



ESTRATÈGIES DE RESOLUCIÓ DE PROBLEMES  
MATEMÀTICS: INCIDÈNCIA DE L'ÚS DEL FOLI DE  
CÀLCUL EN L'ENSENYAMENT/APRENTENTATGE  
DE LA PROPORCIONALITAT

MANOLI PIFARRÉ TURMO

1999

## **1. L'aproximació sociocultural del procés d'ensenyament/aprenentatge i el disseny d'entorns mediats per ordinador**

El nostre treball parteix de les principals tesis teòriques desenvolupades des de la perspectiva sociocultural del procés d'ensenyament/aprenentatge per comprendre i explicar els rols educatius que pot desenvolupar l'ús de l'ordinador a l'escola. Aquesta perspectiva pren com a punt de partida l'axioma que la intel·ligència humana es desenvolupa a partir de la relació entre les estructures mentals i les eines simbòliques aportades per la cultura on viu l'individu (Vigotsky, 1979; Bruner, 1966; Cole i Griffin, 1980; entre els autors més rellevants). Aquestes eines, denominades per alguns autors com a "tecnologies cognitives" (Pea, 1985, 1987) o "pròtesis mentals" (Martí, 1993) són medis simbòlics que ajuden a transcendir les limitacions de la ment i poden, així, modificar en profunditat la manera de pensar i d'aprendre. Entre aquestes eines culturals podem trobar, per exemple, l'escriptura, l'anotació matemàtica, la televisió, la calculadora o l'ordinador.

Partint d'aquesta idea vertebradora sobre la funció de l'ús de l'ordinador en l'àmbit educatiu, dedicarem el primer apartat d'aquest capítol a analitzar, en primer lloc, les principals tesis teòriques desenvolupades a partir de la perspectiva sociocultural que destaca el paper que juguen les diferents variables del context d'ensenyament/aprenentatge (l'ús de diferents eines simbòliques, entre elles l'ordinador; les característiques de les activitats; el paper desenvolupat pels agents socials: mestre, altres adults o companys) per explicar l'aprenentatge dels alumnes.

En segon lloc, i a partir d'aquest marc teòric, estudiarem les principals variables que s'han de tenir en compte en el disseny de situacions educatives que utilitzen les eines tecnològiques, entre elles l'ordinador, per facilitar l'aprenentatge dels alumnes, principal objectiu del nostre treball.

### **1.1. L'aproximació sociocultural del procés d'ensenyament/aprenentatge: principals eixos teòrics**

L'aproximació sociocultural destaca la relació entre el desenvolupament dels processos mentals dels individus i els seus escenaris culturals, històrics i institucionals. Des d'aquesta perspectiva, per entendre la ment humana és necessari estudiar les accions de l'individu en l'ambient cultural en el qual està immers.

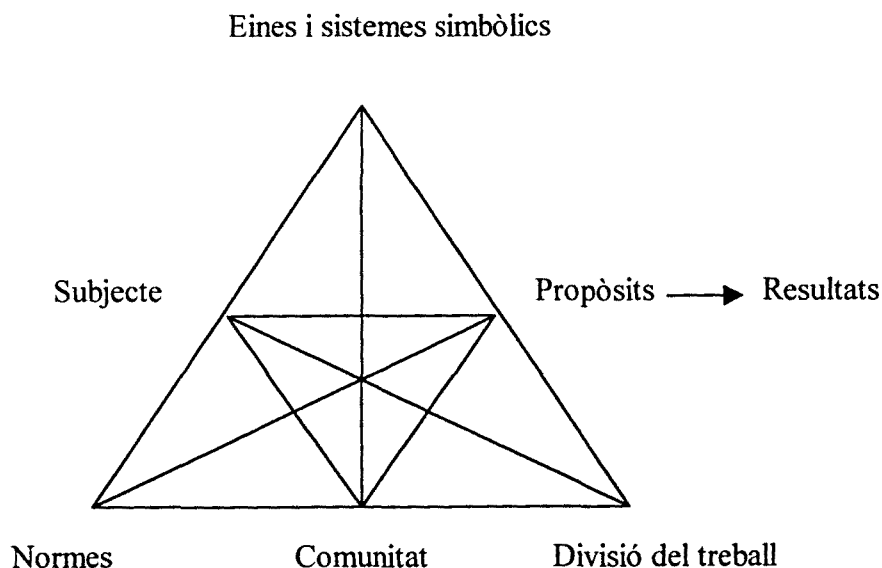
“Cuando se le da a la acción prioridad analítica, los seres humanos son concebidos en contacto con su ambiente, creando a su ambiente y a sí mismos por medio de las acciones en las que se involucran.” (Wertsch, 1993:25)

El concepte de cultura és concebut, des d'aquest corrent teòric, en un sentit ampli, com el conjunt de les diferents adaptacions de caire social, psicològic, tecnològic, econòmic i ideològic, entre altres, que un determinat grup humà ha anat elaborant al llarg del temps i que defineixen la manera de viure distintiva d'aquest grup. Així, diferents cultures dibuixen diverses maneres d'adaptació a l'entorn desenvolupades al llarg de la seva història. Partint d'aquest concepte de cultura, és evident que el desenvolupament humà té lloc necessàriament en el si d'un context cultural, que comporta maneres específiques d'interpretar i actuar en el medi, tant físic com social, on l'individu es desenvolupa. Així, des d'aquesta perspectiva teòrica s'emfasitza el caràcter social del desenvolupament humà (Miras, 1991).

L'ús d'instruments mediadors de caire social i cultural entre l'individu i l'entorn adquireixen una gran importància per explicar el desenvolupament humà. Però, des d'aquest enfocament teòric, és l'ús d'instruments psicològics, especialment els signes i els sistemes de signes, els que adquireixen un paper més rellevant perquè medien l'activitat humana i permeten l'emergència dels processos psicològics superiors - l'atenció selectiva, la memòria voluntària, el pensament abstracte...- i les seves propietats distintives: la regulació voluntària i la realització conscient. Aquestes eines simbòliques són construccions artificials, elaborades pels grups humans al llarg de la seva història i codificades amb diferents formats culturals (Onrubia, 1996).

Diferències en l'organització social i cultural entre diferents societats produiran canvis en el desenvolupament dels processos psicològics dels individus, processos que no maduren espontàniament sinó que requereixen de la relació interpersonal per a la seva construcció (Kozulin, 1994).

