....	337
Concluzii.....	343
Bibliografie.....	349
Anexe	375

Cuvinte cheie: competență științifică, explorare științifică, activități practice, învățarea bazată pe investigație, învățarea bazată pe proiecte, învățarea experiențială, învățarea prin cooperare, tehnologii digitale, *e-learning*, *blended learning*, *m-learning*

Introducere

Lucrarea de doctorat: „*Dezvoltarea competenței de explorare a sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice prin activități practice și tehnologii digitale. Aplicații la clasa a VII-a*” examinează impactul activităților practice și al tehnologiilor digitale asupra formării competenței de explorare a sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice, la elevii din clasa a VII-a, prin studiul disciplinei *Biologie*. În contextul procesului educațional actual, fundamentat pe paradigma dezvoltării competențelor, definite ca un ansamblu funcțional de cunoștințe, abilități și atitudini (Consiliul Uniunii Europene, 2018) disciplina *Biologie* contribuie în mod esențial la formarea unor competențe științifice, oferind experiențe educaționale care integrează atât activitățile experimentale, aplicative (Leite & Dourado, 2013), cât și tehnologiile digitale (Oakes, 2009; Jaipal, 2009). Implicarea activă a elevilor în procese de explorare a lumii vii, bazate pe activități practice care includ observarea, investigarea, experimentarea, cooperarea, precum și utilizarea instrumentelor digitale facilitează dezvoltarea cunoștințelor, abilităților și atitudinilor științifice (Suyanto et al., 2022; Kapici et al., 2019; Nwohochi, 2024).

Motivația alegerii temei de cercetare derivă din necesitatea adaptării predării-învățării disciplinei *Biologie* la o abordare interactivă și practic-aplicativă, care să sprijine formarea competenței de explorare prin experiențe de învățare centrate pe aplicarea metodelor științifice. Totodată, studiul reflectă imperativul alinierii metodelor tradițional-expozitive la progresul tehnologic actual, prin integrarea instrumentelor digitale în procesul educațional. Considerăm că, activitățile practice, în corelație cu utilizarea tehnologiilor digitale, oferă elevilor oportunitatea de a explora în mod direct conceptele biologice, facilitând, astfel, dezvoltarea cunoștințelor conceptuale și procedurale, a abilităților de sistematizare și practice, precum și a atitudinilor de colaborare și interpretare critică a informațiilor, formate în clasa a VII-a.

Scopul tezei este de a investiga impactul utilizării sistematice a activităților practice și a tehnologiilor digitale asupra formării competenței generale 1: „*explorarea sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice*” (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017), la elevii din clasa a VII-a, prin studiul *Biologiei*. Cercetarea își propune să demonstreze eficiența acestei abordări didactice prin implementarea unui

program de intervenție fundamentat pe conținuturile științifice aferente clasei a VII-a și bazat pe secvențe de învățare care integrează activitățile practice și tehnologiile digitale.

Lucrarea este structurată în două părți: partea I - fundamentarea teoretică și partea a II-a - cercetarea experimentală. Ambele părți ale lucrării sunt organizate în mai multe capitole, fiecare abordând aspecte fundamentale ale formării competențelor prin studiul *Biologiei*. *Partea I - fundamentarea teoretică* - stabilește cadrul conceptual și teoretic al cercetării, fiind realizată o analiză a modului în care disciplina *Biologie* este abordată în învățământul gimnazial, precum și asupra strategiilor didactice centrate pe dezvoltarea competențelor științifice, prin activități practice și integrarea tehnologiilor digitale. Această secțiune include trei capitole.

Capitolul I. Studiul disciplinei Biologie în învățământul gimnazial. Delimitări conceptuale și de proiectare curriculară analizează statutul și rolul disciplinei *Biologie* în sistemul educațional românesc, dintr-o perspectivă curriculară și conceptuală, având în vedere atât evoluțiile istorice, cât și tendințele educaționale actuale. Sunt abordate aspecte precum integrarea *Biologiei* în *Curriculumul național*, competențele generale și specifice vizate, conținuturile propuse și caracterul interdisciplinar al programei școlare.

Prima secțiune a capitolului investighează integrarea disciplinei *Biologie* în *Curriculumul* gimnazial românesc, în aria „Matematică și Științe ale naturii”, ca materie de studiu obligatorie, cu rol formativ și informativ. *Biologia* contribuie la formarea capacităților de analiză a lumii vii – prin investigare și explorare – a spiritului de observație, a gândirii logice și critice, precum și la dezvoltarea unei atitudini responsabile față de propria persoană, sănătate și mediu (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017; Marinescu, 2018).

În continuare, capitolul examinează dintr-o perspectivă diacronică și sincronică principalele etape ale reformei curriculare din România și impactul acestora asupra designului curricular și instrucțional al *Curriculumului național* și, implicit, al disciplinei *Biologie*. *Curriculumul*, ca termen dinamic și interpretabil (Lunenburg, 2011), a fost influențat de variațiile de înțelegere și de ideologiile politice dominante în diferite perioade istorice, factori care au generat dificultăți semnificative în implementarea unui cadru coerent pentru politicile educaționale (Potolea et al., 2012; Mândruț et al., 2013).

Potrivit lui Potolea et al. (2012) etapele reformelor educaționale din România au înregistrat atât elemente de discontinuitate, cât și de continuitate cu efecte pozitive și negative asupra învățământului. De-a lungul timpului, s-a conturat o tendință clară de tranziție de la un model educațional tradițional, centrat pe transmiterea de conținuturi, la unul modern, orientat mai întâi spre obiective, apoi spre formarea de competențe (Ministerul Educației Naționale,

2019) (Figura I.1.). Cu toate acestea, paradigma didacticii conținuturilor a rămas influentă în documentele curriculare și în practica educațională (Ardelean & Mândruț, 2012, p. 11).

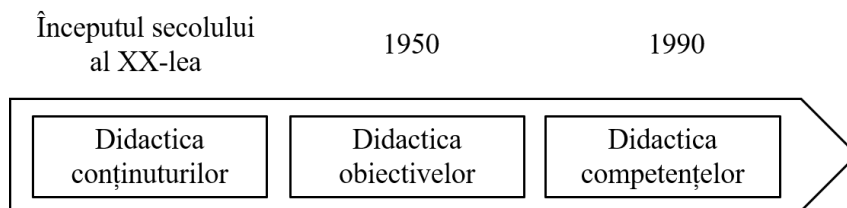


Figura I.1. Evoluția abordărilor didactice în România

Introducerea oficială a termenului „*Curriculum*” în România, în anul 1998, a marcat începutul unei noi viziuni educaționale, centrate pe finalități explicite – definite, în prezent, prin competențe – și pe articularea coerentă a conținuturilor, strategiilor didactice și a metodelor de evaluare (Georgescu et. al, 1998; Cristea, 1998; Cucos, 2006; Bocoș, 2017). Conform Legii Educației Naționale din 2011, actualizată în 2023, competențele – definite ca un „ansamblu multifuncțional și transferabil de cunoștințe, deprinderi/abilități și aptitudini” (Art. 4) – au devenit finalități educaționale esențiale, contribuind la reconfigurarea planurilor-cadru și a programelor școlare.

În secțiunea următoare a capitolului I este analizată structura programei școlare pentru disciplina *Biologie* din învățământul gimnazial. Revizuirea documentului curricular, în 2017, a marcat tranziția de la un sistem educațional bazat pe obiective la unul centrat pe competențe, în acord cu tendințele educaționale europene. La nivel structural, programa școlară pentru disciplina *Biologie* (2017) include următoarele componente: *nota de prezentare, competențele generale și specifice, exemplele de activități de învățare asociate acestora, conținuturile, listele de lucrări practice și sugestiile metodologice (care conțin și reperele pentru evaluare)*.

Analiza documentului a fost realizată dintr-o perspectivă reflexiv-interogativă, conform modelelor propuse de Bocoș (2017) și Pop-Păcurar & Kenyeres (2023), urmărind întrebările: *de ce?, ce?, cum?, cine? și în ce condiții?*. *Nota de prezentare* răspunde la întrebarea *de ce?* (are loc predarea-învățarea *Biologiei*) și consemnează faptul că, programa școlară pentru disciplina *Biologie* (2017) asigură desfășurarea unui demers educațional axat pe dezvoltarea de competențe, racordate atât la Cadrul de referință pentru științe TIMSS (2011), cât și la recomandările Parlamentului European și a Consiliului Uniunii Europene privind competențele-cheie (2006/962/EC). Disciplina participă, de asemenea, la dezvoltarea unor repere comportamental-axiologice (valori și atitudini), precum: „cooperarea între persoane; spiritul de observație și receptivitatea; spiritul de investigație; interpretarea critică a faptelor observate” și altele (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017).

Competențele generale alături de *competențele specifice*, răspund, de asemenea, la întrebarea *de ce?*. *Competențele generale* reprezintă achizițiile de cunoaștere, abilitățile și atitudinile dezvoltate de elevi la finalul unui ciclu de învățare (o durată de patru ani). Ele includ: „1. Explorarea sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor, cu instrumente și metode științifice; 2. Comunicarea adecvată în diferite contexte științifice și sociale; 3. Rezolvarea unor situații problemă din lumea vie, pe baza gândirii logice și a creativității.; 4. Manifestarea unui stil de viață sănătos într-un mediu natural propice vieții” (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017). *Competențele generale* se formează prin atingerea progresivă și cumulativă a competențelor specifice în fiecare an (Pop-Păcurar, 2013). *Competențele specifice* provin din competențele generale, prin derivare, și se dezvoltă pe durata unui an școlar. Acestea au un caracter progresiv, dificultatea lor crescând gradual, la fiecare clasă.

Categoriile activităților de învățare și a sugestiilor metodologice răspund la întrebarea *cum?* Acestea orientează procesul educațional spre aplicabilitate și formare de competențe, creând contextele de învățare specifice. Programă școlară pentru disciplina *Biologie* (2017) indică, la finalul documentului, o serie de strategii didactice și repere de evaluare aplicabile pentru fiecare clasă în parte, care prezintă atât aspecte pozitive, cât și aspecte perfectibile.

Întrebarea *ce trebuie predat și învățat?* este abordată prin analiza conținuturilor și a lucrărilor practice prevăzute în programa școlară. *Conținuturile* sunt reorganizate pe funcții biologice (nutriție, relație, reproducere) și pe sisteme (digestiv, respirator, circulator, excretor, nervos, endocrin, reproducător), fiind concepute ca repere pentru formarea competențelor, nu ca scopuri în sine (Ministerul Educației și Cercetării, 2019). Totuși, se remarcă persistența unei supraîncărcări curriculare și o implementare neautentică a paradigmei competențelor.

Lucrările practice, caracteristice disciplinelor din aria științelor, contribuie la dezvoltarea cunoștințelor procedurale și a abilităților practice (Leite & Dourado, 2013). Ele pot fi realizate în diverse contexte – laboratoare, natură, muzee sau unități industriale – însă eficiența lor depinde de infrastructura școlară (spații de învățare – laboratoare și instrumente de laborator) și de aplicabilitatea sugestiilor metodologice. Analiza întrebării *în ce condiții? (spațio-temporale și materiale)* corelată cu lucrările practice, indică existența unor limitări materiale și logistice care afectează desfășurarea eficientă a acestor activități (Ministerul Educației Naționale, 2018; Kenyeres et al., 2022).

Analiza întrebării *cine?* vizează particularitățile de vârstă ale elevilor între 11–14 ani, aflați în plin proces de dezvoltare cognitivă și de formare a identității (Piaget, 1983; Spellings, 2005). Fiind considerați nativi digitali (Prensky, 2001), aceștia au nevoie de medii de învățare interactive și de integrarea tehnologiei în procesul didactic.

În cele din urmă, compararea programelor școlare pentru disciplina *Biologie* din 2008 și 2017 evidențiază un progres conceptual semnificativ – tranziția de la obiective la competențe –, dar și persistența unor aspecte care necesită revizuire. Reforma curriculară rămâne un proces în desfășurare, deschis îmbunătățirii continue.

În continuare, capitolul I analizează, într-o manieră aplicată, dimensiunile conceptuale și de operaționalizare ale competențelor generale și specifice dezvoltate prin studiul *Biologiei*. Pornind de la definiția competențelor, oferită de Consiliul European (2018), în contextul acestei discipline și cercetări, se urmărește dezvoltarea cunoștințelor științifice, a abilităților practice și a atitudinilor specifice domeniului științific.

Cunoștințele științifice includ atât *cunoștințe declarative/conceptuale* – informații despre procese și concepte biologice (De Jong & Ferguson-Hessler, 1996), precum respirația, reproducerea sau fotosinteza, cât și *cunoștințe procedurale*, definite ca înțelegerea secvențelor de acțiune și a regulilor implicite sau explicite (Star & Newton, 2009), precum pașii investigației științifice. **Abilitățile științifice** vizează aplicarea practică a acestor cunoștințe în contexte de învățare, prin utilizarea instrumentelor, desfășurarea de experimente, comunicarea rezultatelor și colaborarea în echipă. **Atitudinile științifice** exprimă sistemul de valori și credințe cultivate prin studiul *Biologiei* – curiozitate, spirit de observație și investigație, interpretare critică a datelor și altele (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017).

Curriculumul de *Biologie* promovează patru competențe generale, dintre care cercetarea de față se concentrează asupra primei: „*explorarea sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor, cu instrumente și metode științifice*”, prin dezvoltarea competențelor specifice formate pe parcursul clasei a VII-a. Acestea promovează participarea activă a elevilor la observație, experimentare și investigare. Competențele specifice asociate clasei a VII-a, derivate din competența generală 1 sunt: „*1.1. sistematizarea informațiilor din texte, filme, tabele, desene, scheme, utilizate ca surse pentru explorarea unor sisteme biologice, a unor procese și fenomene; 1.2. realizarea independentă a unor activități de investigare pe baza unor fișe de lucru elaborate de elev; 1.3. asumarea de roluri în cadrul echipei pentru rezolvarea sarcinilor de lucru*” (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017).

Aceste competențe susțin dezvoltarea integrată a cunoștințelor, abilităților și atitudinilor științifice, la clasa a VII-a, după cum urmează (Figura I.4):

1. *Cunoștințe declarative/conceptuale*: achiziția de informații cu privire la funcția de relație și reproducere.
2. *Cunoștințe procedurale*: cunoașterea algoritmilor de investigație care presupun formularea de ipoteze; alegerea metodelor și a instrumentelor; realizarea

observațiilor; colectarea datelor; interpretarea datelor și formularea de concluzii; cunoașterea instrumentelor și a pașilor de realizare a unor preparate microscopice, dar și de realizare a unor experimente demonstrative.

3. *Abilități științifice*: derularea de investigații, realizarea de experimente relevante (de germinație, evidențiere a unor reflexe, sau de acuitate senzorială), precum și abilități de clasificare și îndeplinirea unor sarcini în cadrul echipei.
4. *Atitudini științifice*: dezvoltarea spiritului de observație și investigație, a colaborării în echipă pentru realizarea unor sarcini; interpretarea critică a datelor colectate.

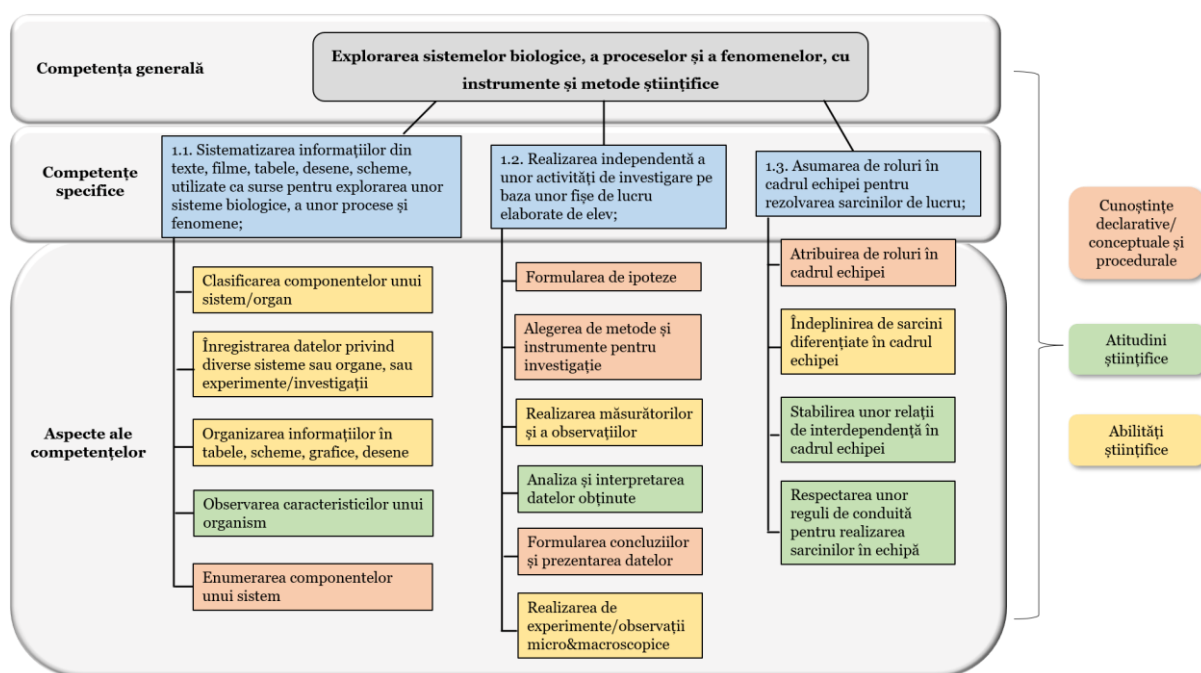


Figura I.4. Componentele și caracteristicile competenței generale 1, la clasa a VII-a, disciplină *Biologie* (figură adaptată după Arnold et al., 2023)

În continuarea analizei privind competențele dezvoltate prin studiul *Biologiei*, este esențială abordarea dimensiunii aplicative a acestora, respectiv procesul de operaționalizare curriculară – tranziția de la curriculumul scris la cel implementat și, în final, la cel realizat. Conform modelului propus de Voiculescu (2011) și completat de Ardelean & Mândruț (2012), acest proces implică patru etape esențiale: (1) *definirea competențelor*: prin documente curriculare ancorate într-un cadru de referință internațional; (2) *structurarea activităților de învățare și a conținuturilor*: care să permită aplicarea și consolidarea competențelor, prin contexte de învățare care presupun activități de investigare, observare și experimentare a fenomenelor biologice, atât în clasă, cât și în alte medii (laborator, natură); (3) *selectarea strategiilor didactice* orientate spre formarea integrată a cunoștințelor, abilităților și atitudinilor,

prin metode active și centrate pe elev – lucrul cu textul sau cu reprezentările grafice, investigația, experimentul, demonstrația, modelarea, dezbateră, studiul de caz, jocul de rol (Bîrnaz, 2019); (4) *evaluarea competențelor*: determinarea unor standarde de evaluare, a unor descriptori de performanță la nivel micro și macro, pentru o evaluare unitară – în această privință se pot avea în vedere dimensiunile *cunoaștere, aplicare sau raționament* (Ministerul Educației și Cercetării, 2019), precum și obiectivele cognitive *cunoaștere, comprehensiune, aplicare, analiză, sinteză, evaluare* (Potolea et al., 2011).