Segons Salomon i Perkins (1998) quatre són els eixos definitoris de la concepció sociocultural de l'aprenentatge: la influència d'altres persones en l'aprenentatge individual, la mediació social com a construcció participada de coneixement, la mediació social a través d'eines culturals i les entitats i organitzacions socials com a sistemes d'aprenentatge. Per estudiar i comprendre l'activitat i el desenvolupament humà és indispensable estudiar la interrelació d'aquests quatre eixos, és a dir, l'anàlisi aïllat d'un d'aquests eixos no ens permetrà entendre l'aprenentatge humà en profunditat. En aquesta mateixa línia argumental, Cole i Engeström (1991) representen la complexitat i la interrelació d'aquests factors en les característiques de l'activitat humana en el gràfic II-1:



Gràfic II-1: Interrelació entre els subjectes, les eines socials i l'organització de la comunitat en la realització d'una activitat (Cole i Engeström, 1991).

El gràfic mostra la influència de les diferents eines culturals utilitzades per realitzar l'activitat, com per exemple les eines i els sistemes de símbols. Aquestes realitzen la funció de mediació entre l'individu i els seus objectius (el propòsit de l'activitat). A més, l'activitat individual es produeix dins d'una comunitat social i, per tant, aquesta activitat serà influenciada, d'una banda, per la participació de l'individu en la comunitat a la que pertany. I, d'altra banda, per l'organització social de la comunitat, com per exemple, normes, regles, organització del treball o el rol social que l'individu té dins d'aquesta comunitat; també tindrà una influència directa en com el subjecte realitzi una activitat concreta.

A continuació, passem a estudiar amb més detall els quatre eixos assenyalats de la concepció sociocultural de l'aprenentatge.



### 1.1.1. La mediació social en l'aprenentatge individual

Els processos de relació interpersonal, entre dos o més persones que cooperen en la resolució d'una tasca, són una peça important per explicar l'aprenentatge i el desenvolupament individual. Aquests processos són els que ajuden a l'adquisició dels instruments i dels coneixements culturals necessaris per poder créixer i actuar en l'entorn físic i social en què l'individu es desenvolupa.

Des d'aquesta perspectiva, el desenvolupament individual no és entès com un procés de maduració espontani, sinó que per a la construcció dels processos psicològics típicament humans és necessari establir relacions interpersonals. En paraules de Castorina *et al.* (1996),

“las relaciones interpersonales ... en un contexto cultural le proporciona la “materia prima” del funcionamiento psicológico, el individuo cumple su proceso de desarrollo movido por mecanismos de aprendizaje accionados externamente.” Castorina *et al.* (1996:49),

Els diferents formats de mediació social faciliten la construcció d'un coneixement compartit que el subjecte pot utilitzar més tard com a activitat individual. En la teoria de Vigotsky aquest procés de construcció es coneix com “lei de doble formació dels processos psicològics”, en la qual tots els processos psicològics superiors apareixen durant el seu procés de desenvolupament dues vegades. Una primera, a nivell social i entre persones -interpsicològica- i, posteriorment, una segona vegada, en l'interior del propi nen -intrapicològica. Amb aquest principi, la perspectiva sociocultural explica el desenvolupament humà com un procés que “transforma” les característiques de les activitats compartides socialment en processos internalitzats de caire individual (Kozulin, 1994). Així, l'aprenentatge

humà és produïx “de fora a dins” mitjançant l’apropiació i la interiorització (Leont’ev, 1981) progressiva d’accions externes.

El concepte d’internalització atorga una interdependència entre els processos mentals de la ment humana i els processos socials, històrics, culturals i materials. La internalització es concebuda com una representació de l’activitat social, un procés que apareix de manera simultània en la pràctica social i en la ment individual. Analitzar els mecanismes d’internalització i d’apropiació dels sistemes de símbols elaborats socialment pels aprenents és un dels principals objectius d’investigació des de la perspectiva sociocultural (John-Steiner i Mahn, 1996).

Mercer (1981) exemplifica els conceptes d’interiorització i apropiació amb l’acció de la seva filla de nou mesos davant l’oferiment del seu germà de jugar amb un cotxet nou. Tot i que era la primera vegada que la nena havia vist un cotxet a casa, ella va començar de seguida a moure’l pel terra i fer el soroll de “brmm, brmm”. L’explicació a aquesta resposta tant quotidiana és que -tot i que no havia tingut l’oportunitat de jugar amb un cotxe anteriorment- la nena havia vist, a l’escola bressol i al parc infantil, jugar a nens més grans amb joguines similars. L’apropiació de la concepció cultural i de les funcions de la joguina “cotxet” a partir de les accions realitzades per un nen més gran mentre hi jugava o, fins i tot, dels cotxes reals que circulen pel carrer, han permès a la nena jugar-hi un cop ha pogut tenir un cotxet a les seves mans. Des d’un començament, la joguina era un objecte culturalment definit, i no simplement un objecte estrany al qual la nena tingués que descobrir les seves propietats i funcions.

En la nostra societat, tenen lloc diferents tipus de relació interpersonal i, per tant de mediació social. Des de les configuracions d’un a un (tutor, pare o mestre amb l’aprenent), un a molts (professor i un grup classe), fins a les relacions de molts a un (parelles, trios o grups col·laboratius en les quals l’aprenent participa activament).

Si bé el desenvolupament dels processos psicològics superiors són fruit de processos d'interacció interpersonal, no tota interacció produeix un desenvolupament o avanç del subjecte. Perquè una interacció sigui "eficaç" i produeixi aprenentatge cal que aquesta es situï en l'espai definit pel concepte de zona de desenvolupament proper. Segons Vigotsky (1979) aquest concepte psicològic és definit com:

"No es otra cosa que la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz." (Vygotski, 1979:133).

Per González i Palacios (1990), quatre característiques són crucials per facilitar l'aprenentatge i el desenvolupament en relació al concepte de zona de desenvolupament proper (ZDP):

En primer lloc, la ZDP no és quelcom preexistent en el nen que l'adult o un company amb un major nivell de competència posi de manifest durant la interacció, i tampoc és la mera transmissió a l'interior del nen de tot allò que es disposi en l'exterior. La ZDP és un espai que ha de ser intencionalment creat per l'adult sobre la base del desenvolupament ja adquirit pel nen.

En segon lloc, és un espai que cal ser creat amb l'acció conjunta dels diferents membres que participen en la interacció i amb processos de negociació d'aquesta activitat per tots els membres. Aquesta negociació permetrà a l'adult adaptar l'activitat a un nivell assumible i, a la vegada, estimular al nen i afavorir que aquest arribi a nivells de competència cada vegada superiors. Segons Moll (1990), sense activitat conjunta negociada no es possible crear una ZDP.

En tercer lloc, aquests processos de negociació han de complir dues característiques, que han estat descrites en la literatura amb la metàfora de la



bastida. La primera característica és que l'adult ha de situar la definició de la tasca una mica per damunt de les capacitats actuals del nen, de manera que suposi un repte per a aquest. La segona característica, és que el nivell d'ajut de l'adult en la realització de la tasca ha de ser inversament proporcional al nivell de competència que vagi mostrant el nen.

En quart lloc, la important funció del llenguatge en els processos de negociació de l'activitat conjunta. El llenguatge és una de les eines fonamentals que facilita l'intercanvi d'experiències i de coneixements culturals durant la interacció social. Ara bé, el tipus de llenguatge que gestiona l'ajut durant els processos de bastida i que estira a l'alumne cap a nivells de competència superiors pot ser molt diferent. En paraules de González i Palacios (1990)

“El universo de significados que el adulto maneje en la interacción resultará ser crítico a la hora de determinar el universo de significados a que podrá acceder el niño en el plano intrapsicológico.” González i Palacios (1990:103)

La interacció social en la ZDP possibilita la participació creixent de l'aprenent en les diferents activitats socials que es realitzen en el context on viu. Els agents socials amb els que pot interactuar l'alumne en la ZDP poden ser molt diversos, poden incloure subjectes, adults o nens amb diferent nivell d'expertesa, però també podem incloure eines culturals com, per exemple, llibres, vídeos, pissarra, ordinador i material científic (Brown, 1992; Brown, *et al.* 1993). La mediació de les diferents eines culturals en l'aprenentatge dels alumnes configura un altre dels eixos teòrics claus des de la perspectiva sociocultural i serà estudiat en el següent apartat.

En síntesi, els conceptes de mediació social, apropiació i construcció constitueixen tres pilars bàsics de l'aproximació sociocultural del procés d'ensenyament/aprenentatge.

### **1.1.2. La mediació social a través d'eines culturals**

Una de les característiques de l'espècie humana és la utilització de diferents eines que li permeten transformar l'entorn, adaptar-se activament a ell i realitzar noves formes d'activitat. L'ús de diferents tipus d'eines ens permet processar de manera diversa la informació que ens arriba de l'entorn transformant, així, les nostres capacitats cognitives (Martí, 1992).

Les eines que han aconseguit transformar de manera més notable l'activitat cognitiva humana han estat les eines simbòliques (Vygotsky, 1979). Les eines simbòliques ens permeten representar internament la realitat i operar sobre aquesta representació, d'aquesta manera, el subjecte pot fugir de la dictadura d'aquí i ara, i pot utilitzar la representació mental dels estímuls externs en qualsevol moment i no només quan aquests apareixen en la vida real (Alvárez i Del Rio, 1990).

El sistema format per una persona o persones que utilitzen eines instrumentals i/o simbòliques és un sistema que afavoreix l'aprenentatge a dos nivells: com un mitjà que permet l'acció en el món que ens envolta i com un mediador cognitiu que facilita, enriqueix i transforma aquesta acció. Per exemple, la interpretació de dades de la realitat és diferent amb ús o no ús de sistemes estadístics, o bé, els processos de memòria actuen de manera diferent des de què l'home ha adquirit l'escriptura (Pea, 1987, Salomon i Perkins, 1998).

Segons Salomon, Perkins i Globerson (1991) i Salomon i Perkins (1998), les transformacions cognitives com a conseqüència de l'ús d'eines i sistemes simbòlics es poden estudiar des de dos perspectives: l'efecte que té en l'aprenentatge el fet de treballar "amb" l'eina i l'efecte "de" l'eina.

Els efectes de treballar "amb" l'eina venen fonamentalment definides per les característiques concretes de l'eina. Els efectes d'utilitzar una eina determinada es

refereixen als canvis en el funcionament cognitiu i l'expansió de les diferents possibilitats d'acció que l'eina ofereix. Així, per exemple, en el camp de la construcció, les activitats que es poden realitzar amb una grua mecànica són molts diferents que les que ofereix una grua manual. En la tasca d'escriure un text, les accions a realitzar per l'individu són, també, molt diferents si s'utilitza llapis i paper o si s'utilitza un processador de textos. Mentre que amb el llapis i paper l'alumne ha de dedicar esforços cognitius en pensar i ordenar les idees que vol comunicar, seleccionar el vocabulari adequat i corregir ortogràfica, sintàctica i gramatical el text escrit; l'ús de l'ordinador permet que l'individu se centri fonamentalment en pensar i ordenar les idees del seu discurs, ja que la màquina pot fer les altres feines. El fet que l'ordinador assumeixi la feina de correcció del què està escrivint i ajudi en l'elecció de vocabulari a partir de la presentació de sinònims, pot permetre que el subjecte centri la seva atenció en els aspectes fonamentals del procés escriptor i, presumiblement, el text escrit amb ordinador pot tenir una qualitat superior havent-se realitzat amb un esforç menor. En paraules de Salomon *et al.* (1991:3) treballar amb una eina intel·ligent com l'ordinador "té efectes en el "què" fa l'alumne, "com" ho fa i "quan" ho fa".

Els efectes en l'aprenentatge "de" l'eina fan referència als canvis que es produeixen més enllà del seu ús immediat, és a dir, té una repercussió en el repertori de processos i d'estratègies cognitius del subjecte i, per tant, en la manera en què aquests s'utilitzen per processar i representar la informació de l'entorn en altres situacions. Les diferents accions que el subjecte realitza quan utilitza diversos tipus d'eines té conseqüències en el seu desenvolupament cognitiu. Així, per exemple, el subjecte que utilitza bases de dades informatitzades pot adquirir un conjunt d'estratègies per cercar informació diferents a qui utilitza bases de dades amb suport de paper, les quals poden ser útils i extrapolades per buscar informació en qualsevol altre context.

Per Brown, *et al.* (1993), si es dissenya una situació educativa amb unes característiques adients, el treball amb un company intel·ligent com és l'ordinador pot situar a l'alumne en la zona de desenvolupament proper i l'ordinador pot actuar com el company expert en la realització d'una tasca que estira a l'alumne i estimula l'activació de processos cognitius d'alt nivell (Brown, *et al.*, 1993).