În cele din urmă, capitolul I examinează caracterul interdisciplinar al programei școlare pentru disciplina *Biologie*. Disciplina *Biologie* favorizează o abordare integrată a cunoașterii, prin prezența unor concepte și termeni comuni altor științe din aria curriculară „Matematică și Științe ale naturii”, precum și prin posibilitatea de a transfera și adapta noțiuni din *Fizică* și *Chimie* în explicarea fenomenelor biologice. Activitățile experimentale – cum sunt extracția pigmentilor, evidențierea amidonului sau a fotosintezei – valorifică metode interdisciplinare, consolidând astfel învățarea științifică prin aplicabilitate și contextualizare. Deși finalitățile educaționale evidențiază potențialul integrativ al disciplinei *Biologie*, documentul curricular se dovedește insuficient în oferirea unor repere metodologice clare, pentru abordări interdisciplinare. Atât structura programei școlare, cât și organizarea conținuturilor în manuale mențin o perspectivă preponderent monodisciplinară, ceea ce limitează implementarea unei învățări autentice, colaborative și integrate.

În **Capitolul II. Dezvoltarea competenței de explorare a sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice prin activități practice** este fundamentat teoretic conceptul de „activitate practică” și propusă o clasificare a acestuia în funcție de mediul de desfășurare – în laborator sau în natură. Sunt analizate, de asemenea, principalele forme de învățare angajate prin intermediul acestor activități: învățarea prin investigație, învățarea experiențială, învățarea bazată pe proiect și învățarea prin cooperare, precum și modalitățile de implementare a activităților practice în demersurile educaționale. Capitolul evidențiază și rolul acestora în dezvoltarea competențelor științifice ale elevilor, alături de provocările care pot surveni în procesul integrării lor în activitatea didactică.

Prima parte a capitolului este dedicată clarificării semnificațiilor conceptuale asociate activităților practice care pot fi derulate în laborator (Leite & Dourado, 2013) sau în natură (Bokor et al., 2014). *Activitățile practice desfășurate în laborator* se caracterizează prin controlul riguros al variabilelor, utilizarea echipamentelor științifice și organizarea sistematică conform metodei științifice (Hofstein & Lunetta, 2004; Abrahams & Reiss, 2012). Conform lui

Leite și Dourado (2013), aceste sarcini facilitează dobândirea cunoștințelor procedurale și consolidarea celor conceptuale, prin integrarea aspectelor teoretice cu deprinderile practice. În contextul dezvoltării competenței generale 1, la clasa a VII-a, prin studiul disciplinei *Biologie*, pot fi implementate o serie de activități practice relevante, precum observații micro- și macroscopice, realizarea de preparate microscopice, disecții, evidențierea proceselor fiziologice, investigarea factorilor de mediu asupra germinației și creșterii plantelor, precum și experimente demonstrative (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017). *Activitățile practice desfășurate în natură* oferă elevilor contexte autentice pentru observarea fenomenelor în dinamica lor reală, favorizând dezvoltarea unei atitudini responsabile față de natură (Funderburk, 2016; Dourado & Leite, 2013). Programa școlară pentru disciplina *Biologie* (2017) recomandă, pentru clasa a VII-a, activități precum: observarea influenței factorilor de mediu asupra creșterii și dezvoltării plantelor și animalelor, precum și investigarea comportamentelor de reproducere și mecanismelor de apărare la diferite specii.

Ulterior, capitolul II analizează principalele tipuri de învățare care sunt angajate prin intermediul activităților practice: *învățarea bazată pe investigație*, *învățarea experiențială*, *învățarea bazată pe proiecte*, și *învățarea prin cooperare*, fiecare contribuind specific la formarea competențelor științifice și facilitând explorarea lumii vii.

Învățarea bazată pe investigație (IBL) este un proces centrat pe elev, care presupune formularea de întrebări, planificarea și realizarea experimentelor, colectarea și interpretarea datelor, urmate de prezentarea concluziilor (National Research Council, 1996, p. 23). IBL cuprinde activități de tipul „*mind-on*” (documentare) și „*hands-on*” (experimentare practică) (Llewellyn, 2013) și favorizează dezvoltarea cooperării (Constantinou et al., 2018), a cunoștințelor procedurale (Arnold et al., 2023) și a abilităților științifice (Taramopoulos & Psillos, 2021; Șahintepe et al., 2020). Astfel, IBL oferă un cadru optim pentru dezvoltarea tuturor competențelor specifice derivate din competența generală 1, în special al ultimelor două, în rândul elevilor de clasa a VII-a, prin studiul disciplinei *Biologie*.

Învățarea experiențială (EL) este un proces prin care cunoașterea se construiește prin experiența directă (Kolb, 1984). În educația științifică, EL facilitează dezvoltarea competențelor prin conceptualizarea și transferul experienței din teorie în practică (García-Sánchez & Luján-García, 2016). Conform ciclului lui Kolb (1984), activitățile practice oferă contexte autentice pentru implicare activă, reflecție și structurarea cunoștințelor. Astfel, EL sprijină formarea competenței generale 1 la clasa a VII-a, prin interacțiunea directă cu obiectul de studiu, aspect recomandat și în programa școlară.

Învățarea bazată pe proiecte (PjBL) este o metodă structurată de predare-învățare-evaluare, asemănătoare cu învățarea bazată pe investigație, ce implică elevii în cercetări conduse de întrebări și sarcini concrete, având ca rezultat produse concrete, realizate de către elevi (Krajcik & Blumenfeld, 2006). În domeniul educației științifice, a fost introdusă forma specifică a *învățării științifice bazate pe proiecte* (PBS), care implică elevii în activități similare cercetării științifice și promovează atitudini de cooperare și practici de explorare, investigare, interpretare și prezentare a rezultatelor (Blumenfeld et al., 2000; Markula & Aksela, 2022). De asemenea, acest tip de învățare dezvoltă abilitățile investigative, științifice și practice (Spence et al., 2020; Achappa et al., 2020). Implementarea PjBL poate stimula dezvoltarea competențelor specifice 1.2 și 1.3, pentru elevii din clasa a VII-a, prin studiul disciplinei *Biologie*.

Învățarea prin cooperare (IPC) promovează interacțiunea socială, responsabilitatea individuală și succesul comun (Li & Lam, 2013). În predarea științelor, IPC contribuie la dezvoltarea atitudinilor cooperative (Johnson & Johnson, 1991), a competențelor științifice (Chatila & Husseiny, 2017) și abilităților practice (Okolje et al., 2021), susținând formarea competenței generale 1 și, în special, a competenței specifice 1.3, la elevii din clasa a VII-a.

Capitolul II analizează, ulterior, modalitățile de implementare a activităților practice, în demersul educațional. Acestea includ observații micro- și macroscopice, experimente, demonstrații, investigații și proiecte științifice (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017). Eficiența activităților practice depinde de: utilizarea contextelor formale, non-formale și informale, aplicarea metodelor active, de integrarea tehnologiilor digitale și diversificarea organizării sarcinilor de învățare ale elevilor (Millar, 2010; Marinescu, 2018).

Nu în ultimul rând, capitolul II explorează principalele valențe formative, precum și limitările asociate implementării activităților practice în studiul disciplinei *Biologie*. Printre valențele formative se numără dezvoltarea dimensiunii cognitive și afective, stimularea motivației și aprofundarea înțelegerii conceptuale, precum și consolidarea competențelor de învățare bazate pe cercetare (Wellington, 1998; Babalola et al., 2021; Pols et al., 2021). Activitățile desfășurate în natură extind curriculumul formal și contribuie la dezvoltarea dimensiunii axiologice a elevilor (Bokor et al., 2014; Quave, 2014).

Limitările implementării acestor activități sunt determinate de lipsa dotărilor adecvate (Chala, 2019; Kenyeres et al., 2022), timpul didactic limitat, supraîncărcarea programei (Shana & Abulibdeh, 2020), insuficienta formare continuă a cadrelor didactice (Moore et al., 2020) și o evaluare predominant axată pe cunoștințele teoretice, fără a integra abilitățile practice (Shana & Abulibdeh, 2020).

Capitolul III. Dezvoltarea competenței de explorare a sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice prin intermediul tehnologiilor digitale analizează dimensiunea teoretică și aplicativă a utilizării tehnologiilor digitale (DT), în predarea-învățarea disciplinei *Biologie*, pentru dezvoltarea competenței generale 1. Termenul „tehnologie digitală” este definit prin prisma componentelor *hardware* (computere, tablete, smartphone-uri) și *software* (aplicații digitale, simulatoare, platforme educaționale, inteligență artificială, realitate augmentată și virtuală) (Selwyn et al., 2016).

Lucrarea propune, în acest capitol, un cadru istoric al integrării DT în educație, evidențiind evoluția de la perioada pre-digitală, la cea a computerului personal și internetului, sub influența factorilor sociali, economici și geografici. Analiza diacronică și sincronică subliniază potențialul DT de a susține formarea competențelor științifice, în special în contexte de învățare bazate pe investigație și proiecte (Howard & Mozejko, 2015). Relevanța integrării DT în educație este susținută de politici europene și naționale, precum formarea competențelor digitale (Consiliul Uniunii Europene, 2018), cadrul DigCompEdu (Redecker, 2017) și strategia națională SMART-Edu 2021–2027 (Ministerul Educației și Cercetării, 2020).

Capitolul investighează și particularitățile instruirii mediate de DT evidențiind caracteristici precum accesibilitatea, flexibilitatea, interactivitatea, personalizarea procesului educațional și facilitarea comunicării sincrone și asincrone, care susțin colaborarea între participanți (Ceobanu, 2016; Albulescu, 2021). Ceobanu (2016) subliniază rolul esențial al restructurării informației în sisteme simbolice și al tehnicilor de vizualizare, care facilitează înțelegerea conținuturilor, un aspect esențial pentru predarea științelor, în special a *Biologiei*, prin reprezentarea clară a structurilor celulare, anatomice și a fenomenelor biologice inaccesibile observației directe. Aceste idei sunt susținute de teoria cognitivă a învățării multimedia (Mayer, 2002), care evidențiază eficiența integrării coerente a cuvintelor și imaginilor în procesul educațional.

Capitolul detaliază principalele tipuri de tehnologii digitale utilizate în predarea-învățarea disciplinei *Biologie*, precum *aplicațiile 3D* (BioDigital Human, Anatomy Learning App), *realitatea augmentată* (EON-XR), *simulatoarele online* (Gizmos, Edumedia) și *platformele educaționale* (Mozaweb, iNaturalist), care facilitează explorarea lumii vii și înțelegerea proceselor naturale prin interacțiune directă și vizualizare (Teplá et al., 2022).

În cadrul capitolului al III-lea sunt analizate și tipurile de învățare asociate utilizării tehnologiilor digitale: *e-learning* (Albulescu, 2021), care oferă învățare flexibilă și interactivă la distanță; *blended learning*, care combină instruirea tradițională cu cea online pentru creșterea eficienței (Graham, 2006) și *m-learning*, ce utilizează dispozitive mobile pentru acces continuu

la resurse educaționale în contexte variate (Ceobanu, 2016). Aceste forme de învățare facilitează studiul individual și colaborativ, susținând dezvoltarea competenței de explorare prin simulări, modele virtuale și experimente online, accesibile adesea doar în mediul digital.

Ulterior, capitolul evidențiază specificul integrării DT în activitățile didactice, precum și rolul acestora în facilitarea înțelegerii conceptelor abstracte și a proceselor biologice complexe prin vizualizare interactivă și experimentare virtuală (Hsu et al., 2015). Cercetările indică faptul că, DT sunt utilizate, preponderent, în metode expositive, dar și în activități exploratorii, aplicarea cunoștințelor, învățarea prin cooperare, producerea de resurse digitale și comunicarea asistată de TIC (Valverde-Berrocso et al., 2021). Designul instrucțional al acestor activități se bazează pe teorii educaționale fundamentale precum: *teoria învățării multimedia* (Mayer, 2014), *constructivismul* (Piaget, 1950), *conectivismul* (Siemens, 2005) și *teoria multimodală* (Kress & Van Leeuwen, 2001). *Teoria multimodală* evidențiază utilizarea și integrarea diverselor moduri de comunicare (scris, imagine, sunet, gesturi etc.) pentru construirea unor sensuri complexe, facilitând interpretarea multiplă a semnelor științifice în procesul educațional (Oakes, 2009; Jaipal, 2009; Van Rooy, 2012). Implementarea eficientă a DT depinde semnificativ de modelul TPACK, care definește competențele cadrelor didactice necesare pentru integrarea adecvată a tehnologiei în predare (Aumann et al., 2024).

În final, capitolul III evidențiază principalele avantaje și limite ale învățării mediate de tehnologiile digitale. Beneficiile includ acces extins la resurse, diversificarea experiențelor de învățare, flexibilitate și promovarea colaborării online (Albulescu, 2021). La disciplina *Biologie*, DT sprijină dezvoltarea competențelor științifice prin facilitarea înțelegerii fenomenelor complexe, accesul la fenomene inaccesibile în clasă, susținerea abordării active și colaborative, precum și compensarea lipsei spațiilor sau a dotărilor laboratorului (Higgins et al., 2012; Ceobanu, 2022; Barak, 2017; Wolf, 2009). De asemenea, DT contribuie la dezvoltarea abilităților practice (Valverde-Berrocso et al., 2021) și la consolidarea cunoștințelor declarative și procedurale (Akgun, 2013). Aceste beneficii se datorează facilitării accesului, colectării și analizei datelor științifice prin intermediul DT (Krajcik & Blumenfeld, 2006).

Printre limitele învățării mediate de DT se numără costurile ridicate, decalajul digital în ceea ce privește accesul și competențele tehnologice ale elevilor și profesorilor (Catalano, 2021; Ceobanu, 2022), precum și efectele cognitive negative, cum ar fi amnezia digitală sau scăderea capacității de înțelegere a textului scris (Sparrow et al., 2011; Adam, 2022). Alte dificultăți includ problemele de comunicare autentică, monitorizarea redusă a activității elevilor, probleme tehnice și durata mai mare a activităților digitale în comparație cu metodele tradiționale, toate având un impact asupra eficienței educaționale (Ceobanu, 2022).

Partea a II-a – Cercetarea experimentală – prezintă designul metodologic al studiului, metodele de colectare și analiză a datelor, precum și impactul utilizării sistematice a activităților practice și a tehnologiilor digitale asupra dezvoltării competenței generale 1, la elevii din clasa a VII-a. Această secțiune este structurată în două capitole.

Capitolul IV. Designul cercetării detaliază fundamentele metodologice ale demersului științific întreprins având ca obiect analiza modului în care activitățile practice și tehnologiile digitale sprijină dezvoltarea competenței de explorare a sistemelor, proceselor și fenomenelor biologice. Capitolul debutează cu prezentarea premiselor cercetării, organizate pe trei direcții:

- **curriculară**, ancorată în paradigma formării de competențe și aplicarea eficientă a programei școlare pentru disciplina *Biologie*, la clasa a VII-a;

- **educațională**, care susține integrarea activităților practice și a tehnologiilor digitale ca răspuns la cerințele unei educații moderne și adaptabile;

- **didactică**, axată pe corelarea dintre finalitățile curriculare, tendințele educaționale actuale și strategiile de predare centrate pe elev, în sprijinul dezvoltării competențelor științifice.

Capitolul al IV-lea precizează, în continuare, **scopul cercetării**: investigarea impactului utilizării sistematice a activităților practice și a tehnologiilor digitale asupra dezvoltării competenței generale 1: „*explorarea sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice*” (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017), la elevii din clasa a VII-a, prin studiul disciplinei *Biologie*.

Obiectivele cercetării au avut în vedere analiza impactului unui program de intervenție experimentală, bazat pe integrarea activităților practice și a tehnologiilor digitale, asupra formării competenței generale 1 la elevii de clasa a VII-a, în cadrul disciplinei *Biologie*:

Obiectivul 1 – Proiectarea și implementarea unui program de intervenție experimentală bazat pe utilizarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale, în cadrul disciplinei *Biologie*, la clasa a VII-a, care să susțină formarea competenței generale 1 și a competențelor specifice 1.1, 1.2, 1.3. prin dezvoltarea cunoștințelor, abilităților și atitudinilor asociate acestora.

Obiectivul 2 – Evaluarea nivelului inițial al competenței generale 1, înainte de aplicarea programului de intervenție, în etapa pre-experimentală, la elevii din clasa a VII-a, din lotul experimental și lotul de control, prin măsurarea nivelului de cunoștințe, abilități și atitudini științifice asociate competențelor specifice 1.1, 1.2, 1.3.

Obiectivul 3 – Determinarea nivelului de dezvoltare al competenței generale 1, după implementarea programului de intervenție, în etapa post-experimentală, la elevii din clasa a VII-a, prin compararea rezultatelor obținute de lotul experimental și lotul de

control la subscalele cunoștințe, abilități și atitudini științifice asociate competențelor specifice 1.1, 1.2, 1.3,

Obiectivul 4 – Analiza eficienței programului de intervenție pe termen lung asupra formării competenței generale 1, prin compararea rezultatelor obținute de elevii din lotul experimental la subscalele cunoștințe, abilități și atitudini științifice asociate competențelor specifice 1.1, 1.2, 1.3, în etapa post-experimentală și de retestare.

Obiectivul 5 – Propunerea de strategii didactice integrate pentru dezvoltarea competenței generale 1 și, implicit, a competențelor specifice asociate acesteia (1.1, 1.2, 1.3) bazate pe utilizarea sistematică a activităților practice și tehnologiilor digitale, în procesul de predare-învățare al disciplinei *Biologie*, la elevii din clasa a VII-a.