Concloent, els canvis que es produeixen en el subjecte com a conseqüència de l'ús de diferents tipus d'eines va més enllà de les diverses accions que es poden realitzar amb les característiques de cada eina, sinó que poden modificar el saber d'una cultura determinada (Salomon i Perkins, 1998). L'ús de l'ordinador a l'escola pot servir per exemplificar aquesta afirmació. Inclòs l'ús més simple de l'ordinador com a eina que ajuda en la presentació i en la realització d'exercicis comporta grans modificacions en el procés d'ensenyament/aprenentatge. La realització d'aquestes activitats amb l'ús de l'ordinador comporta que l'alumne gestioni diferents tipus d'informació simbòlica i que desenvolupi processos de disseny, d'exploració i de descobriment diferents als que es desenvoluparien en la resolució de les mateixes activitats amb llapis i paper. Així, l'ordinador adopta el paper d'eina que transforma substancialment el context d'aprenentatge de l'aula, modificant la manera en que el professor actua, redefinint el currículum i propiciant nous formats d'interacció (Salomon *et al.*, 1991). En aquesta mateixa línia argumental es situen les paraules de Rodríguez Illera (1997)

“se considera que los ordenadores son un instrumento privilegiado de mediación entre las actividades de enseñanza y la asimilación cognitiva. Al igual que otras herramientas, pero de forma mucho más específica por ser herramientas “cognitivas”. Esta característica mediacional de las herramientas, puentes entre lo interactivo (como forma concreta de lo social) y lo intrapsíquico, alcanza uno de sus mayores grados de perfección con los ordenadores.” Rodríguez Illera (1997:79)

L'estudi dels efectes que pot tenir en l'aprenentatge la mediació de diferents eines culturals és un dels principals objectius del nostre treball. En aquest sentit, estudiarem les conseqüències que pot tenir en el procés de resolució de problemes matemàtics les característiques del treball “amb” i “de” l'ús de dos eines diferents: el programa informàtic del full de càlcul i la calculadora. Seguint les idees exposades en aquest apartat, la mediació de les característiques simbòliques del full de càlcul en la resolució de problemes haurien de tenir conseqüències positives en l'aprenentatge.

### **1.1.3. La participació activa en contextos socials i la construcció de coneixement: l'aprenentatge situat**

En els anteriors apartats, hem destacat la importància de la mediació dels diferents agents socials (d'altres persones i de les eines culturals que aquestes utilitzen) en l'aprenentatge i el desenvolupament de l'individu. Aquests aporten les condicions del context necessàries perquè l'individu construeixi, interioritzi i s'apropriï dels sabers culturals necessaris per ser membre d'una comunitat social concreta.

Segons Sfard (1998), darrera de la concepció teòrica que emfatitza que els conceptes són “transferits” del pla social al pla individual i internalitzats per l'alumne, hi pot haver la concepció de l'aprenentatge per adquisició. Seguint les paraules d'aquesta autora, la ment humana és entesa com

“a container to be filled with certain materials and about the learner as becoming an owner of these materials.” (Sfard, 1998:5)

En contrast amb l'aprenentatge com un procés individual d'internalització, molts autors destaquen la importància que té per al desenvolupament individual la participació activa del subjecte en el procés social de construcció del coneixement

(Rogoff, 1993; Lave i Wenger, 1991; Anderson, Reder i Simon, 1996 i Greeno, 1997, entre els autors més destacats). Des d'aquesta perspectiva, l'aprenentatge és entès en termes d'acció i participació en un context determinat i l'aprenent és concebut com un subjecte interessat en participar en determinades activitats, més que en tenir "possessions" o aprenentatges determinats.

Així, aprendre és formar part d'una determinada comunitat i ser capaç de realitzar les accions que s'hi porten a terme. La participació creixent del subjecte en comunitats de pràctica pren el procés d'aprenentatge com el conjunt de les relacions entre les persones en activitat en i amb un context culturalment estructurat (Lave i Wenger, 1991). Així, el context social i l'individu es consideren com un sistema integrat i altament situat en què és molt difícil separar la cognició individual de les activitats i del context on aquesta es desenvolupa, en paraules de Salomon i Perkins (1998):

"Accordingly, the learning products of this system, jointly constructed as they are, are distributed over the entire social system rather than possessed by the participating individual..."

The identity of an individual... is a function of her being (or becoming) a part of a grater entity." (Salomon i Perkins, 1998:4-5)

Els contextos socials són entesos com a sistemes que faciliten l'aprenentatge dels individus, però no en el sentit de ser sistemes amb molta informació (coneixement) que possibiliten la seva transmissió i interiorització, sinó com a sistemes que afavoreixen la construcció de coneixement fruit de la interacció social i la participació activa en aquesta interacció de tots els seus membres. Des d'aquesta concepció teòrica, el concepte de participació esdevé clau per entendre el procés i el producte de l'aprenentatge, en paraules de Salomon i Perkins (1998):



“The name of the game is participation, and it stands in stark contrast to the decontextualizable cognitive attainments of the individual.” (Salomon i Perkins, 1998:9)

Així, aquest tercer aspecte teòric interrelaciona la visió individual i social de l'aprenentatge ja que considera l'individu i els agents socials com un sistema d'aprenentatge unificat i situat en un context determinat.

Seguint aquest discurs, l'aprenentatge individual està condicionat a les característiques del context i el tipus de participació en les activitats que s'hi realitzen. Lave i Wenger (1991) exemplifiquen aquesta idea amb l'estudi de les diferències en la participació d'activitats en cinc contextos diferents. En concret, aquests autors estudien els casos següents: les llevadores de la província del Yucatan, els sastres de Vai i Gola, els intendants de la marina en les tasques de localització del vaixells, els carnisers i els alcohòlics que aprenen tècniques per deixar de beure.

A partir d'aquests estudis els autors assenyalen que la variable definitòria de l'aprenentatge és la participació creixent dels aprenents en la realització de l'activitat. En tots els casos, els experts creen espais per anar oferint de manera progressiva la realització de l'activitat a l'aprenent. Aquest fet afavoreix que l'aprenent s'identifiqui com un membre actiu de la comunitat incrementant la seva motivació per realitzar les tasques que aquesta li encomana. En aquestes investigacions també s'assenyalen importants diferències en el tipus d'aprenentatge produïts per les característiques del context i del tipus de participació de l'aprenent. Concretament, aquest autors destaquen les cinc variables següents per explicar les diferències en l'aprenentatge dels estudis esmentats: l'objectiu de l'activitat, la distribució del treball, la interacció social entre els membres, el tipus d'eines utilitzades i les característiques de llenguatge.