În acord cu scopul cercetării, demersurile investigative derulate au fost ghidate de următoarele **întrebări de cercetare**:

1. Activitățile practice și tehnologiile digitale îmbunătățesc nivelul de dezvoltare al competenței generale 1: *„explorarea sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice”* (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017), la elevii din clasa a VII-a, prin studiul disciplinei *Biologie*?
2. Utilizarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale, în lecțiile de *Biologie*, determină creșterea nivelului de cunoștințe, abilități și atitudini științifice asociate competenței specifice 1.1.: *„sistematizarea informațiilor din texte, filme, tabele, desene, scheme, utilizate ca surse pentru explorarea unor sisteme biologice, a unor procese și fenomene”* (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017), la elevii din clasa a VII-a?
3. Aplicarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale în cadrul secvențelor de învățare, la disciplina *Biologie*, va determina creșterea nivelului de cunoștințe, abilități și atitudini științifice asociate competenței specifice 1.2.: *„realizarea independentă a unor activități de investigare pe baza unor fișe de lucru elaborate de elev”* (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017), la elevii din clasa a VII-a?
4. Integrarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale în cadrul secvențelor de învățare, la disciplina *Biologie*, va determina creșterea nivelului de cunoștințe, abilități și atitudini științifice asociate competențelor specifice 1.3.: *„asumarea de roluri în cadrul echipei pentru rezolvarea sarcinilor de lucru”* (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017), la elevii din clasa a VII-a?

Pentru atingerea obiectivelor formulate și pentru a oferi un răspuns fundamentat întrebărilor de cercetare, lucrarea a urmărit testarea următoarelor ipoteze:

- **ipoteza generală:** *utilizarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale în predarea și învățarea Biologiei conduce la dezvoltarea eficientă a competenței generale 1: explorarea sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice la elevii din clasa a VII-a.*
- **ipotezele secundare:**
 1. Utilizarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale în predarea și învățarea *Biologiei* va conduce la dezvoltarea eficientă a competenței specifice 1.1.: *„sistematizarea informațiilor din texte, filme, tabele, desene, scheme, utilizate ca surse pentru explorarea unor sisteme biologice, a unor procese și fenomene”* (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017) prin creșterea nivelului de cunoștințe, abilități și atitudini științifice asociate acestora, la elevii din clasa a VII-a.
 2. Aplicarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale în predarea și învățarea *Biologiei* va determina dezvoltarea eficientă a competenței specifice 1.2.: *„realizarea independentă a unor activități de investigare pe baza unor fișe de lucru elaborate de elev”* (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017) prin creșterea nivelului de cunoștințe, abilități și atitudini științifice asociate acestora, la elevii din clasa a VII-a.
 3. Integrarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale în predarea și învățarea *Biologiei* va determina dezvoltarea eficientă a competenței specifice 1.3.: *„asumarea de roluri în cadrul echipei pentru rezolvarea sarcinilor de lucru”* (Programa școlară pentru disciplina *Biologie*, 2017), prin creșterea nivelului de cunoștințe, abilități și atitudini științifice asociate acestora, la elevii din clasa a VII-a.

Ulterior, în cadrul capitolului al IV-lea au fost definite **variabilele cercetării:**

- **variabila independentă:** programul de intervenție experimentală, care implică integrarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale în procesul de predare-învățare al disciplinei *Biologie*, la clasa a VII-a;
- **variabila dependentă:** nivelul de dezvoltare al competenței: *„explorarea sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice”* care se manifestă prin cunoștințele, abilitățile și atitudinile științifice asociate competențelor specifice derivate, la clasa a VII-a.

Cercetarea a inclus un **eșantion de participanți** compus din 176 de elevi de clasa a VII-a, împărțiți în două loturi: experimental (90 elevi) și de control (86 elevi), proveniți din școli gimnaziale urbane din Cluj-Napoca și Bistrița, cu vârste între 13 și 14 ani. Selectarea s-a realizat pe baza diversității performanțelor anterioare obținute la *Biologie*, stabilite în urma consultărilor cu profesorii de la clasă. Niciun participant nu a prezentat cerințe educaționale speciale.

Capitolul IV cuprinde și descrierea **programului de intervenție experimentală**, centrat pe dezvoltarea competenței generale 1, prin utilizarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale (Figura IV.1.). Intervenția a vizat formarea competențelor specifice 1.1, 1.2 și 1.3 și consolidarea cunoștințelor, abilităților și atitudinilor științifice asociate. Alegerea acestui demers a fost susținută de: eficiența activităților practice și a tehnologiilor digitale, demonstrată anterior, teoretic, specificul aplicativ al *Biologiei* și nevoii de adaptare la contextul digital actual.

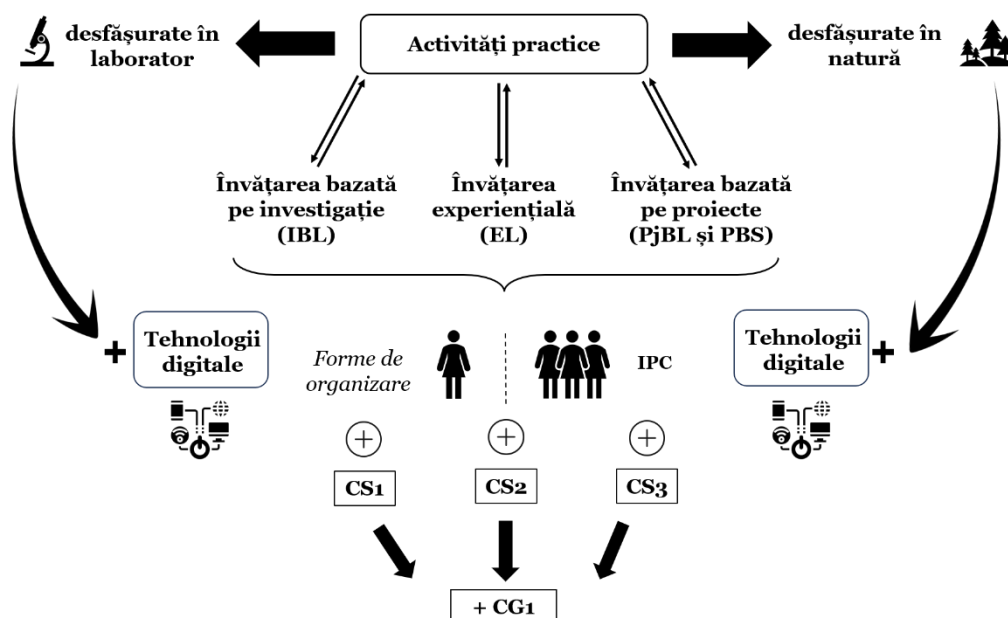


Figura IV.1. Modelul intervenției educaționale bazate pe integrarea tehnologiilor digitale și a activităților practice pentru dezvoltarea competenței generale 1

Programul de intervenție a inclus 40 de activități desfășurate în 20 de săptămâni (octombrie 2023 – mai 2024), axate pe tematici din funcțiile de relație și reproducere, conform programei școlare pentru disciplina *Biologie*, aferentă clasei a VII-a. Activitățile practice au avut loc în laborator, clasă și în natură, și au inclus observarea unor procese și structuri biologice prin experimente, investigații și observații directe. Tehnologii digitale, precum aplicații 3D, realitate augmentată, platforme educaționale și simulatoare, au fost utilizate pentru a sprijini

înțelegerea structurilor anatomice și a proceselor fiziologice. Intervenția s-a bazat pe o varietate de tipuri de învățare activă (învățarea bazată pe investigație, pe proiecte, cooperare, experiențială, *e-learning*, *m-learning* și *blended-learning*) și a promovat o abordare integrată și interdisciplinară. Strategia didactică a valorificat metode activ-participative, lucrul individual și colaborativ, susținând autoevaluarea, reflecția și implicarea activă a elevilor.

În continuare, capitolul IV detaliază **metodele și instrumentele utilizate în cercetare**. Investigația s-a desfășurat într-un cadru mixt, combinând metode cantitative și calitative pentru a evalua în profunzime impactul intervenției educaționale. Principalele metode și instrumente utilizate cuprind: *analiza documentelor curriculare*; *experimentul pedagogic*; *instrumentul de evaluare*; *analiza statistică a datelor*. *Analiza documentelor curriculare* a avut ca obiectiv examinarea comparativă a conținuturilor și structurilor programelor școlare pentru disciplina *Biologie* (2008 și 2017) în vederea identificării scopului, a competențelor vizate și a modului de formare a acestora. *Experimentul pedagogic* a constatat în aplicarea unui program de intervenție experimentală pe durata a 20 de săptămâni (40 de ore), pentru testarea eficienței integrării activităților practice și a tehnologiilor digitale în dezvoltarea competențelor specifice și generale, la clasa a VII-a. *Instrumentul de evaluare* a fost alcătuit din două probe (A și B) (Tabel IV.2.), care au vizat măsurarea cunoștințelor, abilităților și atitudinilor asociate competențelor 1.1, 1.2 și 1.3. *Proba A* a evaluat capacitatea de sistematizare a informațiilor, iar *proba B* a vizat abilitățile practice și investigative, precum și competențele de colaborare.

Competența generală evaluată	Competența specifică evaluată	Proba și tipul de itemi
1. Explorarea sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor, cu instrumente și metode științifice	1.1. Sistematizarea informațiilor din texte, filme, tabele, desene, scheme, utilizate ca surse pentru explorarea unor sisteme biologice, a unor procese și fenomene.	Proba A ➤ Cunoștințe științifice (conceptuale): <u>itemii 3,4,5;11;12</u> ➤ Atitudini: (spiritul de observație și receptivitate): <u>itemii: 8;9;14;15;</u> ➤ Abilități: (de clasificare a informațiilor pe baza imaginilor, schemelor, textelor, etc.): <u>itemii: 1;2;6;7;10;13</u>
	1.2. Realizarea independentă a unor activități de investigare pe baza unor fișe de lucru elaborate de elev.	Proba B ➤ Cunoștințe științifice (procedurale): <u>itemii 1;3;4;</u> ➤ Atitudini: (de colaborare și interpretare critică a informațiilor): <u>itemii: 2;11;12;13;14;15;</u> ➤ Abilități: (practice): <u>itemii: 5;6;7;8;9;10;</u>
	1.3. Asumarea de roluri în cadrul echipei pentru rezolvarea sarcinilor de lucru.	

Tabel IV.2. Probele utilizate pentru evaluarea competenței generale 1 și specifice 1.1, 1.2, 1.3., la clasa a VII-a, la disciplina *Biologie*

Fiecare probă s-a desfășurat pe parcursul a 50 de minute. Proba A a fost aplicată individual, iar proba B, în echipe de câte doi elevi. Conceperea itemilor a avut la bază recomandările Consiliului European (2018), care definesc competențele ca un ansamblu de cunoștințe, abilități și atitudini, obiectivele cognitive formulate de Potolea et al. (2011), precum și dimensiunile cognitive din Reperele metodologice pentru Biologie (2020–2021): *cunoaștere, aplicare și raționament*.

Analiza statistică a datelor a inclus validarea instrumentului de evaluare și compararea rezultatelor obținute de lotul experimental și cel de control în cele trei etape ale cercetării: pre-test, post-test și re-test. Prelucrarea și interpretarea datelor s-a realizat cu programul IBM SPSS Statistics (v. 29), iar reprezentarea grafică a fost realizată în GraphPad Prism (v. 10.2.3).

Probele de evaluare utilizate au fost validate, în etapa pre-experimentală, în septembrie, 2022, pe un eșantion de 52 de elevi din două clase. Validarea statistică a inclus analiza consistenței interne, prin coeficientul **Cronbach's Alpha**, calculat atât pentru proba totală, cât și pentru subscalele aferente (cunoștințe, abilități și atitudini științifice). Totodată, s-a măsurat și coeficientul de **corelație Pearson** pentru a stabili relația dintre itemii aferenți fiecărei subscale. Datele obținute indică o consistență internă bună și corelații semnificative, validând, astfel instrumentul de evaluare pentru măsurarea impactului intervenției educaționale.

- Proba A (total): $\alpha = 0,91$ (consistență foarte bună)

Subscală	Cronbach's Alpha	Corelații Pearson	Interpretare corelații
Cunoștințe științifice	$\alpha = 0,84$ (consistență foarte bună)	- $r = 0,741$ (itemii 11 și 12); - $r = 0,621$ (itemii 3 și 12); - $r = 0,3-0,6$ (restul itemilor); - $p < 0,001$;	Corelațiile semnificative și moderate–puternice indică o coerență internă ridicată reflectând similaritatea constructelor măsurate.
Abilități științifice	$\alpha = 0,78$ (consistență bună)	- $r = 0,738$ (itemii 1 și 2); - $r = 0,693$ (itemii 1 și 13), - $r = 0,690$ (itemii 10 și 13); - $r = 0,29 - 0,73$ (restul itemilor) - $p < 0,05/0,001$;	Toți itemii sunt corelați semnificativ; valorile ridicate confirmă consistența constructului măsurat.
Atitudini științifice	$\alpha = 0,73$ (consistență bună)	- $r = 0,846$ (itemii 9 și 14); - $r = 0,3-0,7$ (restul itemilor); - $p < 0,05/0,001$; - excepție: itemii 8 și 14 ($r = 0,182$, nesemnificativă);	Itemii asociați subscalei atitudini științifice, din cadrul probei A, măsoară aceleași concepte; lipsa de corelație între itemii 8 și 14 poate fi explicată prin natura diferită a itemilor (obiectiv vs. semi-obiectiv).

Tabel centralizator. Analiza de validare statistică pentru proba A

- Proba B (total): $\alpha = 0,85$ (consistență foarte bună)

Subscală	Cronbach's Alpha	Corelații Pearson	Interpretare corelații
Cunoștințe științifice	$\alpha = 0,78$ (consistență bună)	- $r = 1$ (itemii 3 și 4); - $r = 0,48-1$ (restul itemilor); - $p < 0,001$;	Corelațiile semnificative – medii și foarte puternice indică o coerență conceptuală.
Abilități științifice	$\alpha = 0,91$ (consistență foarte bună)	- $r = 0,894$ (itemii 8 și 10); - $r = 0,888$ (itemii 7 și 10); - $r = 0,826$ (itemii 8 și 9); - $r = 0,809$ (itemii 9 și 10); - $r = 0,28-0,89$ (restul itemilor); - $p < 0,05/0,001$;	Toți itemii sunt corelați semnificativ; valorile ridicate confirmă faptul că itemii evaluează un construct unitar.
Atitudini științifice	$\alpha = 0,83$ (consistență foarte bună)	- $r = 0,974$ (itemii 11 și 12); - $r = 0,3 - 0,7$ (restul itemilor); - $p < 0,05/0,001$; - excepție: itemii 2 și 12 ($r = 0,224$, nesemnificativă);	Itemii asociați subscalei atitudini științifice, din cadrul probei B, sunt corelați mediu și puternic, prin urmare, măsoară aceleași concepte; lipsa de corelație între itemii 2 și 12 poate fi explicată prin natura diferită a itemilor (obiectiv vs. semi-obiectiv).

Tabel centralizator. Analiza de validare statistică pentru proba B

Capitolul IV descrie, de asemenea, *etapele cercetării experimentale: pre-experimentală, experimentală, post-experimentală* și de *retestare*. În *etapa pre-experimentală* s-a conceput și validat instrumentul de evaluare, alcătuit din cele două probe (A și B) pentru clasa a VII-a, folosind coeficienții **Cronbach's Alpha** și **Pearson** (anul școlar 2022-2023); au fost stabilite loturile experimental și de control; s-a elaborat un program de intervenție cu 40 de activități pe aproximativ 20 de săptămâni și s-a aplicat testarea inițială (anul școlar 2023-2024). *Etapa experimentală* (octombrie 2023 – mai 2024) a constat în aplicarea programului de intervenție bazat pe activități practice și tehnologii digitale. *Etapa post-experimentală* (iunie 2024) a evaluat impactul imediat al intervenției prin testarea finală a ambelor loturi. *Retestarea* (octombrie–noiembrie 2024) a măsurat durabilitatea rezultatelor prin re-aplicarea testului doar asupra lotului experimental.

Întreaga cercetare a avut în vedere respectarea principiilor etice care vizează toate dimensiunile procesului științific: de la formularea scopului și selectarea metodelor, la desfășurarea activităților educaționale, utilizarea resurselor, interacțiunea cu participanții și până la analiza și raportarea rezultatelor. Astfel s-a asigurat nu doar validitatea științifică a cercetării, ci și responsabilitatea morală a cercetătorului în raport cu domeniul, instituțiile implicate și persoanele participante.

Capitolul V. Rezultatele cercetării experimentale prezintă comparativ rezultatele obținute de loturile experimental și de control la probele A și B, care evaluează cunoștințele, atitudinile și abilitățile științifice aferente competențelor specifice 1.1, 1.2 și 1.3, în cele trei etape ale cercetării: pre-experimentală, post-experimentală și de re-testare. Totodată, sunt analizate și interpretate rezultatele obținute în cadrul fiecărui lot, cu scopul de a evidenția evoluția participanților pe parcursul cercetării.

În **etapa pre-experimentală**, s-a urmărit stabilirea nivelului inițial de performanță al elevilor din cele două loturi, prin aplicarea probelor A și B inițiale, iar rezultatele au fost analizate statistic, fiind calculate mediile generale și cele corespunzătoare fiecărei subscale.

Rezultatele obținute la proba A, în etapa pre-experimentală

Rezultatele obținute în cadrul probei A inițiale, care a evaluat gradul de dezvoltare al competenței specifice 1.1, au relevat un nivel similar de pregătire între grupul experimental și cel de control, confirmând astfel omogenitatea eșantionului (Tabelul V.1, Figura V.1). Mediile apropiate și distribuția echilibrată a notelor au indicat un nivel scăzut al performanțelor inițiale (notele situându-se în jurul valorii de 4), aspect ce a subliniat necesitatea unei intervenții didactice menite să sprijine dezvoltarea competenței specifice 1.1.

	lot	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
media	experimental	90	40,244	19,1618	2,0198
	control	86	42,262	16,1798	1,7447

Tabel V.1. Mediile obținute de lotul experimental și lotul de control, la proba A, în etapa pre-experimentală

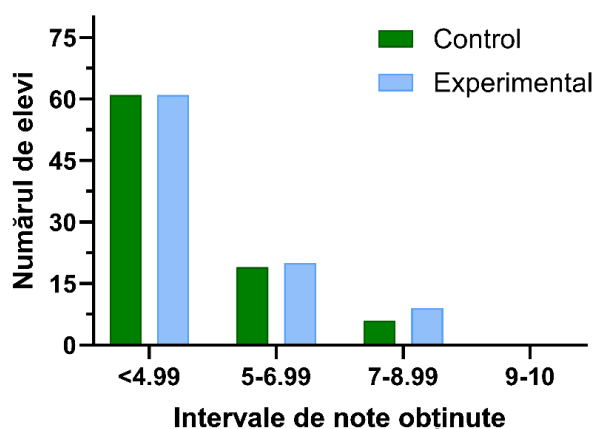


Figura V.1. Notele obținute de elevii din lotul de control și lotul experimental, la proba A, în etapa pre-experimentală

Deși lotul de control a înregistrat o medie ușor mai ridicată, diferența observată nu a fost semnificativă din punct de vedere statistic ($p > 0,05$), conform testului t pentru eșantioane independente (Tabelul V.2). Astfel, ipoteza nulă (H_0 – nu există diferențe semnificative între loturi) a fost acceptată, iar ipoteza alternativă (H_1 – există diferențe semnificative) a fost respinsă. Acest rezultat a confirmat faptul că ambele grupuri de cercetare au pornit de la un nivel comparabil al performanțelor academice, aspect esențial pentru o evaluare obiectivă a eficienței intervenției didactice.