En aquest sentit, per exemple, es destaquen els canvis en l'aprenentatge en una mateixa comunitat, concretament en la dels sastres de Vai i Gola, quan es produeixen modificacions en l'activitat d'aprenentatge. En aquest context, es modificà l'objectiu de l'activitat: de subministrar roba a la gent de la zona cap al de produir roba i altres objectes per al turisme. Aquest canvi va produir grans diferències en el traspàs de responsabilitat en la realització de l'activitat dels aprenents, en les eines utilitzades i en l'organització del treball de tota la comunitat. Segons els autors, aquest canvis van devaluar el procés i el tipus d'aprenentatge dels aprenents d'aquesta comunitat.

Com a conclusió d'aquests estudis, i centrant-nos en el camp escolar -marc del nostre treball- podem sostenir que les característiques del context d'ensenyament/aprenentatge com: els objectius, les interaccions socials dels membres que hi participen, el tipus de participació que realitzen els alumnes en l'activitat escolar, com es cedeix el traspàs de control en la realització d'aquesta activitat del mestre als alumnes, els materials d'aprenentatge i el tipus d'eines que s'utilitzen; són variables que incideixen directament en el tipus d'aprenentatge al que arriben els alumnes i que, per tant, és necessari planificar i dissenyar situacions d'ensenyament/aprenentatge que tinguin en compte aquests elements com a eines afavoridores de l'aprenentatge.

La dicotomia entre l'aprenentatge individual o per adquisició i l'aprenentatge situat o com a participació en una comunitat de pràctica ha portat a molts autors a analitzar les avantatges i inconvenients d'ambdós tipus d'aprenentatges. Sford (1998) realitza una d'aquestes anàlisis i arriba a la conclusió que no és possible comprendre l'aprenentatge només des d'una visió purament "d'adquisició" o des d'una visió purament "participativa". Ambdós tipus d'aprenentatges són complementaris i necessaris per aconseguir els objectius educatius. Les principals diferències entre aquestes dues maneres d'entendre l'aprenentatge les presentem resumides en la taula II-1.

	<b>Aprentatge per adquisició</b>	<b>Aprentatge per participació</b>
<b>Objectiu de l'aprenentatge</b>	Enriquiment individual	Construcció de la comunitat
<b>Què és aprendre</b>	Adquirir alguna cosa	Ser un membre participant d'una comunitat
<b>Alumne</b>	Recipient, reconstructor	Aprenent, participant perifèric
<b>Professor</b>	Proveïdor, facilitador, mediador	Participant expert, potenciador de pràctica
<b>Coneixement</b>	Possessió d'alguna cosa, propietat.	Aspecte concret de la pràctica o de l'activitat
<b>Conèixer</b>	Fet de posseir, de tenir alguna cosa.	Fet de pertànyer, participar, comunicar en una comunitat.

Taula II-1: Principals característiques de les metàfores explicatives del procés d'ensenyament/aprenentatge per adquisició i per participació.

El principal aspecte dèbil que Sfard (1998) destaca de l'aprenentatge per adquisició, i que es poden superar incorporant la perspectiva participativa i situada del procés d'aprenentatge és el fet que el pensament i l'aprenentatge sempre es situen en un context determinat, és difícil pensar en els conceptes i la informació que romanen en les nostres ments buides de les característiques del context on han estat apresos. Per tant, aprenentatge i context són dos conceptes que van molt lligats i que és necessari tenir en compte al dissenyar situacions educatives.

El principal aspecte dèbil que es destaca d'una visió de l'aprenentatge purament participativa i situada en un context determinat és la dificultat d'aconseguir un dels principals objectius educatius, la transferència dels aprenentatges. El concepte de transferència implica el fet d'estar deslligat d'un context determinat. Si volem que l'alumne sigui capaç de "transportar" un contingut d'un context a un altre, aquest s'ha de despendre de les característiques que el lliguen a un context molt concret. És a dir, hem d'ensenyar a l'alumne a ser capaç de conèixer i abstraure aquells

aspectes que són generalitzables i aplicables a altres situacions per resoldre activitats situades en contextos diferents al que ha après un determinat contingut.

L'anàlisi dels aspectes positius i negatius de les metàfores explicatives de l'aprenentatge com a "adquisició" o com a "participació" mostra la necessitat d'integrar-les en la recerca sobre el procés d'aprenentatge, en paraules de Sfard (1998):

"As researchers, we seem to be doomed to living in a reality constructed from a variety of metaphors. We have to accept the fact that the metaphors we use while theorizing may be good enough to fit small areas, but none of them suffice to cover the entire field." (Sfard, 1998:12)

#### **1.1.4. Les organitzacions socials com un sistema d'aprenentatge**

El quart eix teòric que s'emfasitza des de la perspectiva sociocultural és una conseqüència del tercer: si l'aprenentatge és fruit de la construcció participada en un determinat context social, el conjunt de subjectes que formen una organització social i que interactuen en un determinat context poden, d'una banda, com a conjunt aprendre i, d'altra banda, com a organització pot propiciar un millor aprenentatge dels individus que en formen part. Aquests tipus d'organitzacions socials poden incloure per exemple, família, escola, equips qualificats, organitzacions sanitàries i organitzacions de negocis.

Aquest quart apartat, fa referència a la necessitat i a la possibilitat de dissenyar entorns d'ensenyament/aprenentatge dirigits a les característiques d'una organització social determinada, per exemple, educació per a pares, cursos per a embarassades o cursos de formació per a executius; en tots aquests casos es tracta d'una formació adreçada a un conjunt d'individus, que socialment tenen una organització, unes característiques, uns objectius i realitzen unes funcions socials

molt determinades. L'avantatge d'aquests entorns educatius és que són, en si mateixos, molt situats ja que sempre tenen lloc en un determinat context. Els processos d'imitació molt contextualitzats en les diferents pautes de relació social que tenen lloc en el si de l'organització o entitat social, o els models de distribució de la feina entre els seus membres, són els principals mecanismes d'aprenentatge.

El nostre àmbit de treball s'adreça a l'organització social de l'escola. S'ha escrit molt sobre la categorització de l'escola com una organització social amb unes característiques determinades. En aquest sentit, es mostren els arguments d'Onrubia (1996) al considerar a l'escola i a l'educació escolar com una organització social amb dues funcions:

“De acuerdo con la primera de ellas, la educación escolar constituye, intrínsecamente y por su propia naturaleza, una práctica social y socializadora, es decir, una actividad socialmente regulada y organizada, que cumple, eventualmente entre otras funciones, la de asegurar -o tratar de asegurar- que los niños y niñas de un cierto grupo social aprenden un conjunto particular de contenidos de distinto tipo que ese grupo considera, en un momento dado de su historia y desde sus coordenadas culturales propias, importante para ellos. De acuerdo con la segunda, ese carácter social y socializador de la educación escolar la convierte, también de forma intrínseca a su propia naturaleza, en un contexto privilegiado para el crecimiento personal de los niños y niñas y para la construcción de su individualidad; en otros términos, en un entorno que contribuye de manera decisiva a que esos niños y niñas vayan desarrollando todas aquellas capacidades que les van a permitir, transformarse en personas adultas, con la competencia suficiente como para dirigir y regular su propia vida, actuar en el seno del grupo social al que pertenecen, y tomar posiciones activas y críticas en relación a la cultura y la dinámica de funcionamiento de ese grupo.” (Onrubia, 1996:2-3)

Seguint els arguments d'aquest autor, quatre són les característiques del context escolar com a sistema d'aprenentatge i que el diferencien d'altres contextos i organitzacions socials.