Independent Samples Test								
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
media	Equal variances assumed	4,513	,035	-,753	,226	,453	-2,0172	2,6793
	Equal variances not assumed			-,756	,225	,451	-2,0172	2,6690

Tabel V.2. Rezultatele testului t pentru media notelor obținute de lotul de control și lotul experimental, la proba A, în etapa pre-experimentală

Analiza scorurilor obținute pe subscalele cunoștințe, atitudini și abilități științifice (Figura V.2) a relevat un nivel scăzut de dezvoltare al competenței 1.1 în ambele loturi, cu medii de aproximativ 7/17,5, 8/31 și 16/41,5. Absența diferențelor semnificative între loturi a fost susținută de rezultatele testului t pentru eșantioane independente (Tabelul V.4), valorile p fiind mai mari de 0,05 pentru toate subscalele.

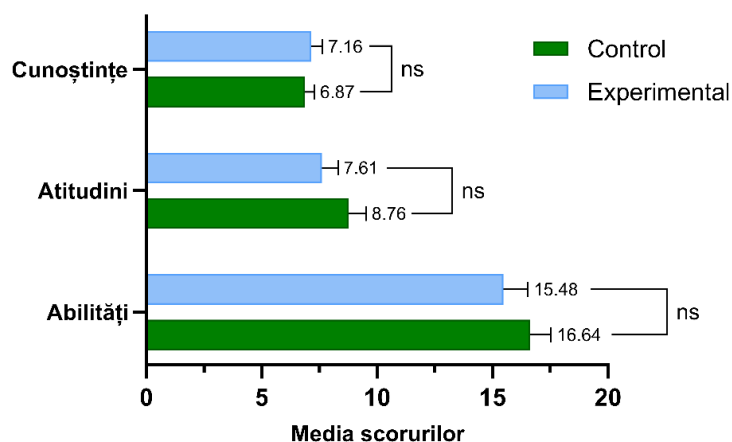


Figura V.2. Media scorurilor obținute de elevii din lotul de control și experimental pe subscalele cunoștințe, abilități și atitudini, la proba A, în etapa pre-experimentală

Independent Samples Test								
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F.	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
cunoștințe	Equal variances assumed	3,641	,058	,454	174	,650	,2893	,6374
	Equal variances not assumed			,455	172,567	,649	,2893	,6354
atitudini	Equal variances assumed	0,252	0,616	-1,111	174	0,268	-1,1447	1,03008
	Equal variances not assumed			-1,11	171,828	0,269	-1,1447	1,03165
abilități	Equal variances assumed	5,041	,026	-,838	174	,403	-1,1618	1,3871
	Equal variances not assumed			-,841	170,599	,401	-1,1618	1,3812

Tabel V.4. Rezultatele testului t pentru media scorurilor pe subscalele cunoștințe, atitudini, abilități, obținute de lotul experimental comparativ cu lotul de control, la proba A, în etapa pre-experimentală

Rezultatele au fost conforme cu așteptările, având în vedere că evaluarea a fost realizată la începutul clasei a VII-a, după vacanța școlară, iar competențele vizate urmau să fie dezvoltate ulterior. Astfel, s-a confirmat că, inițial, ambele loturi aveau un nivel echivalent al cunoștințelor, abilităților și atitudinilor științifice asociate competenței 1.1, oferind un cadru echilibrat și valid pentru evaluarea intervenției.

Rezultatele obținute la proba B, în etapa pre-experimentală

Rezultatele obținute la proba B inițială, prezentate în Tabelul V.5 și Figura V.3, au indicat faptul că loturile experimental și de control au avut un nivel relativ echivalent de formare al competențelor specifice 1.2 și 1.3. Distribuția echilibrată a notelor pe intervale (<4,99; 5–6,99; 7–8,99; 9–10) a confirmat omogenitatea eșantionului și validitatea comparativă a intervenției.

	lot	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
media	experimental	90	53,1389	11,76527	1,24017
	control	86	55,8837	14,72926	1,58830

Tabel V.5. Mediile obținute de lotul experimental și lotul de control, la proba B, în etapa pre-experimentală

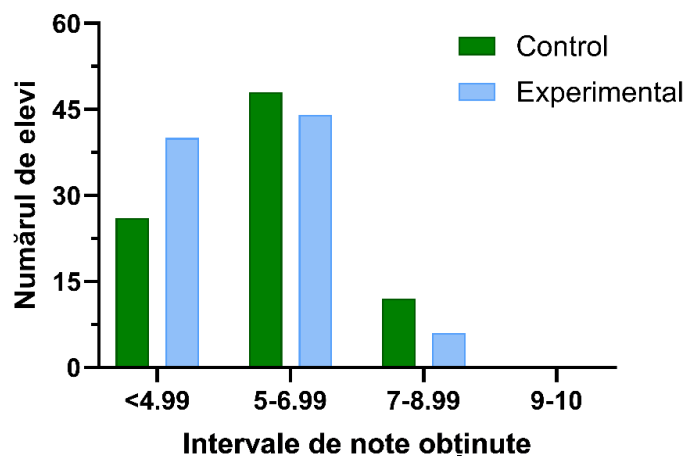


Figura V.3. Notele obținute de elevii din lotul de control și lotul experimental, la proba B, în etapa pre-experimentală

Mediile generale ale celor două loturi, la proba B, au depășit pragul notei 5, spre deosebire de media de aproximativ 4 înregistrată la proba A. Această diferență poate fi explicată prin caracterul colaborativ al probei B, care a presupus realizarea activităților în echipă. Cu toate acestea, nivelul relativ scăzut al performanțelor medii a evidențiat necesitatea intervenției didactice pentru dezvoltarea competențelor și a indicat o expunere insuficientă anterioară la activități practice și de investigare.

Analiza comparativă a mediilor celor două loturi, realizată prin testul t pentru eșantioane independente (Tabelul V.6), a confirmat o diferență nesemnificativă statistic ($p > 0,05$). Astfel, s-a acceptat ipoteza nulă (H_0 – nu există diferențe semnificative între cele două loturi) și s-a respins ipoteza alternativă (H_1), confirmându-se faptul că nivelul de pregătire inițial, al celor două grupuri, a fost unul comparabil.

Independent Samples Test								
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
media	Equal variances assumed	3,425	,066	-1,369	174	,173	-2,74483	2,00497
	Equal variances not assumed			-1,362	162,53	,175	-2,74483	2,01512

Tabel V.6. Rezultatele testului t pentru media notelor obținute de lotul de control și lotul experimental, la proba B, în etapa pre-experimentală

Scorurile obținute pe cele trei subscale măsurate prin proba B (Figura V.4) au evidențiat faptul că lotul de control a înregistrat un avantaj semnificativ din punct de vedere statistic ($p < 0,05$) doar la nivelul subscalei cunoștințe (media 9,86 față de 7,57 din 28), sugerând un nivel inițial mai ridicat în ceea ce privește cunoștințele procedurale. În schimb, pentru subscalele atitudini și abilități, diferențele între loturi nu au fost semnificative ($p > 0,05$), mediile fiind apropiate (aproximativ 16 din 32, respectiv 19 din 30), ceea ce a confirmat echilibrul inițial între loturi și pentru aceste subscale ale competențelor (Tabelul V.8).

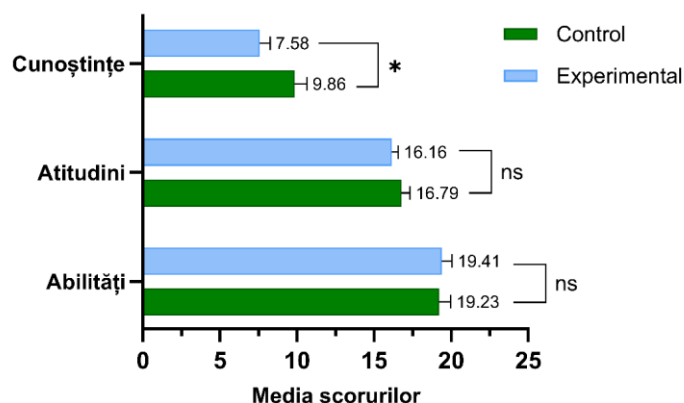


Figura V.4. Media scorurilor obținute de elevii din lotul de control și lotul experimental pe subscalele cunoștințe, atitudini și abilități, la proba B, în etapa pre-experimentală

Independent Samples Test								
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F.	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
cunoștințe	Equal variances assumed	2,703	,102	-2,189	174	,030	-2,28269	1,04300
	Equal variances not assumed			-2,183	169,377	,030	-2,28269	1,04586
atitudini	Equal variances assumed	4,930	,028	-,947	174	,345	-,63514	,67088
	Equal variances not assumed			-,941	159,986	,348	-,63514	,67475
abilități	Equal variances assumed	1,481	,225	,175	174	,861	,17300	,98875
	Equal variances not assumed			,175	171,031	,862	,17300	,99070

Tabel V.8. Rezultatele testului t pentru media scorurilor pe subscalele cunoștințe, atitudini, abilități, obținute de lotul experimental comparativ cu lotul de control, la proba B, în etapa pre-experimentală

În concluzie, datele obținute la proba B au indicat un nivel similar al competențelor specifice 1.2 și 1.3 în cazul celor două loturi, înainte de intervenția experimentală. Totodată, scorurile relativ scăzute au subliniat necesitatea unei abordări didactice bazate pe activități practice, de investigare și cooperare, menite să sprijine formarea și consolidarea cunoștințelor procedurale, a abilităților și a atitudinilor științifice.

În *etapa post-experimentală* a fost evaluat impactul programului de intervenție asupra formării competenței generale 1, prin măsurarea cunoștințelor, atitudinilor și abilităților științifice aferente celor trei competențe specifice, utilizând probele finale A și B. Acestea au fost aplicate ambelor loturi, iar analiza comparativă a inclus atât scorurile totale, cât și mediile pe subscale. Pentru identificarea diferențelor între grupuri s-a utilizat testul t pentru eșantioane independente, iar pentru evaluarea progresului în cadrul fiecărui lot – testul t pentru eșantioane perechi. În plus, a fost calculat și interpretat indicele d al lui Cohen, pentru a determina mărimea efectului intervenției.

Rezultatele obținute la proba A, în etapa post-experimentală

Rezultatele obținute la proba A în etapa post-experimentală au evidențiat o creștere semnificativă a performanței elevilor din lotul experimental față de cei din lotul de control. Diferența de 23,71 puncte între medii (71,04 față de 47,32 din 100) indică un impact educațional relevant. Testul t pentru eșantioane independente a confirmat semnificația statistică a diferenței ($t = 10,01$, $p < 0,001$), iar valoarea ridicată a efectului ($d = 1,51$) susține eficiența intervenției didactice bazate pe activități practice și tehnologii digitale în dezvoltarea competenței specifice 1.1.

	lot	N	Mean	SD	SEM	t	p	d
media	experimental	90	71,044	15,31	1,61	10,01	<,001	1,51
	control	86	47,326	16,11	1,73			

Tabel centralizator: *Comparații medii post-test între loturile de control și experimental, la proba A (Tabel V.9-V.10)*

Diferențele dintre loturi sunt susținute și de distribuția scorurilor (Figura V.5): peste 80% dintre elevii din lotul experimental au obținut note mai mari de 5, comparativ cu aproximativ 50% în lotul de control. Deși în intervalul 5–6,99 distribuția a fost echilibrată, diferențele au devenit evidente în intervalul 7–8,99, unde peste jumătate dintre elevii din lotul experimental

s-au situat, față de doar cinci elevi din lotul de control. Deși doar un număr redus de elevi din lotul experimental au atins intervalul 9–10, absența completă a acestui rezultat în cazul lotului de control subliniază, totuși, un efect pozitiv al intervenției.

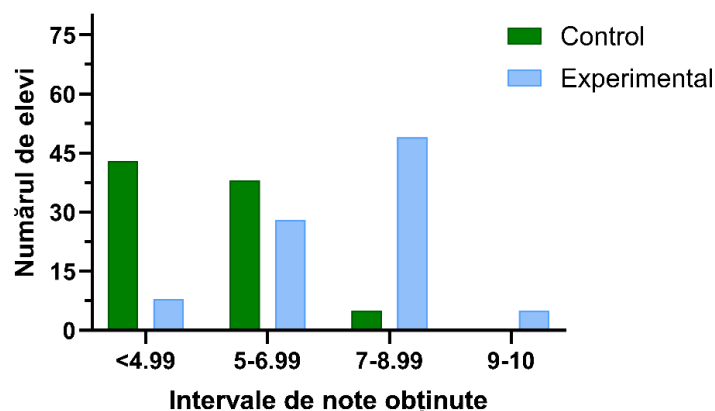


Figura V.5. Notele obținute de elevii din grupul control și experimental, la proba A, în etapa post-experimentală

Analiza comparativă a scorurilor pe subscalele cunoștințe, abilități și atitudini a evidențiat eficiența programului de intervenție, elevii din lotul experimental înregistrând îmbunătățiri semnificative la toate cele trei dimensiuni comparativ cu elevii din lotul de control.

subscale	lot	N	Mean	SD	SEM	t	p	d
cunoștințe	experimental	90	11,750	3,43	0,36	9,385	<,001	1,415
	control	86	6,686	3,72	0,40			
atitudini	experimental	90	16,189	6,91	0,72	4,634	<,001	0,699
	control	86	11,081	7,69	0,82			
abilități	experimental	90	33,106	7,29	0,76	11,353	<,001	1.712
	control	86	19,558	8,51	0,91			

Tabel centralizator: *Comparații între mediile obținute de lotul experimental și de control, în post-test, la subscalele cunoștințe, atitudini și abilități, la proba A (Tabel V.11-V.12)*

La subscala cunoștințe, lotul experimental a obținut un scor mediu de 11,75 (din 17,5), semnificativ mai mare decât cel al lotului de control (6,69), efectul puternic al intervenției fiind confirmat și de indicele $d = 1,415$. În ceea ce privește atitudinile științifice, scorul mediu al lotului experimental (16,19 din 31) a depășit rezultatul lotului de control (11,08), impactul intervenției fiind moderat ($d = 0,699$), posibil datorită ritmului mai lent de formare a atitudinilor

și influenței unor factori externi. Cele mai mari diferențe s-au înregistrat la subscala abilități, unde scorul mediu al lotului experimental (33,1 din 41,5) a depășit cu 13,55 puncte scorul lotului de control (19,56), evidențiind un efect foarte puternic al intervenției ($d = 1,712$) asupra dezvoltării capacităților de sistematizare a informațiilor.

Testul t pentru eșantioane independente a evidențiat diferențe semnificative între loturi la toate cele trei subscale, valorile p ($< 0,001$) confirmând respingerea ipotezei nule (nu există diferențe statistic semnificative între scorurile medii pe subscale). În consecință, se poate concluziona că utilizarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale a avut un impact pozitiv asupra formării competenței specifice 1.1, prin dezvoltarea cunoștințelor, abilităților și atitudinilor aferente, susținând **validarea ipotezei secundare 1**.

Pentru evaluarea progresului, s-a realizat o analiză intragrup, pentru ambele loturi, între etapele pre- și post-experimentală. În cazul lotului de control, scorul mediu la proba A a crescut de la 42,33 la 47,32 (din 100), indicând un progres modest. Diferența de aproximativ 5 puncte este statistic semnificativă ($t = 3,523$; $p < 0,001$), dar valoarea indicelui d a lui Cohen (0,38) a sugerat un efect de magnitudine mică spre medie. În ansamblu, rezultatele au evidențiat că, în lipsa unui program de intervenție structurat, îmbunătățirile înregistrate sunt limitate și se pot datora evoluției firești în procesul educațional.

	test	N	Mean	SD	SEM	t	p	d
media	Post-test	86	47,32	16,11	1,73	3,52	<,001	0,38
	Pre-test	86	42,33	16,13	1,74			

Tabel centralizator: *Comparații medii pre-test – post-test obținute de lotul de control, la proba A (Tabel V.13-V.14)*

Distribuția scorurilor (Figura V.7) a evidențiat o ameliorare moderată a performanței în lotul de control: scăderea numărului de elevi cu note sub 4,99 și creșterea celor în intervalul 5–6,99, în timp ce scorurile superioare (7–10) au rămas constante. Acest progres poate fi asociat exersării continue și momentului favorabil al re-evaluării (la finalul anului școlar).

Comparativ, analiza pe subscale a indicat progrese semnificative din punct de vedere statistic doar la subscalele „atitudini” (+2,33) și „abilități” (+2,92), în timp ce scorul mediu la „cunoștințe” a scăzut ușor (Figura V.8). Valorile indicilor de efect susțin aceste constatări: $d = 0,341$ pentru abilități și $d = 0,295$ pentru atitudini indică efecte mici spre moderate, în timp ce pentru cunoștințe diferența nu a fost semnificativă. Testul t pentru eșantioane perechi a

confirmat, de asemenea, aceste rezultate: $p > 0,05$ și $t = -0,467$ pentru cunoștințe (ipoteza nulă acceptată), iar pentru atitudini ($t = 2,733$) și abilități ($t = 3,166$), $p < 0,05$ a indicat diferențe semnificative din punct de vedere statistic între pre- și post-test (Tabelul V.15).

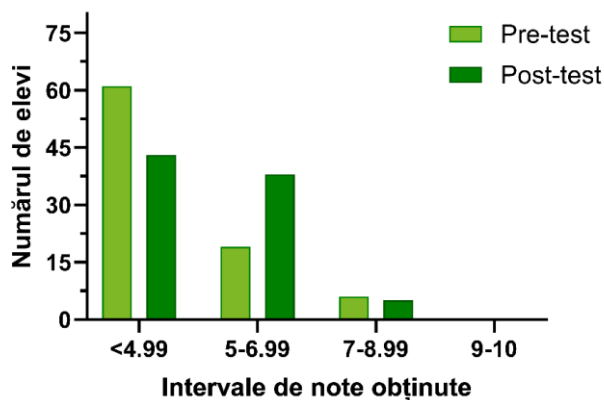


Figura V.7. Notele obținute de elevii din lotul de control, la proba A, la pre-test și post-test

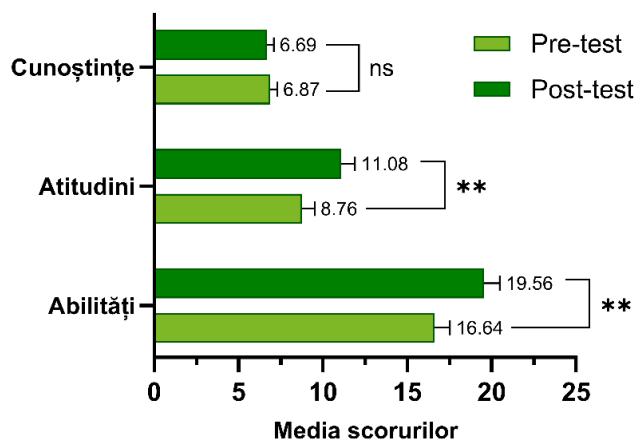


Figura V.8. Media scorurilor pe subscale obținute de lotul de control la pre și post-test, pentru proba A

Paired samples test						
subscale	Mean	SD	SEM	t	df	Two-Sided p
cunoștințe_posttest - cunoștințe_pretest	-,1802	3,5817	,3862	-,467	85	,642
atitudini_posttest - atitudini_pretest	2,3256	7,8926	,8511	2,733	85	,008
abilități_posttest - abilități_pretest	2,9186	8,5501	,9220	3,166	85	,002

Tabel V.15. Rezultatele testului t pentru compararea mediilor scorurilor pe subscalele cunoștințe, atitudini și abilități obținute de lotul de control, la proba A, la pre-test și post-test

Analiza comparativă a scorurilor obținute în cadrul lotului experimental, între etapa pre-experimentală și cea post-experimentală, a evidențiat o creștere semnificativă a performanței elevilor, susținând eficiența programului de intervenție implementat. Media scorurilor la post-test (71,04 puncte) a reflectat o îmbunătățire substanțială față de media pre-testului (40,24 puncte), diferența de +30,8 puncte fiind semnificativă din punct de vedere statistic ($t = 14,188$; $p < 0,001$). De asemenea, valoarea ridicată a indicelui efectului ($d = 1,496$) a indicat un impact puternic al intervenției asupra rezultatelor obținute de elevi.

	test	N	Mean	SD	SEM	t	p	d
media	Post-test	90	71,044	15,31	1,61	14,18	<,001	1,49
	Pre-test	90	40,244	19,16	2,01			

Tabel centralizator: *Comparații medii pre-test – post-test obținute de lotul experimental, la proba A (Tabel V.16-V.17)*

Distribuția scorurilor susține concluziile statistice, întrucât, în etapa pre-experimentală, acestea au fost dispersate preponderent în zona inferioară a scalei (mediana în jurul valorii 40), în timp ce în etapa post-experimentală s-a observat o concentrare clară a valorilor în zona superioară (mediana în jurul valorii 75), alături de o reducere a variabilității, sugerând o uniformizare a progresului în rândul participanților (Figura V.9).

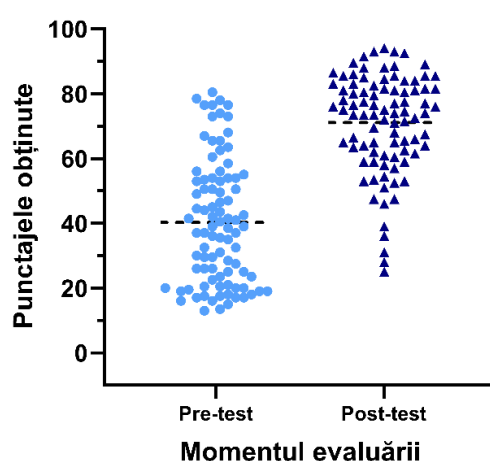


Figura V.9. Dispersia punctajelor obținute de elevii din lotul experimental, la proba A, la pre-test și post-test

Progresele semnificative sunt confirmate și prin analiza pe subscale, unde au fost înregistrate creșteri importante ale mediilor scorurilor (Figura V.10). Astfel, la subscala cunoștințe, scorul mediu a crescut de la 7,16 la 11,75 puncte (din 17,5), cu un indice al efectului de $d = 0,939$, indicând un impact semnificativ al activităților practice și al tehnologiilor digitale asupra dobândirii cunoștințelor conceptuale. În cazul subscalei atitudini, scorul s-a dublat (de la 7,61 la 16,19 din 31), iar valoarea indicelui $d = 1,002$ a confirmat un efect puternic al intervenției și asupra dezvoltării spiritului de observație și a receptivității. Rezultatele **validează ipoteza secundară 1**. Cu toate acestea, nivelul performanței rămâne sub potențialul maxim, ceea ce sugerează necesitatea extinderii și consolidării acestor strategii educaționale pe termen lung pentru a maximiza eficiența formativă.

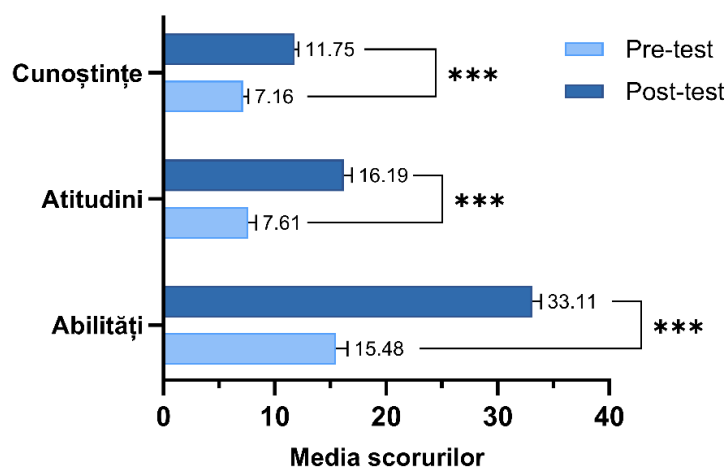


Figura V.10. Media scorurilor pe subscale obținute de lotul experimental la pre-test și post-test, în cadrul probei A

subscale	Mean	N	SD	SEM	t	p	d
cunoștințe_posttest	11,75	90	3,4325	0,36	8,909	<,001	0,939
cunoștințe_pretest	7,15	90	4,4988	0,47			
atitudini_posttest	16,18	90	6,9183	0,72	9,502	<,001	1,002
atitudini_pretest	7,61	90	6,6039	0,69			
abilități_posttest	33,10	90	7,2946	0,76	15,684	<,001	1,653
abilități_pretest	15,47	90	9,9972	1,05			

Tabel centralizator: Comparații între mediile obținute de lotul experimental, în pre-test și post-test, la subscalele cunoștințe, atitudini și abilități, la proba A (Tabel V.18-V.19)

Rezultatele obținute la proba B, în etapa post-experimentală

Rezultatele obținute la proba B finală, în etapa post-experimentală, au confirmat eficiența intervenției, evidențiind un impact semnificativ al variabilei independente asupra celei dependente, atât la nivelul scorurilor generale, cât și al scorurilor pe subscale, în cadrul lotului experimental. Media scorurilor în lotul experimental ($M = 73,62$) a depășit cu 17,49 puncte media lotului de control ($M = 56,13$), diferența fiind semnificativă din punct de vedere statistic ($t = 8,918$; $p < 0,001$), ceea ce a reflectat un efect pozitiv puternic al programului aplicat.

	lot	N	Mean	SD	SEM	t	p	d
media	experimental	90	73,62	12,84	1,35	8,91	<,001	1,34
	control	86	56,13	13,15	1,41			

Tabel centralizator: *Comparații medii post-test între loturile de control și experimental, la proba B (Tabel V.20-V.21)*

Distribuția notelor confirmă diferențele semnificative între loturi (Figura V.11). În lotul de control, majoritatea elevilor au obținut scoruri sub 7 (25% sub 5 și 60% între 5–6,99), iar doar 13% s-au situat între 7–8,99. În lotul experimental, doar 4% au avut scoruri sub 5, în timp ce 60% s-au încadrat între 7–8,99 și 6,67% între 9–10. Aceste diferențe au fost susținute de un indice d ridicat (1,345), indicând un impact foarte mare al intervenției asupra formării competențelor specifice 1.2 și 1.3. Luând în considerare rezultatele obținute, se poate afirma că, intervenția experimentală bazată pe integrarea activităților practice și a tehnologiilor digitale a influențat pozitiv dezvoltarea elevilor din lotul experimental.

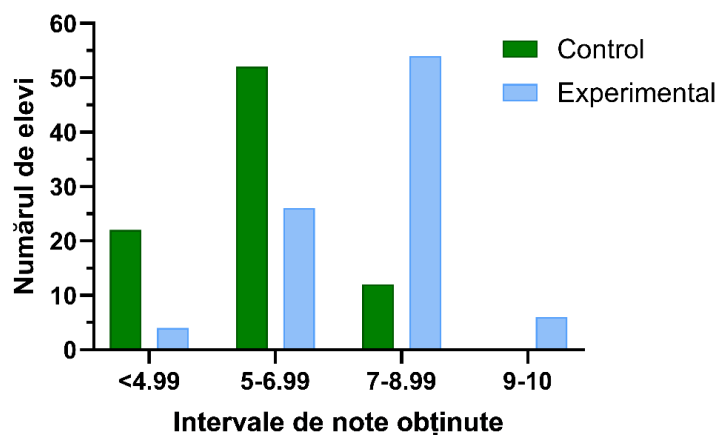


Figura V.11. Notele obținute de elevii din lotul de control și lotul experimental, la proba B, în etapa post-experimentală

Analiza comparativă a scorurilor obținute pe subscalele cunoștințe, abilități și atitudini au relevat eficiența programului de intervenție aplicat asupra lotului experimental. Rezultatele au indicat îmbunătățiri semnificative pentru elevii expuși intervenției educaționale, la toate cele trei subscale (Figura V.12).

subscale	lot	N	Mean	SD	SEM	t	p	d
cunoștințe	experimental	90	20,05	7,97	0,84	7,558	<,001	1,140
	control	86	11,09	7,74	0,83			
atitudini	experimental	90	19,22	5,53	0,58	5,206	<,001	0,785
	control	86	14,61	6,19	0,66			
abilități	experimental	90	24,34	6,17	0,65	4,614	<,001	0,693
	control	86	20,4302	5,04	0,54			

Tabel centralizator: *Comparații între mediile obținute de lotul experimental și de control, în post-test, la subscalele cunoștințe, atitudini și abilități, la proba B (Tabel V.22-V.23)*

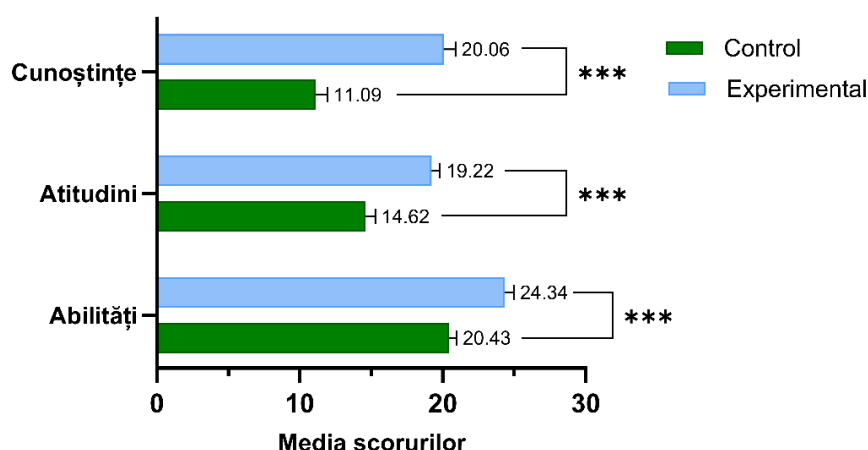


Figura V.12. Media scorurilor obținute de elevii din lotul de control și lotul experimental pe subscalele cunoștințe, atitudini și abilități, la proba B, în etapa post-experimentală

Cea mai mare diferență între loturi s-a înregistrat la subscala cunoștințe procedurale, unde lotul experimental a obținut o medie de 20,05 din 28, față de 11,09 a lotului de control. Indicele $d = 1,140$ a indicat un efect puternic al intervenției, evidențiind dobândirea de cunoștințe solide privind formularea investigațiilor științifice și utilizarea instrumentelor de laborator. La subscala atitudini (colaborare și interpretare critică), media lotului experimental a fost de 19,22, cu 4,61 puncte peste lotul de control (14,61), iar valoarea indicelui $d = 0,785$ a sugerat un efect moderat spre ridicat. Intervenția a contribuit astfel la dezvoltarea unor atitudini

de colaborare și interpretare critică, stimulate prin activitățile de echipă și analiza concluziilor. În cazul abilităților practice, scorul mediu a fost de 24,34 față de 20,43, cu un efect moderat ($d = 0,693$), reflectând o mai bună capacitate a elevilor de a aplica cunoștințele în activități practice și experimentale.

Toate aceste diferențe au fost confirmate statistic prin testul t pentru eșantioane independente ($t = 7,558; 5,206; 4,614; p < 0,001$) ceea ce a susținut respingerea ipotezei nule (nu există nicio diferență statistic semnificativă) și **validarea ipotezelor secundare 2 și 3**. Astfel, intervenția bazată pe activități practice și tehnologii digitale a influențat pozitiv formarea competențelor specifice 1.2 și 1.3. prin dezvoltarea subscalelor asociate acestora.

Și în cazul probei B, s-a realizat o comparație intragrup între pre- și post-test pentru ambele loturi, în vederea evaluării progresului. În lotul de control, analiza scorurilor nu a evidențiat diferențe statistic semnificative între cele două etape. Media post-testului a crescut nesemnificativ (cu aprox. 0,3 puncte), menținându-se în jurul valorii de 55 (nota 5,5), iar indicele $d = 0,016$ a indicat un impact neglijabil al intervenției. Testul t pentru eșantioane perechi ($t = 0,151; p > 0,05$) a confirmat lipsa unei diferențe semnificative, susținând ipoteza nulă (nu există diferențe statistic semnificative între medii). Rezultatele pot fi explicate prin natura cantitativă și dificilă a conținuturilor din clasa a VII-a, precum și prin organizarea lor deficitară și timpul insuficient pentru activități practice.

	Test	N	Mean	SD	SEM	t	p	d
media	Post-test	86	56,13	13,15	1,41	0,151	,440	0.016
	Pre-test	86	55,88	14,72	1,58			

Tabel centralizator: Comparații medii pre-test – post-test obținute de lotul de control, la proba B (Tabel V.24-V.25)

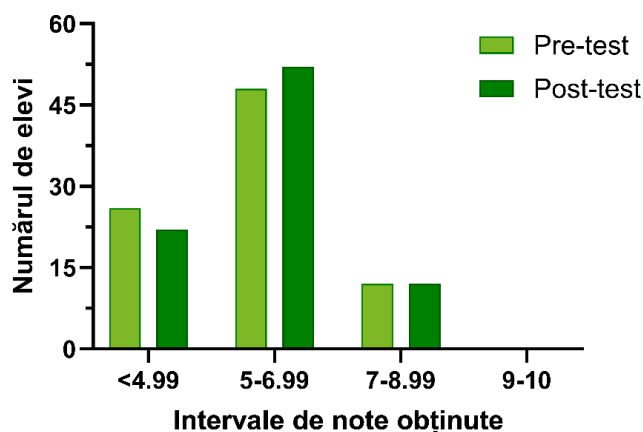


Figura V.13. Notele obținute de elevii din lotul de control, la proba B, la pre-test și post-test

Distribuția notelor pe intervale (<4,99; 5–6,99; 7–8,99; 9–10) a indicat o scădere a frecvenței notelor sub 4,99 și o creștere în intervalul 5–6,99, comparativ cu evaluarea inițială (Figura V.13). În schimb, numărul notelor din intervalele 7–8,99 și 9–10 a rămas neschimbat.

Analiza pe subscale a indicat o creștere modestă a scorului pentru subscale cunoștințe procedurale (+1,23 puncte), în timp ce la subscalele atitudini și abilități s-au înregistrat scăderi (-1,2, respectiv -2,18 puncte), care nu sunt statistic semnificative (Figura V.14). Singura diferență semnificativă statistic a fost identificată în cazul scorului pentru componenta atitudini ($t=-2,792$; $p<0,01$) (Tabel V.26), sugerând un regres în ceea ce privește colaborarea și interpretarea critică a informațiilor. Regresul poate fi atribuit lipsei activităților în echipă și a celor practice, esențiale pentru dezvoltarea acestui tip de atitudini și abilități. Scorurile generale rămân scăzute, evidențiind necesitatea unor intervenții educaționale suplimentare.