En primer lloc, la motivació per aprendre. L'escola es caracteritza per proposar un aprenentatge orientat al futur, a mig i a llarg termini. Sovint, les activitats que es realitzen no tenen una finalitat en si mateixes, sinó que pretenen aconseguir objectius més generals i externs a la pròpia activitat. Aquesta característica diferencia clarament les activitats escolars de les activitats que realitzen els nens en altres contextos, en les quals les conseqüències són immediates i tenen un objectiu concret.

En segon lloc, en el context escolar, les característiques de la relació entre el que aprèn i el que ensenya són distants i amb poca càrrega emocional i afectiva. En altres contextos, es sol presentar una relació molt afectiva entre l'aprenent i l'ensenyant, en els quals l'activitat del mestre és inseparable del contingut que ensenya. Aquest fet no es produeix en l'escola en què l'important és el contingut a ensenyar, i aquest s'ensenya independentment de les característiques del professor.

En tercer lloc, les característiques de l'organització social del context d'aprenentatge són habitualment grups d'alumnes de caràcter homogeni en relació a l'edat i de mida relativament gran. Són grups que treballen normalment de manera individual. Característiques també molt diferents a les que es presenten en altres contextos en els quals la interacció social es presenta en petits grups i es treballa de manera col·laborativa.

En quart lloc, els mecanismes mediadors bàsics per facilitar l'aprenentatge són fonamentalment de caire "simbòlic-mental", és a dir, l'aprenentatge se centra en la manipulació de símbols i, en certa manera, aquesta manipulació es realitza de manera aïllada dels referents o contextos naturals. El llenguatge, sobretot escrit,



ocupa un lloc destacat en aquesta manipulació simbòlica com eina d'aprenentatge. Aquesta característica també és diferenciadora d'altres contextos i organitzacions socials, en els quals predomina l'aprenentatge "físic-instrumental".

## **1.2. Característiques del disseny d'entorns educatius mediats per ordinador**

D'acord amb Bellamy (1996), tres conseqüències educatives se'n deriven de la teoria sociocultural del desenvolupament humà per al disseny de situacions educatives que utilitzin eines tecnològiques com l'ordinador, i estudiades en l'anterior apartat. En primer lloc, qualsevol activitat mental està mediatitzada per l'ús de diferents eines simbòliques, que amplifiquen i reorganitzen aquesta activitat. Les característiques peculiars de cada eina generaran un tipus d'activitat mental diferenciada. Així, caldrà conèixer les característiques generals i específiques de l'eina o les eines que s'utilitzin amb l'objectiu de dissenyar la situació educativa que aprofiti millor totes les seves potencialitats per afavorir l'aprenentatge. En aquest sentit, el nostre estudi parteix, per al disseny i l'anàlisi de la proposta d'ensenyament/aprenentatge, de les característiques de l'ordinador, en general, i del full de càlcul en particular, i que seran detallades en els propers apartats del nostre treball.

En segon lloc, un dels objectius de l'educació ha de ser proveir als nens els medis adequats i necessaris que els permetin prendre part de manera activa en el context social i cultural al què pertanyen. Així, els nens han de tenir accés i participar en activitats culturals autèntiques i amb eines similars a les que utilitza la societat en què viuen. Aquesta participació creixent amb les eines i les activitats culturals del seu entorn, permetrà als alumnes interioritzar els sabers culturals de la comunitat on viuen, i així, identificar-se i participar com a membres d'aquesta comunitat.

En tercer lloc, el pensament és mediat per instruments i per estructures socials, les quals es regeixen per unes pautes d'interacció social i de distribució de tasques. El disseny d'entorns mediats per ordinador també ha d'incorporar aquest tercer factor. En aquest sentit cal tenir en compte, d'una banda, la incorporació de l'ordinador en els diferents nivells o estructures socials de l'organització escolar. D'altra banda, és necessari dissenyar situacions educatives que potenciïn la interacció social dels diferents membres de la comunitat escolar.

En els següents apartats, estudiarem amb més detall les tres conseqüències teòriques apuntades per al disseny de situacions educatives que utilitzen eines tecnològiques, fent referència a com s'han concretat en el nostre treball.

### **1.2.1. L'ordinador com amplificador i reorganitzador de l'activitat cognitiva**

Com hem esmentat anteriorment, qualsevol activitat mental ve mediatitzada per l'ús de diferents eines instrumentals i simbòliques, aportades per l'entorn cultural on viu l'individu. L'ús d'aquestes eines culturals ajuda a transcendir les limitacions de la ment (per exemple, la capacitat d'atenció o la capacitat de la memòria de treball) en la resolució de tasques i, per tant, modifica substancialment la manera de pensar i d'aprendre. Així, per exemple, el procés d'aprenentatge d'un contingut matemàtic pot ser molt diferent si tenim una pissarra i un guix, o bé un paper i un llapis o un ordinador. Els processos cognitius implicats en l'ús d'aquestes tres eines per resoldre una tasca matemàtica són molt diferents entre ells. Mentre que amb la pissarra i el guix hem d'esborrar després de resoldre un problema, amb el paper i llapis podem conservar i revisar la feina feta, i amb l'ordinador les possibilitats de manipular informació matemàtica i de guardar-la es multipliquen. Cadascuna de les

tres eines citades ofereix una manera peculiar de tractar la informació matemàtica, amplificant, organitzant i transformant la manera d'aprendre matemàtiques.

Els diferents processos mentals implicats en l'ús d'una eina són en última instància els que expliquen la manera d'aprendre que se'n deriva i els canvis cognitius que es produeixen en l'individu (Martí, 1993).

En aquest sentit, l'objectiu d'aquest apartat és estudiar les característiques i els processos cognitius generals que es poden desenvolupar amb l'ús de l'ordinador, amb la finalitat de poder dissenyar situacions educatives adients que aprofitin les seves possibilitats per afavorir l'aprenentatge dels alumnes.