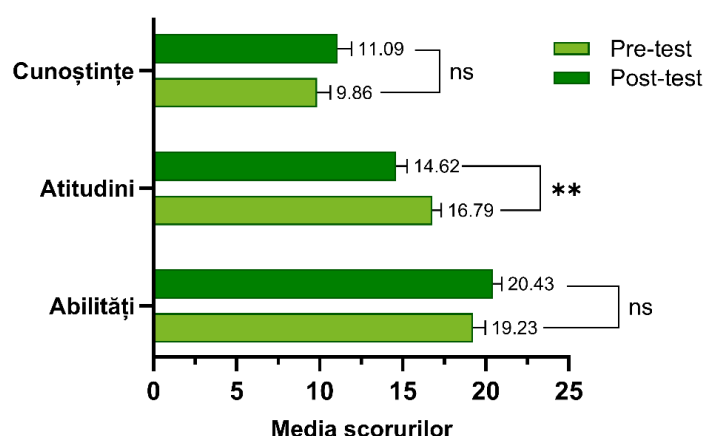


Figura V.14. Media scorurilor pe subscale obținute de lotul de control, în etapa pre-experimentală și post-experimentală, la proba B

Paired samples test						
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	t	df	Two-Sided p
cunoștințe_finale - cunoștințe_inițiale	1,23256	8,45149	,91135	1,352	85	,180
atitudini_finale - atitudini_inițiale	-2,17442	7,22160	,77873	-2,792	85	,006
abilități_finale - abilități_inițiale	1,19767	6,17503	,66587	1,799	85	,076

Tabel V.26. Rezultatele testului t pentru compararea mediilor scorurilor pe subscale obținute de lotul de control, la proba B, pre și post-test

Analiza rezultatelor lotului experimental între etapele pre- și post-experimentală a confirmat eficiența programului de intervenție. Media scorurilor a crescut cu 20,49 puncte (de la 53,13 la 73,62 din 100), iar indicele $d = 1,126$ a indicat un efect puternic. Diferențele înregistrate au fost semnificative statistic ($t = 10,681$; $p < 0,001$), evidențiind progresul general al elevilor ca urmare a intervenției experimentale.

	test	N	Mean	SD	SEM	t	p	d
media	Post-test	90	73,62	12,84	1,35	10,68	<,001	1,126
	Pre-test	90	53,13	11,76	1,24			

Tabel centralizator: *Comparații medii pre-test – post-test obținute de lotul experimental, la proba B (Tabel V.27-V.28)*

Această creștere este susținută și de modificarea distribuției punctajelor, care a devenit mai concentrată în intervalele superioare în etapa post-test, semnalând un progres uniform și relevant la nivelul grupului (Figura V.15).

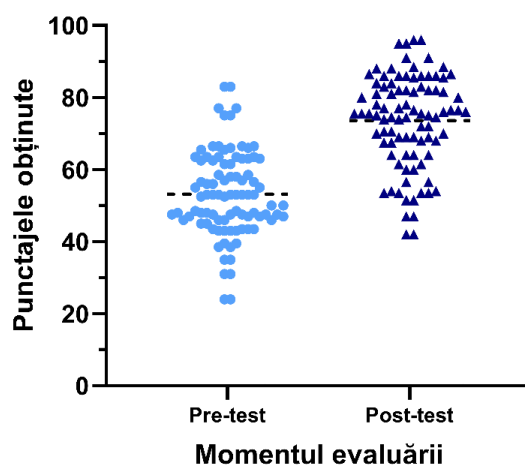


Figura V.15. Dispersia punctajelor obținute de elevii din grupul experimental, la proba B, la pre-test și post-test

Analiza pe subscale a confirmat impactul pozitiv al intervenției (Figura V.16). În ceea ce privește subscala cunoștințe, s-a înregistrat cea mai mare creștere (+12,93 puncte), cu o medie finală de 20,05 din totalul de 28 puncte și un efect puternic ($d = 1,279$), reflectând consolidarea cunoștințelor procedurale prin activități practice. La subscala abilități, progresul a fost de aproape 5 puncte (24,34 față de 19,4 din totalul de 30 de puncte), cu un efect moderat ($d = 0,493$), indicând dezvoltarea abilităților practice. Referitor la subscala atitudini, creșterea

a fost mai redusă (+3,07 puncte), scorul final (19,22 din totalul de 32 puncte) ceea ce sugerează că dezvoltarea acestei dimensiuni necesită o implementare susținută și de durată. Acest rezultat indică necesitatea unei implementări constante și de durată a strategiilor bazate pe activități practice și tehnologii digitale, pentru susținerea formării atitudinilor științifice.

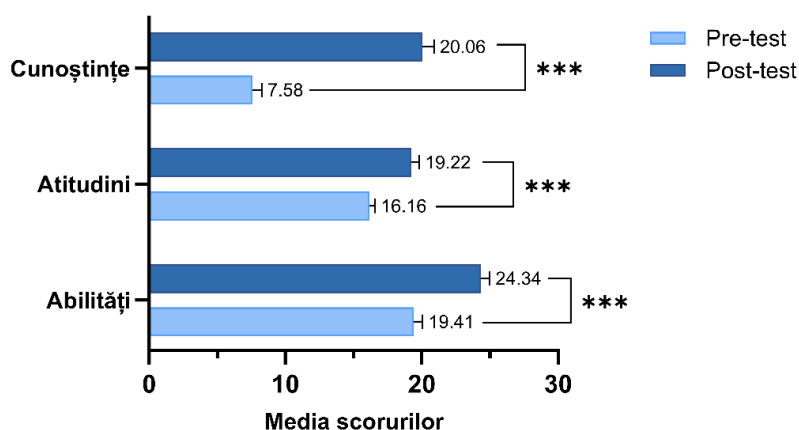


Figura V.16. Media scorurilor pe subscale obținute de lotul experimental, în etapa pre-experimentală și post-experimentală, la proba B

Diferențele dintre mediile scorurilor obținute pe subscale au fost statistic semnificative, conform testului t pentru eșantioane perechi. Valorile obținute ($t = 12,135; 8,9; 4,679; p < 0,001$) au validat progresul semnificativ între pre-test și post-test la toate cele trei dimensiuni evaluate.

subscale	Mean	N	SD	SEM	t	p	d
cunoștințe_posttest	20,05	90	7,97	0,84	12,135	<,001	1,279
cunoștințe_pretest	7,57	90	6,49	0,68			
atitudini_posttest	19,22	90	5,53	0,58	89	<,001	0,480
atitudini_pretest	16,15	90	3,85	0,40			
abilități_posttest	24,34	90	6,17	0,65	4,679	<,001	0,493
abilități_pretest	19,40	90	6,27	0,66			

Tabel centralizator: Comparații între mediile obținute de lotul experimental, în pre-test și post-test, la subscalele cunoștințe, atitudini și abilități, la proba B (Tabel V.29-V.30)

Concluzionând, rezultatele obținute la proba B, atât în ceea ce privește mediile notelor, cât și mediile punctajelor, în cadrul etapei post-experimentale **au confirmat ipoteza secundară 2 și 3**, precum și eficiența programului de intervenție.

În *etapa de retestare* s-a urmărit remăsurarea subscalelor (cunoștințe, atitudini și abilități) asociate competențelor specifice derivate din competența generală 1, vizată, pentru a stabili eficiența și efectul în timp al programului de intervenție. Retestarea, realizată exclusiv în cadrul lotului experimental, la 3–4 luni de la finalizarea intervenției, a folosit aceleași probe A și B aplicate în post-test. Compararea rezultatelor din etapele post-experimentală și de retestare s-a realizat prin testul t pentru eșantioane perechi.

Rezultatele obținute la proba A, în etapa de retestare

Rezultatele obținute în etapa de retestare ($M = 69,13$), comparativ cu cele din etapa post-experimentală ($M = 71,04$) au indicat menținerea efectului pozitiv al intervenției, cu o scădere nesemnificativă statistic ($t = -0,805$; $p = 0,423$). Această diminuare este explicabilă prin perioada extinsă de pauză școlară (vacanța de vară), în care elevii nu au mai exersat competențele dobândite. Prin urmare, datorită rezultatelor obținute, se poate concluziona faptul că, impactul programului de intervenție asupra dezvoltării competenței exploratorii se menține stabil la o perioadă de timp după finalizarea acestuia.

	Test	N	Mean	SD	SEM	t	p
media	Re-test	90	69,13	15,27	1,61	-0,805	0,423
	Post-test	90	71,04	15,31	1,61		

Tabel centralizator: *Comparații medii re-test – post-test obținute de către lotul experimental, la proba A (Tabel V.31-V.32)*

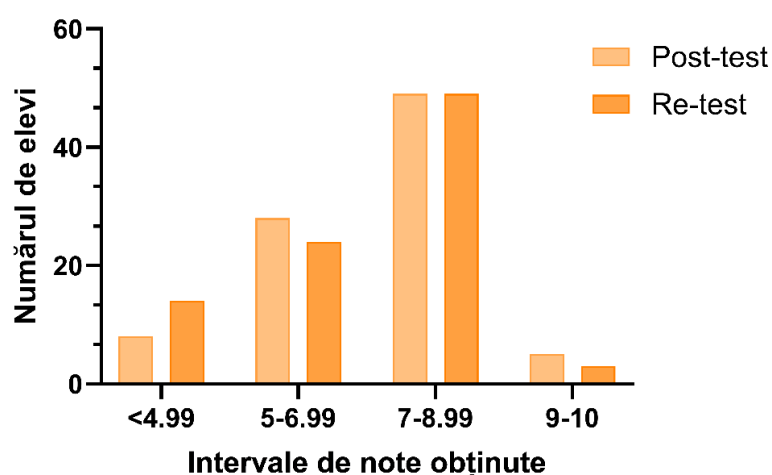


Figura V.17. Notele obținute de elevii din lotul experimental, la proba A, în etapa post-experimentală și de retestare

Distribuția notelor (Figura V.17) a reflectat o concentrare majoritară a rezultatelor în intervalul 7–8.99, în ambele evaluări, cu diferențe minime în celelalte intervale, aspect care sugerează o performanță constantă și susținută.

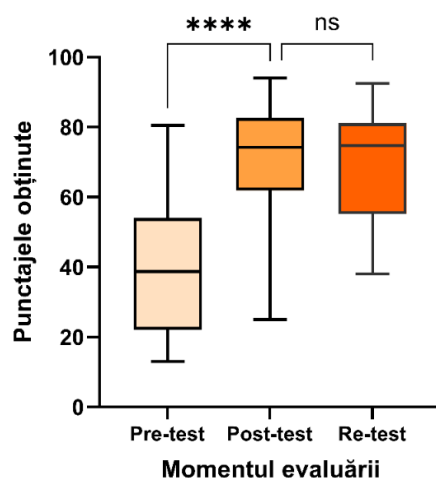


Figura V.20. Distribuția punctajelor obținute de lotul experimental, la proba A, la pre-test, post-test și re-test

Figura V.20 evidențiază o creștere clară a performanței între pre-test și post-test, urmată de o menținere a rezultatelor în etapa de retestare. Se remarcă o reducere a numărului de elevi cu medii sub 5 și o creștere a celor în intervalul 7–8,99, alături de o scădere a variabilității scorurilor și menținerea unei mediane ridicate – indicii ai consolidării performanței.

Comparativ, analiza mediilor între lotul experimental și cel de control (Figura V.21) a indicat un progres semnificativ al lotului experimental în urma aplicării programului de intervenție, spre deosebire de lotul de control, ale cărui medii s-au menținut relativ constante. Aceste date susțin eficiența durabilă a programului bazat pe activități practice și tehnologii digitale în dezvoltarea competenței de explorare a fenomenelor biologice.

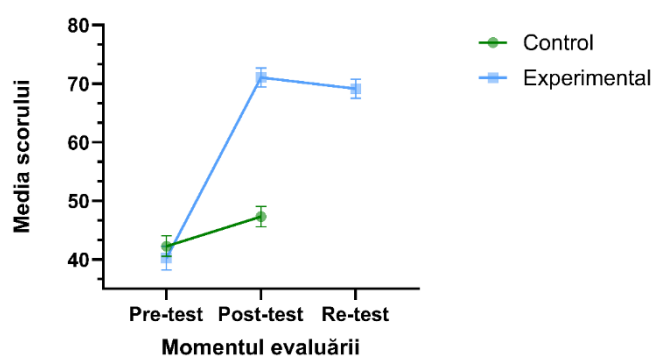


Figura V.21. Evoluția mediilor scorurilor generale la proba A, ale lotului de control și lotului experimental, la pre-test, post-test și re-test

Analiza scorurilor obținute de lotul experimental în etapa de retestare a relevat o tendință de menținere a progreselor înregistrate în etapa post-experimentală și la nivelul subscalelor cunoștințe, abilități și atitudini asociate competenței specifice 1.1 (Figura V.22). Media scorului la subscala cunoștințe a crescut ușor (12,49 față de 11,75), posibil datorită recapitulărilor inițiale axate în principal pe reactualizarea conținuturilor conceptuale. Scăderile moderate înregistrate la abilități (31,51 față de 33,10) și atitudini (15,13 față de 16,18) pot indica absența unor activități aplicative susținute. Cu toate acestea, scorurile s-au menținut ridicate comparativ cu cele inițiale, ceea ce a susținut nu doar eficiența programului de intervenție, ci și durabilitatea efectelor acestuia. Rezultatele testului *t* pentru eșantioane perechi ($p > 0,05$) au confirmat că diferențele dintre scorurile post-test și re-test nu sunt statistic semnificative, conducând la **validarea ipotezei secundare 1** privind eficiența programului educațional.

	Mean	N	SD	SEM	t	p
cunoștințe_retest	12,49	90	3,54	,37372	1,381	0,171
cunoștințe_posttest	11,75	90	3,43	,36182		
atitudini_retest	15,13	90	6,70	,70652	-1,088	0,280
atitudini_posttest	16,18	90	6,91	,72925		
abilități_retest	31,51	90	7,77	,81959	-1,343	0,183
abilități_posttest	33,10	90	7,29	,76891		

Tabel centralizator: *Comparații între mediile obținute de lotul experimental, în post-test și re-test, la subscalele cunoștințe, atitudini și abilități, la proba A (Tabel V.33-V.34)*

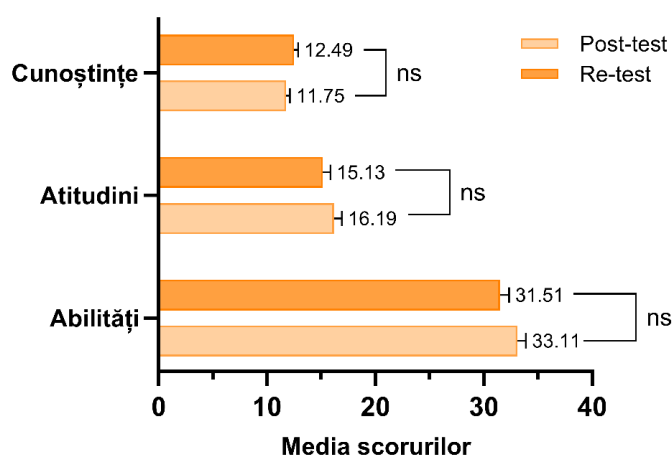


Figura V.22. Media scorurilor obținute de elevii din lotul experimental, pe subscalele cunoștințe, abilități și atitudini, la proba A, în etapa post-experimentală și de retestare

Analiza evoluției scorurilor lotului experimental la proba A, în cele trei etape ale cercetării, a evidențiat un progres semnificativ al subscalelor aferente competenței specifice 1.1 – cunoștințe, abilități și atitudini – urmat de o menținere relativă a acestora în etapa de retestare. Scorurile cele mai mari au fost înregistrate în etapa post-experimentală, iar cel mai mare progres a fost remarcat în cazul subscalei abilități (Figura V.24).

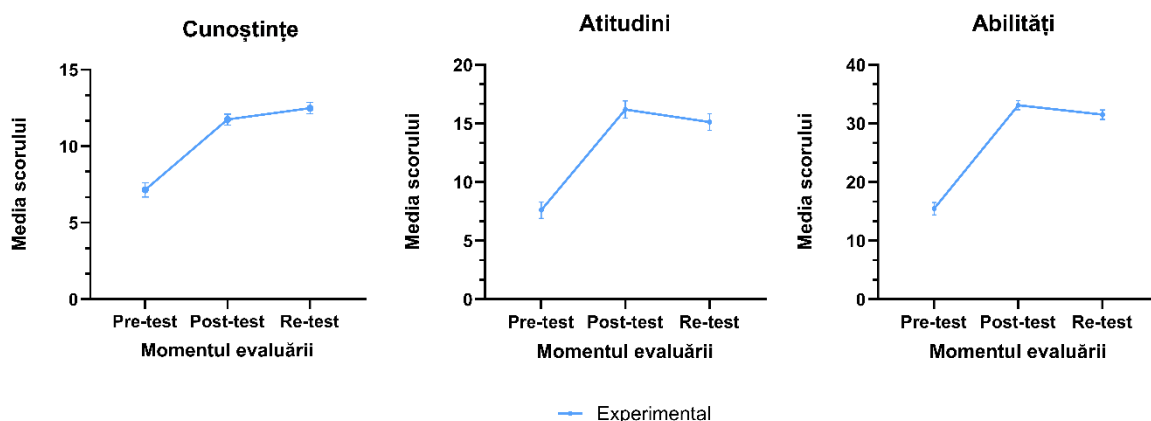


Figura V.24. Evoluția mediilor scorurilor pe subscalele cunoștințe, abilități, atitudini, la proba A, obținute de lotul experimental la pre-test, post-test și re-test

Analiza evoluției mediilor scorurilor pe subscale, în cele trei etape experimentale, a evidențiat un progres semnificativ al lotului experimental, atribuit intervenției aplicate, în contrast cu variațiile minore ale lotului de control (Figura V.25). Rezultatele au confirmat eficiența programului, în special în ceea ce privește consolidarea cunoștințelor conceptuale. De asemenea, au relevat necesitatea susținerii continue a demersurilor didactice pentru menținerea atitudinilor și abilităților dezvoltate.

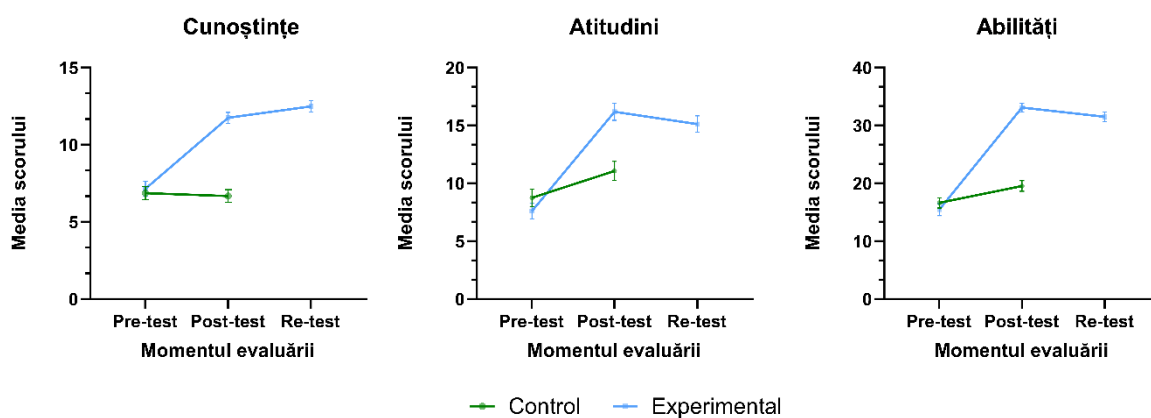


Figura V.25. Evoluția mediilor scorurilor la proba A, pe subscalele cunoștințe, abilități și atitudini ale lotului de control și lotului experimental, la pre-test, post-test și re-test

Rezultatele obținute la proba B, în etapa de retestare

Analiza rezultatelor obținute la proba B au confirmat tendințele observate în cazul probei A, evidențiind menținerea unui nivel ridicat al performanței în etapa de retestare (70,53 față de 73,62 în post-test). Diferența ușor descrescătoare – explicabilă prin perioada extinsă de pauză școlară (vacanța de vară), în care elevii nu au mai exersat competențele dobândite – nu este semnificativă statistic ($t = -1,565$; $p > 0,05$), conform testului t pentru eșantioane perechi. Prin urmare, s-a reconfirmat durabilitatea efectului pozitiv al intervenției asupra dezvoltării competențelor specifice 1.2 și 1.3.

	Test	N	Mean	SD	SEM	t	p
media	Re-test	90	70,53	11,91	1,25	-1,565	0,121
	Post-test	90	73,62	12,84	1,35		

Tabel centralizator: *Comparații medii re-test – post-test obținute de către lotul experimental, la proba B (Tabel V.35-V.36)*

Distribuția notelor (Figura V.26) a indicat o menținere a performanței elevilor din lotul experimental între post-test și re-test, majoritatea scorurilor încadrându-se în intervalul 7–8,99. Diferențele între intervale au fost minore și fără semnificație statistică, confirmând stabilitatea rezultatelor.

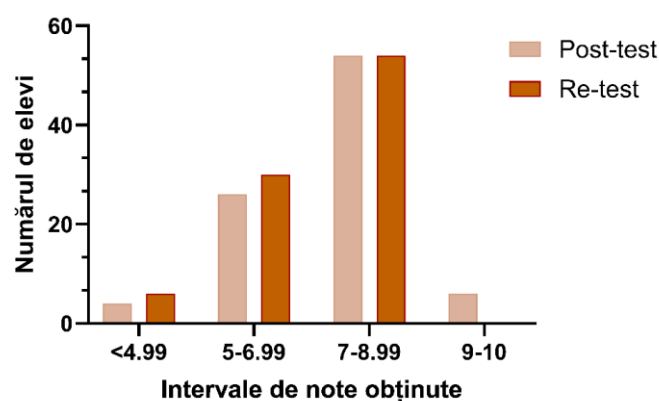


Figura V.26. Notele obținute de elevii din lotul experimental, la proba B, în etapa post-experimentală și de retestare

Graficul din Figura V.29, care surprinde distribuția punctajelor în cele trei momente ale cercetării (pre-test, post-test și re-test), a evidențiat că, în pre-test, performanța elevilor a fost moderată și variabilă, cu o medie de 55 (nota 5,5). După intervenție, în post-test, media a crescut semnificativ la 75 (nota 7,5), iar distribuția scorurilor a devenit mai omogenă. În re-test,

performanța s-a menținut ridicată, cu o medie de aproximativ 70 (nota 7), ușor mai mică decât în post-test, dar mult peste nivelul inițial. Aceste date susțin eficiența intervenției și stabilitatea rezultatelor în timp.

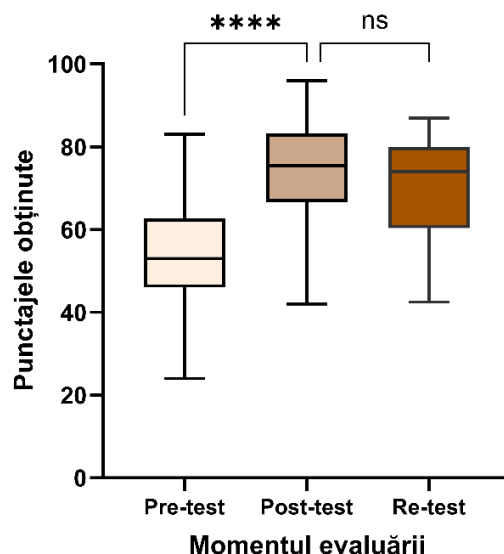


Figura V.29. Distribuția punctajelor obținute de lotul experimental, la proba B, la pre-test, post-test și re-test

Comparativ, analiza mediilor între lotul experimental și cel de control (Figura V.21) au evidențiat stabilitatea scorurilor lotului de control între pre- și post-test, indicând absența unui progres semnificativ. În schimb, lotul experimental a înregistrat o creștere semnificativă a performanțelor în etapa post-intervenție, menținute în mare parte și în etapa de retestare, la șase luni distanță. Ușoara scădere observată ulterior indică însă necesitatea consolidării continue a competențelor 1.2 și 1.3 prin activități practice recurente.

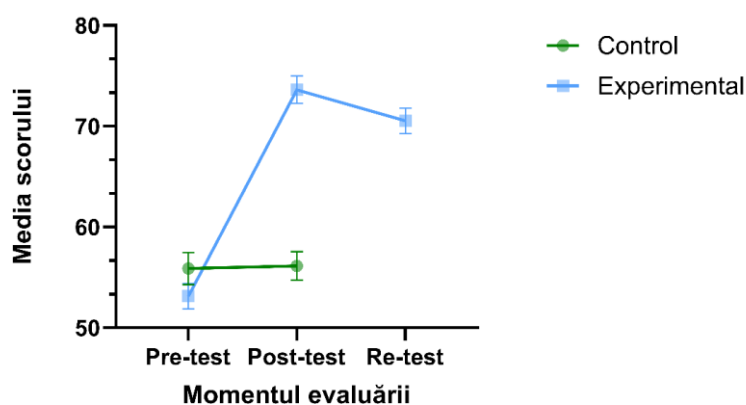


Figura V.30. Evoluția mediilor scorurilor la proba B, ale lotului de control și lotului experimental, la pre-test, post-test și re-test

Datele colectate au evidențiat faptul că performanțele elevilor pe subscalele cunoștințe, atitudini și abilități, aferente competențelor specifice 1.2 și 1.3, s-au menținut la un nivel ridicat, similar cu cel înregistrat în etapa post-experimentală (Figura V.31). Totuși, s-a remarcat o scădere moderată a mediilor scorurilor pentru cunoștințele procedurale (17,77 comparativ cu 20,05) și pentru abilități (23,14 comparativ cu 24,34), ceea ce a indicat necesitatea unui proces continuu de consolidare și exersare a acestora, în contexte educaționale adecvate. În schimb, scorurile aferente subscalei atitudini în înregistrat o ușoară creștere (19,63 față de 19,22), aspect care poate fi atribuit factorilor contextuali și motivaționali. Pentru a determina semnificația statistică a diferențelor observate între mediile scorurilor din etapele post-experimentală și de retest, a fost aplicat testul t pentru eșantioane perechi. Rezultatele au indicat faptul că aceste diferențe nu sunt semnificative statistic ($p > 0,05$), susținând menținerea efectului pozitiv al intervenției experimentale pe termen mediu și lung și *validarea ipotezelor secundare 2 și 3*.

	Mean	N	SD	SEM	t	p
cunoștințe_retest	17,76	90	8,98	0,94	-1,769	0,080
cunoștințe_posttest	20,05	90	7,97	0,84		
atitudini_retest	19,62	90	5,58	0,58	,472	0,638
atitudini_posttest	19,22	90	5,53	0,58		
abilități_retest	23,14	90	3,57	0,37	-1,734	0,086
abilități_posttest	24,34	90	6,17	0,65		

Tabel centralizator: Comparații între mediile obținute de lotul experimental, în post-test și retest-test, la subscalele cunoștințe, atitudini și abilități, la proba B (Tabel V.37-V.38)

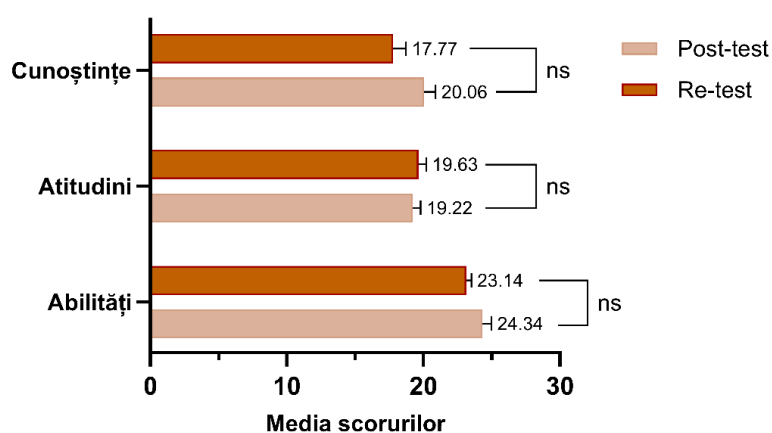


Figura V.31. Media scorurilor obținute de elevii din lotul experimental, pe subscalele cunoștințe, abilități și atitudini, la proba B, în etapa post-experimentală și de retestare

Evoluția scorurilor medii pe subscalele cunoștințe, atitudini și abilități, aferente competențelor specifice 1.2 și 1.3, au evidențiat o creștere semnificativă între pre-test și post-test, confirmând eficiența intervenției (Figura V.33). În etapa de re-test, s-a remarcat o ușoară scădere nesemnificativă la cunoștințe și abilități, iar atitudinile au înregistrat o ușoară creștere, sugerând stabilizarea și menținerea efectelor pe termen lung. Aceste rezultate au subliniat importanța consolidării continue prin activități practice și tehnologii digitale pentru prevenirea scăderii performanțelor competențelor dezvoltate.

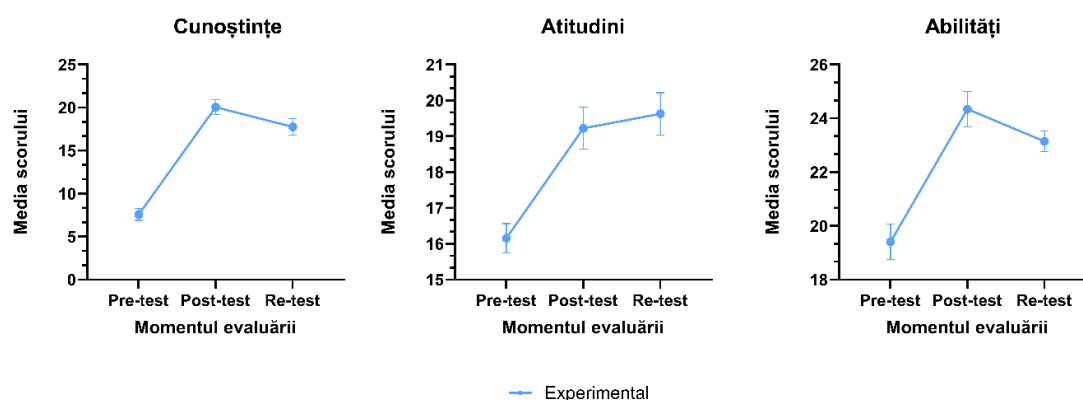


Figura V.33. Evoluția mediilor scorurilor pe subscalele cunoștințe, abilități, atitudini, la proba B, obținute de lotul experimental, la pre-test, post-test și re-test

Analiza comparativă a evoluției mediilor scorurilor pe subscale, pentru loturile experimental și de control, a evidențiat niveluri inițiale similare la pre-test (Figura V.34). Lotul experimental a înregistrat o creștere semnificativă între pre-test și post-test, menținută la re-test, reflectând impactul pozitiv al intervenției asupra dezvoltării competențelor specifice 1.2 și 1.3. În contrast, lotul de control a înregistrat variații minore, neesențiale statistic, cu o ușoară scădere la atitudini. Rezultatele susțin eficacitatea programului experimental.

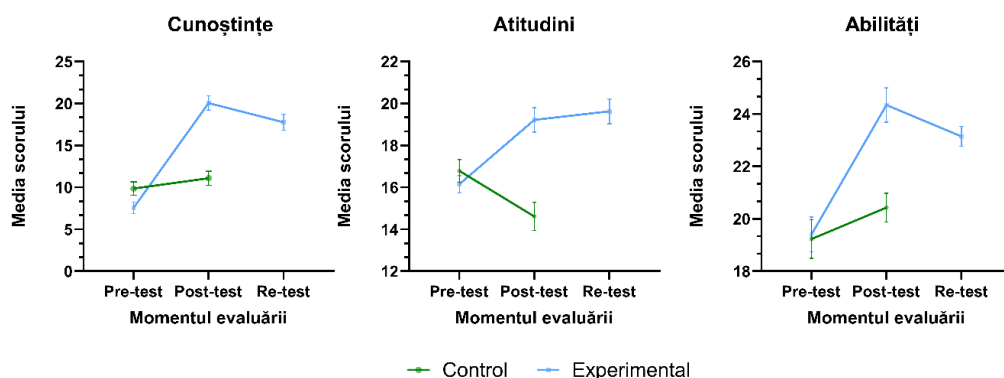


Figura V.34. Evoluția mediilor scorurilor la proba B, pe subscalele cunoștințe, abilități și atitudini ale lotului de control și lotului experimental, la pre-test, post-test și re-test

Concluzii

Teza de doctorat intitulată „*Dezvoltarea competenței de explorare a sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice prin activități practice și tehnologii digitale. Aplicații la clasa a VII-a*” a investigat impactul utilizării sistematice a activităților practice și a tehnologiilor digitale asupra formării competenței generale 1 – „*Explorarea sistemelor biologice, a proceselor și a fenomenelor cu instrumente și metode științifice*” (Programa școlară pentru disciplina Biologie, 2017) – în rândul elevilor de clasa a VII-a. În contextul educațional actual, *Biologia* este o disciplină fundamentală, care contribuie la formarea competențelor științifice, iar cercetarea prezentă a investigat modul în care activitățile practice și tehnologiile digitale contribuie la îmbunătățirea cunoștințelor, abilităților și atitudinilor științifice asociate competențelor specifice derivate din competența generală 1.

Rezultatele obținute în urma prelucrării și interpretării datelor confirmă faptul că, programul de intervenție bazat pe integrarea sistematică a activităților de tip practic și a tehnologiilor digitale stimulează formarea competențelor specifice vizate, prin dezvoltarea cunoștințelor, atitudinilor și abilităților relaționate acestora.

Analiza rezultatelor obținute la proba A, destinată evaluării competenței specifice 1 (CS1), confirmă eficiența programului de intervenție propus. Lotul experimental a înregistrat creșteri semnificative ale mediilor generale și ale scorurilor pe subscale, atât în raport cu lotul de control, cât și comparativ cu etapa pre-experimentală. Aceste progrese, evidențiate în etapele post-experimentală și de retestare, atestă durabilitatea efectului educațional. Cel mai mare progres a fost înregistrat la subscala abilități științifice, de sistematizare a informațiilor pe baza imaginilor, textelor, schemelor. Rezultatele obținute în etapa de retestare confirmă mărimea efectului intervenției, cât și durata în timp a acestuia – mediile notelor și a constructelor menținându-se la aproximativ același nivel cu cele măsurate în etapa post-experimentală. Prin urmare, ***ipoteza secundară 1 se validează.***

În egală măsură, rezultatele înregistrate de elevii din lotul experimental, la proba B, indică, de asemenea, că programul de intervenție a avut un impact pozitiv în ceea ce privește dezvoltarea competențelor specifice 2 și 3. Elevii din acest lot au înregistrat scoruri semnificativ mai mari, atât în ceea ce privește media generală, cât și pe fiecare subscală, comparativ cu lotul de control și cu evaluarea inițială. Cel mai mare progres față de lotul de control a fost identificat la subscala cunoștințe procedurale. În etapa de retestare, scorurile s-au menținut la un nivel ridicat, indicând stabilitatea efectelor intervenției. În cadrul comparațiilor intragrup, cel mai

ridicat scor a fost înregistrat la subscala abilități (practice și de interpretare critică). Aceste rezultate susținând **validarea ipotezelor secundare 2 și 3**.

În concluzie, cercetarea derulată **validează ipoteza generală** conform căreia utilizarea sistematică a activităților practice și a tehnologiilor digitale contribuie semnificativ la dezvoltarea competenței generale 1, prin formarea cunoștințelor, atitudinilor și abilităților aferente competențelor specifice, la nivelul clasei a VII-a. În contextul reformei educaționale actuale, aceste rezultate susțin tranziția spre modele de predare centrate pe experiență, investigație și învățare activă, în vederea formării unor elevi capabili să exploreze științific lumea biologică din jurul lor.

Obiectivele cercetării au fost atinse integral, fiecare etapă contribuind la conturarea unei perspective pedagogice moderne, orientate spre dezvoltarea competențelor. Programul de intervenție s-a dovedit eficient în transformarea practicilor educaționale tradiționale, stimulând participarea activă a elevilor, colaborarea și explorarea științifică a sistemelor, proceselor și fenomenelor biologice.

Cercetarea derulată a adus o serie de contribuții semnificative atât din punct de vedere teoretic, cât și metodologic și aplicativ, în ceea ce privește predarea și învățarea științelor la nivel gimnazial. Prin demersul efectuat, a fost realizată o conceptualizare clară a competențelor științifice, definite ca structuri integrate de cunoștințe, abilități și atitudini necesare procesului de explorare și desfășurării investigațiilor științifice. În cadrul fundamentării teoretice, s-au analizat modalitățile de formare a competenței generale 1, în relație cu teoriile și strategiile de învățare aferente activităților practice și tehnologiilor digitale, conturându-se un cadru teoretico-aplicativ pentru dezvoltarea acesteia.

Din perspectiva contribuțiilor metodologice, empirice și aplicative, cercetarea de față a propus și validat un program de intervenție care integrează activitățile practice și tehnologiile digitale, având ca scop dezvoltarea competenței de explorare la elevii din clasa a VII-a. Pe lângă formularea unei strategii metodologice eficiente, cercetarea empirică a inclus și conceperea, respectiv validarea unui instrument de testare a competenței de explorare, prin măsurarea cunoștințelor, atitudinilor și abilităților asociate competențelor specifice derivate din aceasta. Astfel, lucrarea ilustrează o modalitate riguroasă de evaluare a finalităților educaționale, adresându-se carențelor existente în acest domeniu.

Rezultatele din etapele post-experimentală și de retestare confirmă eficiența imediată și de durată a programului de intervenție, validând ipotezele secundare și, implicit, ipoteza generală. Aceste date evidențiază importanța combinării intervențiilor inițiale cu acțiuni de consolidare ulterioară. În acest sens, se subliniază necesitatea elaborării unor ghiduri

metodologice care să sprijine proiectarea lecțiilor la nivel micro. Programul propus în cadrul cercetării poate funcționa ca model practic, oferind exemple de metode active, resurse interactive și forme eficiente de organizare, cu impact pozitiv asupra dezvoltării competenței de explorare la clasa a VII-a, prin studiul disciplinei *Biologie*. Rezultatele cercetării pot fi valorificate în vederea optimizării *Curriculumului* școlar, prin susținerea integrării activităților practice și a tehnologiilor digitale în procesul educațional, cu scopul de a dezvolta competențele științifice la nivel gimnazial.