Com ja hem apuntat a l'inici del capítol, l'ordinador no és una eina unitària i global, sinó que és una eina que presenta diferents característiques en funció del programa informàtic que s'utilitzi. Ara bé, a pesar d'aquesta diversitat d'ús i de característiques que dibuixen diferents tipus de mediació de l'activitat cognitiva, també s'assenyalen un conjunt de trets comuns a tots els tipus de programes existents i que són definitoris de l'eina informàtica en general.

En aquest apartat, pretenem estudiar aquestes característiques que es poden trobar en un gran nombre d'aplicacions informàtiques, i deixarem per més endavant l'estudi concret de les característiques mediadores del programa que hem utilitzat en el nostre treball, el full de càlcul.

L'ordinador, com a eina que pot processar, de manera simultània, informació simbòlica -bé de caire lingüístic, matemàtic o icònic- té un valor amplificador i organitzador de l'activitat mental superior a altres mediadors externs. Així, autors com Martí (1992) defineixen a l'ordinador com un "metamitjà" perquè pot expressar, manipular i combinar qualsevol tipus de símbols emprats per altres mitjans.

Aquesta característica atorga a l'ordinador un conjunt de trets amb un gran valor educatiu que incideixen, de manera peculiar i diferent a altres medis simbòlics, en el procés d'ensenyament/aprenentatge dels alumnes. D'entre aquests trets distintius i definitoris destaquem els set següents:

a) En primer lloc, una de les principals característiques que diferencien el medi informàtic d'altres medis simbòlics és la capacitat per juxtaposar diferents sistemes de símbols. Així, l'ordinador permet traduir i presentar una mateixa informació utilitzant diferents codis simbòlics (gràfic, sonor, escrit, matemàtic... ) aportant un coneixement i una representació peculiar de la realitat que facilita la seva comprensió als alumnes (Dickson, 1989; Farmer i Hyatt, 1994).

Aquesta multirepresentació d'una mateixa informació pot afavorir l'aprenentatge de les relacions essencials del contingut a aprendre per l'alumne i pot potenciar un aprenentatge deslligat del context concret en què es presenta, afavorint així, la generalització i transferència dels continguts apresos a altres situacions. La traducció simbòlica en múltiples llenguatges i de forma instantània que ofereix l'ordinador pot afavorir l'adquisició per part de l'alumne d'un aprenentatge més profund i significatiu, centrat més en els elements i les relacions substancials d'un contingut (Balacheef i Kaput, 1996).

En aquest sentit, per exemple, si l'alumne pot traduir l'enunciat d'un problema matemàtic a un llenguatge gràfic que exemplifiqui les diferents parts del problema i viceversa, aquesta traducció pot ajudar-lo a establir relacions entre les situacions que planteja el problema i les operacions matemàtiques que són necessàries per resoldre'l.

b) En segon lloc, l'ordinador, d'igual manera que altres medis simbòlics, està format per un conjunt de símbols regits per unes regles precises que cal conèixer per poder utilitzar-lo. Però, a diferència d'altres medis simbòlics, el rigor i la

precisió en el coneixement de la simbologia i les regles és molt més elevat en el medi informàtic. Sovint per aconseguir un resultat determinat cal seguir un ordre concret en les instruccions i una gran precisió en la utilització dels símbols.

L'exigència, en la interacció amb l'ordinador, d'una actuació precisa de l'alumne pot afavorir la planificació de les seves accions abans d'interactuar amb l'ordinador i la regulació de les actuacions planificades durant la resolució de la tasca, si els resultats de l'acció de l'alumne no s'ajusten als esperats.

Un exemple d'aquesta característica el podem trobar en la utilització d'un programa obert com el full de càlcul, en el qual la complexitat i la peculiaritat de la simbologia i de l'estructura del programa requereixen d'una planificació prèvia i d'un reajustament continu d'acord amb els resultats de l'actuació de l'estudiant. L'exigència d'aquesta actuació de l'alumne quan utilitza l'ordinador pot facilitar un aprenentatge més conscient i controlat.

c) En tercer lloc, cal destacar la varietat i riquesa del tipus d'interacció que es produeix amb l'ordinador. Així, la versatilitat del programari informàtic permet crear diferents tipus d'interaccions entre alumne-ordinador (Lewis, 1998). Aquestes poden ser des de molt guiades fins a molt obertes, i poden combinar la interacció entre els diferents elements educatius (alumne, ordinador, companys, professor i altres tecnologies).

A diferència d'altres medis simbòlics, la interacció alumne-ordinador és continuada e immediata (Martí, 1992). Cadascuna de les decisions i accions que realitza l'estudiant tenen una resposta instantània. Aquest fet pot possibilitar que l'alumne controli les seves accions d'acord amb la reacció o resposta que ofereix la pantalla de l'ordinador i, per tant, que pugui regular-les i modificar-les tenint en compte l'adequació als objectius prèviament planificats.

d) En quart lloc, l'ordinador és un medi dinàmic que permet simular fenòmens i processos reals. L'alumne pot manipular les variables que defineixen una determinada situació i observar els efectes que produeix la variació dels diferents paràmetres, aquest maneig de continguts complexos en pot afavorir el seu aprenentatge (Jong i Joolingen, 1998). Per exemple, l'alumne pot simular el procés de digestió i d'assimilació de determinats aliments pels éssers vius i observar com afecta la manipulació d'algunes variables (per exemple, quantitat d'aliment ingerit, tipus d'aliment) i/o estadis intermedis (per exemple, si no funciona correctament l'estómac o els intestins) en el procés d'assimilació i de creixement de l'ésser viu.