Studiul propus aduce o contribuție relevantă în formarea competenței de explorare a sistemelor, proceselor și fenomenelor biologice la elevii de clasa a VII-a, însă anumite limite trebuie avute în vedere în interpretarea și generalizarea rezultatelor. Cercetarea s-a axat exclusiv pe elevi de gimnaziu (clasa a VII-a), ceea ce limitează extinderea concluziilor la alte niveluri de școlaritate, având în vedere particularitățile de vârstă și dezvoltare. Dimensiunea eșantionului (90 de elevi) și proveniența exclusiv urbană restrâng transferabilitatea concluziilor, în special în raport cu mediul rural. De asemenea, aplicabilitatea programului este condiționată de infrastructura disponibilă, competențele digitale ale cadrelor didactice și accesul la resurse educaționale. În privința evaluării, deși instrumentul utilizat a fost validat, pot exista limite legate de obiectivitatea măsurării, mai ales în cadrul activităților de grup. Cu toate acestea, cercetarea oferă un cadru valoros pentru optimizarea practicilor educaționale și deschide direcții pentru investigații ulterioare.

Extinderea studiului la alte clase sau niveluri de învățământ ar permite o înțelegere mai aprofundată a dezvoltării competențelor în funcție de vârstă și ar facilita elaborarea unor strategii didactice diferențiate. Investigarea altor tipuri de tehnologii educaționale, integrarea abordărilor interdisciplinare și evaluarea separată a efectelor activităților practice și digitale ar putea oferi o perspectivă mai holistică și mai flexibilă asupra formării competențelor. De asemenea, validarea instrumentului de evaluare în contexte educaționale diverse este esențială pentru asigurarea relevanței și aplicabilității sale.

În concluzie, cercetarea derulată demonstrează importanța și eficiența utilizării sistematice a activităților practice și a tehnologiilor digitale în formarea competenței de explorare, la clasa a VII-a, prin studiul disciplinei *Biologie*. Implementarea unei strategii didactice inovatoare, centrată pe metode interactive și adaptată progreselor tehnologice actuale, contribuie semnificativ la o învățare mai profundă și relevantă. Rezultatele studiului oferă un cadru solid pentru: operaționalizarea *Curriculumului*, pentru evaluarea competențelor și pentru perfecționarea practicilor educaționale, în acord cu finalitățile educaționale prevăzute în programele școlare actuale.

Bibliografie selectivă

1. Abrahams, I., & Reiss, M. J. (2012). Practical work: Its effectiveness in primary and secondary schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035–1055. <https://doi.org/10.1002/tea.21036>
2. Achappa, S., Patil, L. R., Hombalimath, V. S., & Shet, A. R. (2020). Implementation of project-based learning (PBL) approach for bioinformatics laboratory course. *Journal of Engineering Education Transformations*, 33(Special Issue), 247–252. <https://doi.org/10.16920/jeet/2020/v33i0/150154>
3. Adam, S. (2022). Generații în schimbare în sistemul de învățământ. Competențele digitale ale imigranților și nativilor digitali. În C. Ceobanu, C. Cucoș, O. Istrate, & I.-O. Pânișoară (Eds.), *Educația digitală* (pp. 40–54). Editura Polirom.
4. Akgun, O. E. (2013). Technology in STEM project-based learning. In M. S. Khine & I. M. Saleh (Eds.), *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* (pp. 65–75). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_8
5. Albulescu, I. (2021). E-learning și blended learning în societatea informațională. În I. Albulescu & H. Catalano (Eds.), *e-Didactica. Procesul de instruire în mediul online* (pp. 18–19). Didactica Publishing House.
6. Albulescu, M. (2021). Învățarea colaborativă online. În I. Albulescu & H. Catalano (Eds.), *e-Didactica. Procesul de instruire în mediul online* (pp. 91–115). Didactica Publishing House.
7. Ardelean, A., & Mândruț, O. (2012). *Didactica formării competențelor*. „Vasile Goldiș” University Press.
8. Arnold, J. C., Mühling, A., & Kremer, K. (2023). Exploring core ideas of procedural understanding in scientific inquiry using educational data mining. *Research in Science & Technological Education*, 41(1), 372–392. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1909552>
9. Aumann, A., Schnebel, S., & Weitzel, H. (2024). Teaching biology lessons using digital technology: A contextualized mixed-methods study on pre-service biology teachers’ enacted TPACK. *Education Sciences*, 14(5), 538. <https://doi.org/10.3390/educsci14050538>
10. Babalola, F. E., Lambourne, R. J., & Swithenby, S. J. (2020). The real aims that shape the teaching of practical physics in sub-Saharan Africa. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18, 259–278. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09962-7>
11. Barak, M. (2017). Science teacher education in the twenty-first century: A pedagogical framework for technology-integrated social constructivism. *Research in Science Education*, 47, 283–303. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9501-y>
12. Bîrnaz, N. (Coord.). (2019). *Curriculum. Biologie*. Chișinău: Ministerul Educației, Culturii și Cercetării.
13. Blumenfeld, P. C., Fishman, B. J., Krajcik, J. S., Marx, R. W., & Soloway, E. (2000). Creating usable innovations in systemic reform: Scaling up technology-embedded project-based science in urban schools. *Educational Psychologist*, 35(3), 149–164. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3503_2
14. Bocoș, M. D. (2017). *Didactica disciplinelor pedagogice. Un cadru constructivist*. Editura Paralela 45.
15. Bokor, J. R., Landis, J. B., & Crippen, K. J. (2014). High school students’ learning and perceptions of phylogenetics of flowering plants. *CBE—Life Sciences Education*, 13(4), 653–665. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-04-0074>

16. Catalano, H. (2021). Designul strategiilor didactice din perspectiva instruirii online. În I. Albulescu & H. Catalano (Eds.), *e-Didactica. Procesul de instruire în mediul online* (pp. 91–115). Didactica Publishing House.
17. Ceobanu, C. (2016). *Învățarea în mediul virtual. Ghid de utilizare a calculatorului în educație*. Polirom.
18. Ceobanu, C. (2022). Reconfigurări educaționale în era tehnologiei digitale. În C. Ceobanu, C. Cucos, O. Istrate, & I.-O. Pânișoară (Eds.), *Educația digitală* (pp. 23–40). Editura Polirom.
19. Chala, A. A. (2019). Practice and challenges facing practical work implementation in Natural Science subjects at secondary schools. *Practice*, 10(31), 1–17.
20. Chatila, H., & Al Hussein, F. (2017). Effect of cooperative learning strategy on students' acquisition and practice of scientific skills in Biology. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 3(1), 88–99. <https://doi.org/10.21891/jeseh.280588>
21. Consiliul Uniunii Europene. (2018). *Recomandarea Consiliului din 22 mai 2018 privind competențele-cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții*. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene, C 189/1, 4.6.2018. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=CELEX%3A32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=CELEX%3A32018H0604(01))
22. Constantinou, C. P., Tsivitanidou, O. E., & Rybska, E. (2018). What is inquiry-based science teaching and learning? In C. P. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiou (Eds.), *Insights from inquiry-based science education: Teaching and learning through inquiry* (pp. 1–23). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91406-0_1
23. Cristea, S. (1998). *Dicționar de termeni pedagogici*. Editura Didactică și Pedagogică.
24. Cucos, C. (2006). *Pedagogie* (ed. a II-a revizuită și adăugită). Polirom.
25. De Jong, T., & Ferguson-Hessler, M. G. (1996). Types and qualities of knowledge. *Educational Psychologist*, 31(2), 105–113. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3102_2
26. Funderburk, M. J. (2016). *An evaluation of supplemental activities before and after a field trip to a public garden: Effects on student knowledge and behavior* (Master's thesis, Auburn University). Auburn University Research Repository.
27. García-Sánchez, S., & Luján-García, C. (2016). Ubiquitous knowledge and experiences to foster EFL learning affordances. *Computer Assisted Language Learning*, 29(7), 1169–1180. <https://doi.org/10.1080/09588221.2016.1176047>
28. Higgins, S., Xiao, Z., & Katsipatakis, M. (2012). *The impact of digital technology on learning: A summary for the Education Endowment Foundation*. Education Endowment Foundation. [https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Publications/The_Impact_of_Digital_Technologies_on_Learning_\(2012\).pdf](https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Publications/The_Impact_of_Digital_Technologies_on_Learning_(2012).pdf)
29. Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
30. Howard, S. K., & Mozejko, A. (2015). Considering the history of digital technologies in education. In M. Henderson & G. Finger (Eds.), *Teaching and digital technologies: Big issues and critical questions* (pp. 157–168). Cambridge University Press.
31. Hsu, Y. S., Yeh, Y. F., & Wu, H. K. (2015). The TPACK-P framework for science teachers in a practical teaching context. In C. C. Tan & W. L. Y. Lim (Eds.), *Development of science teachers' TPACK: East Asian practices* (pp. 17–32). Springer.
32. Jaipal, K. (2009). Meaning making through multiple modalities in a biology classroom: A multimodal semiotics discourse analysis. *Science Education*, 94(1), 48–72. <https://doi.org/10.1002/sce.20349>
33. Johnson, R. T., & Johnson, D. W. (1991). So what's new about cooperative learning in science? *Cooperative Learning*, 11(3), 2–3.

34. Kapici, H. O., Akcay, H., & de Jong, T. (2019). Using hands-on and virtual laboratories alone or together—Which works better for acquiring knowledge and skills? *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 231–250. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9762-0>
35. Kenyeres, M., Albulescu, I., & Pop-Păcurar, I. (2022). Exploring the development of procedural knowledge and related competencies through study of Biology in middle and high schools in Romania. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Psychologia-Paedagogia*, 67(2), 107–138.
36. Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
37. Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317–334). Cambridge University Press.
38. Kress, G. R., & Van Leeuwen, T. (2001). *Multimodal discourse: The modes and media of contemporary communication*. Arnold Publishers.
39. Legea Educației Naționale, nr. 1/2011 (2011). *Legea educației naționale actualizată*. https://www.edu.ro/sites/default/files/legea-educatiei_actualizata%20august%202018.pdf
40. Legea Educației Naționale, nr. 198/2023 (2023). *Legea învățământului preuniversitar*. https://edu.ro/sites/default/files/fi%C8%99iere/Minister/2023/Legi_educatie_Romania_educata/legi_monitor/Legea_invatamantului_preuniversitar_nr_198.pdf
41. Leite, L., & Dourado, L. (2013). Laboratory activities, science education and problem-solving skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 106, 1677–1686. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.188>
42. Li, M. P., & Lam, B. H. (2013). *Cooperative learning*. The Hong Kong Institute of Education.
43. Llewellyn, D. (2013). *Differentiated science inquiry*. Corwin Press.
44. Lunenburg, F. C. (2011). Theorizing about curriculum: Conceptions and definitions. *International Journal of Scholarly Academic Intellectual Diversity*, 13(1), 1–6.
45. Mândruț, O., Catană, L., Capiță, L. E., & Căpiță, C. (2013). *Curriculum și didactică. Elemente inovative actuale*. University Press.
46. Marinescu, M. (2018). *Didactica Biologiei. Teorie și aplicații*. Editura Paralela 45.
47. Markula, A., & Aksela, M. (2022). The key characteristics of project-based learning: How teachers implement projects in K–12 science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4(1), Article 13. <https://doi.org/10.1186/s43031-022-00061-1>
48. Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In R. Glaser (Ed.), *Psychology of learning and motivation* (Vol. 41, pp. 85–139). Academic Press.
49. Millar, R. (2010). *Analysing practical science activities to assess and improve their effectiveness*. Association for Science Education.
50. Ministerul Educației Naționale. (2019). *Repere pentru proiectarea, actualizarea și evaluarea Curriculumului național: Document de politici educaționale*. https://www.edu.ro/sites/default/files/DPC_31.10.19_consultare.pdf
51. Ministerul Educației Naționale. (2017). *Programa școlară pentru disciplina Biologie, clasele a V-a – a VIII-a*. https://rocnee.eu/images/rocnee/fisiere/planuri-cadru/gimnazial/21102024/OMEN%203393_MATEMATICA%20SI%20STIINTE%20ALE%20NATURII.pdf
52. Ministerul Educației Naționale. (2018). *Strategia pentru modernizarea infrastructurii educaționale 2018–2023*. <https://www.edu.ro/sites/default/files/Strategie%20SMIE%202023.04.2018.pdf>
53. Ministerul Educației și Cercetării. (2020). *Strategia privind digitalizarea educației din România 2021–2027 (SMART-Edu)*. <https://www.edu.ro/sites/default/files/SMART.Edu%20-%20document%20consultare.pdf>

54. Moore, A., Fairhurst, P., Correia, C., Harrison, C., & Bennett, J. (2020). Science practical work in a COVID-19 world: Are teacher demonstrations, videos and textbooks effective replacements for hands-on practical activities? *School Science Review*, 102(378), 7–12.
55. National Research Council (US), National Committee on Science Education Standards, & Assessment. (1996). *National science education standards: Draft for review and comment only*. National Academies Press.
56. Nwokocha, G. C. (2024). The influence of fieldtrip as a practical skill acquisition technique in Biology education. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 50(6), 269–279. <https://doi.org/10.9734/ajess/2024/v50i61464>
57. Oakes, M. (2009). Using ICT to teach ‘hard to teach’ topics in science. *Education in Science*, February, 20–21.
58. Okolie, U. C., Mlangi, S., Oyerinde, D. O., Olaniyi, N. O., & Chucks, M. E. (2022). Collaborative learning and student engagement in practical skills acquisition. *Innovations in Education and Teaching International*, 59(6), 669–678. <https://doi.org/10.1080/14703297.2021.1878010>
59. Piaget, J. (1950). *La psychologie de l'intelligence*. Armand Colin.
60. Piaget, J. (1983). Piaget’s theory. In P. H. Mussen (Ed.), *Handbook of child psychology* (Vol. 1, pp. 103–128). Wiley.
61. Pols, C. F. J., Dekkers, P. J. J. M., & de Vries, M. J. (2021). What do they know? Investigating students’ ability to analyse experimental data in secondary physics education. *International Journal of Science Education*, 43(2), 274–297. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1865588>
62. Pop-Păcurar, I., & Kenyeres, M. (2023). (How) Could the pre-service teachers effectively achieve the active teaching skills? A practical approach and a SWOT analysis. In A. D. Petrache, D. Mara, & M. Bocoş (Eds.), *Sharing and learning for mentoring in education* (pp. 72–81). Editura Universitară.
63. Pop-Păcurar, I. (2013). *Dezvoltări în didactica biologiei – fundamente și cercetări pentru optimizarea învățării prin activități individuale și de grup*. Editura Paralela 45.
64. Potolea, D., Neacșu, I., & Manolescu, M. (Coord.). (2011). *Ghid de evaluare: Disciplina Biologie*. ERC Press.
65. Potolea, D., Toma, S., & Borzea, A. (2012). *Coordonate ale unui nou cadru de referință al Curriculumului național*. Editura Didactică și Pedagogică.
66. Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1–6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>
67. Quave, C. L. (Ed.). (2014). *Innovative strategies for teaching in the plant sciences*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0406-1>
68. Redecker, C., & Punie, Y. (2017). *Digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
69. Sahintepe, S., Erkol, M., & Aydogdu, B. (2020). The impact of inquiry-based learning approach on secondary school students’ science process skills. *Open Journal for Educational Research*, 4(2), 117–142. <https://doi.org/10.32591/coas.ojer.0402.05117s>
70. Selwyn, N., Henderson, M., Finger, G., Larkin, K., Smart, V., & Chao, S. H. (2016). What works and why? Understanding successful technology enabled learning within institutional contexts. *Technology, Pedagogy and Education*, 25(4), 517–531. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2015.1125851>
71. Shana, Z., & Abulibdeh, E. S. (2020). Science practical work and its impact on students’ science achievement. *Journal of Technology and Science Education*, 10(2), 199–215. <https://doi.org/10.3926/jotse.888>
72. Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3–10.

73. Sparrow, B., Liu, J., & Wegner, D. M. (2011). Google effects on memory: Cognitive consequences of having information at our fingertips. *Science*, 333(6043), 776–778. <https://doi.org/10.1126/science.1207745>
74. Spellings, M. (2005). *Helping your child through early adolescence*. U.S. Department of Education. <https://www2.ed.gov/parents/academic/help/adolescence/adolescence.pdf>
75. Spence, P. L., Phillips, R. S., McAllister, A. R., White, S. L., & Hollowell, G. P. (2020). Student-scientist curriculum: Integrating inquiry-based research experiences and professional development activities into an introductory biology laboratory course. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 21(3), 1–8. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v21i3.2005>
76. Star, J. R., & Newton, K. J. (2009). The nature and development of experts' strategy flexibility for solving equations. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 41(5), 557–567. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0171-4>
77. Suyanto, S., Suratsih, S., Aprilisa, E., & Limiansi, K. (2022). Learning biology using real object, ICT, and blended learning to improve factual and conceptual knowledge. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(2), 322–332. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i2.37965>
78. Taramopoulos, A., & Psillos, D. (2022). Developing procedural knowledge in secondary education students. *Journal of Physics: Conference Series*, 2297(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2297/1/012010>
79. Teplá, M., Teplý, P., & Šmejkal, P. (2022). Influence of 3D models and animations on students in natural subjects. *International Journal of STEM Education*, 9, Article 65. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00355-z>
80. Valverde-Berrocso, J., Garrido-Arroyo, M. D. C., Burgos-Videla, C., & Morales-Cevallos, M. B. (2020). Trends in educational research about e-learning: A systematic literature review (2009–2018). *Sustainability*, 12(12), 5153. <https://doi.org/10.3390/su12125153>
81. Van Rooy, W. S. (2012). Using information and communication technology (ICT) to the maximum: Learning and teaching biology with limited digital technologies. *Research in Science & Technological Education*, 30(1), 65–80. <https://doi.org/10.1080/02635143.2012.655744>
82. Voiculescu, F. (2011). Paradigma abordării prin competențe. Material creat în cadrul proiectului POSDRU „Calitate, inovație, comunicare, în sistemul de instruire continuă a didacticienilor din învățământul universitar”.
83. Wellington, J. (Ed.). (1998). *Practical work in school science: Which way now?* Routledge.