El dinamisme del medi informàtic també permet recollir els passos intermedis d'un procés de resolució. La resolució d'una tasca amb l'ordinador obliga al nen a explicitar el procés de pensament que segueix per resoldre la tasca, mitjançant les ordres i comandes que ha d'introduir en l'ordinador per a que aquest les executi i resolgui l'exercici. L'explicitació i l'enregistrament de tots els passos que ha realitzat l'alumne per resoldre la tasca pot afavorir l'anàlisi, reflexió i avaluació posterior dels criteris de decisió que han marcat la utilització de determinades estratègies de resolució, de la seva validesa per aconseguir l'objectiu d'aprenentatge, la valoració d'altres estratègies i procediments de resolució, entre altres. En aquest sentit, l'ordinador pot ser utilitzat com a mirall del propi pensament i afavorir la consciència i regulació dels propis processos cognitius (Clariana, Domènech i Monereo, 1991).

e) En cinquè lloc, i com ja hem apuntat en les anteriors característiques, el treball amb l'ordinador emfasitza que l'alumne es “pari a pensar” abans, durant i després de resoldre una tasca, i pot facilitar el procés d'aprenentatge d'estratègies cognitives i metacognitives de planificació, de regulació i d'avaluació.

f) Un sisè tret distintiu i definitori és que la interacció de l'alumne amb l'ordinador pot afavorir l'articulació i la integració continuada del coneixement conceptual, que



vol fer (escriure un text, fer un dibuix, resoldre un problema... ), amb el coneixement procedimental, com ho farà, quins instruments dels que li ofereix l'ordinador seleccionarà, quins passos seguirà i quines ordres donarà a l'ordinador.

g) Finalment, l'ordinador realitza una part de la feina del procés de resolució d'activitats i descarrega intel·lectualment a l'alumne d'una porció de treball, sovint la part més mecànica, feixuga i costosa per l'alumne (per exemple, ortografia, càlcul, ordenació de termes i classificació de gran quantitat de dades). Aquesta distribució de la feina entre l'ordinador i el subjecte pot afavorir que el segon incideixi més en els aspectes de procés (la planificació dels passos a seguir, les estratègies de resolució més adequades, els procediments idonis a seleccionar... ) i en endegar processos cognitius més complexos (Rodríguez Illera, 1997).

Al llarg d'aquest apartat hem exposat les característiques del medi informàtic i de l'activitat cognitiva i metacognitiva que aquest pot generar quan s'utilitza com a eina medidora en la resolució de tasques escolars. Però, com a conclusió d'aquesta revisió, volem ressaltar que l'ordinador no és una "recepta màgica" que només pel fet d'utilitzar-lo incrementa les estratègies cognitives i metacognitives dels alumnes. Estudis realitzats sobre l'ús d'habilitats metacognitives per part dels alumnes quan treballen amb l'ordinador confirmen que l'ordinador no és un mitjà suficient per desenvolupar aquest tipus d'habilitats. És necessari emfasitzar les característiques de la situació d'ensenyament/aprenentatge que aprofiti les seves potencialitats com a mediador simbòlic de la realitat com a desencadenant de la millora de l'aprenentatge dels alumnes (Horak, 1991), i que analitzarem al llarg dels propers apartats d'aquest capítol, dedicant una major atenció al programa informàtic utilitzat en el nostre treball, el full de càlcul.

### 1.2.2. Contextualització dels aprenentatges

En els anteriors apartats hem destacat que el tipus de pensament mostrat per una determinada cultura es basa en el tipus d'eines que aquesta utilitza per interactuar amb el medi en el que viu. A més a més, amb l'ús, la invenció i el desenvolupament de noves eines per a la realització d'activitats els adults poden canviar de manera activa el pensament de la seva cultura.

Aquesta idea suggereix, segons Bellamy (1996) que els nens han de ser educats per participar en aquests processos de canvi. Aquesta autora suggereix que l'escola pot utilitzar dues vies d'acció per aconseguir aquest objectiu. En primer lloc, l'escola ha d'emprar les diferents eines que fa servir la cultura on viu el nen i per realitzar les mateixes activitats que els adults. Evidentment, els nens no poden utilitzar les diferents eines culturals de la mateixa manera en què ho fan els adults, perquè es troben en un nivell de desenvolupament menor, però si que es poden simplificar, tant l'eina com el seu ús, per a que puguin ser un medi que potencii l'aprenentatge de les estratègies necessàries per a que puguin utilitzar les mateixes eines i per resoldre les mateixes activitats que els adults.

Recollint aquesta proposta, el nostre treball utilitza una eina informàtica d'ús generalitzat en el món laboral i social, com és el programa del full de càlcul. Es dissenya una situació educativa que adapta l'ús d'aquesta eina informàtica per desenvolupar estratègies per resoldre problemes quotidians dels alumnes sobre el contingut matemàtic de la proporcionalitat. L'objectiu de la nostra proposta és doble, d'una banda, pretenem que l'alumne aprengui a utilitzar una eina cultural del seu entorn, i que ho faci de la mateixa manera que ho fan els adults, per resoldre problemes. D'altra banda, pretenem que amb l'ús d'aquesta eina desenvolupi un conjunt d'estratègies que li seran útils per resoldre altres problemes que es presenten en la comunitat on viu.

En segon lloc, l'escola ha de propiciar la creació i el disseny de noves eines culturals i donar l'oportunitat de desenvolupar noves formes de pensament, de la mateixa manera en què ho fan els adults i que permeten canviar el pensament i la cultura on viuen. Aquestes noves eines poden adoptar diferent formats, com per exemple, documents escrits, models, gràfics o vídeos. L'objectiu principal és que els nens construeixin eines culturals i que puguin compartir-les amb els altres membres de la comunitat.

Recollint aquesta proposició, el nostre treball potencia que els alumnes creïn noves formes de representació i interpretació de problemes matemàtics. En aquest sentit, s'emfatitza que els alumnes representin el procés de resolució dels problemes amb un quadre de doble entrada (estructura del full de càlcul) i amb l'ús de diferents gràfics (opció que ofereix el programa informàtic). Aquestes representacions simbòliques són compartides amb els altres alumnes de l'aula.

### **1.2.3. Aprenentatge integrat en les estructures socials de la comunitat escolar: la importància de l'aprenentatge cooperatiu**

Com hem destacat anteriorment, el pensament és mediat per instruments i per estructures socials, les quals es regeixen per unes pautes d'interacció social i de distribució de tasques. Aquesta naturalesa social del desenvolupament dels alumnes suggereix que les situacions d'aprenentatge que utilitzin noves tecnologies han de preveure, d'una banda, la seva incorporació en els diferents nivells o estructures d'una organització social. Així, en el nostre àmbit, l'organització social escola, fora bo introduir l'ordinador en els diferents estaments d'administració: per editar butlletins, informes, per portar al dia els llistats d'alumnes, notes...; per les diferents tasques que realitza el mestre, com per exemple, la preparació de les

classes, l'edició de materials curriculars o com a eina didàctica; i pels alumnes a l'aula com una eina d'aprenentatge.

D'altra banda, el disseny de situacions educatives que introdueixen les noves tecnologies han de facilitar la interacció social i la col·laboració amb diferents nivells d'expertesa entre els seus membres: adults-nens, o entre iguals amb diferents nivells de competència. Així, els més experts aporten models sobre les accions adequades per resoldre una activitat i afavoreix l'aprenentatge dels més novells.

Diferents estudis han ressaltat la funció de l'aprenentatge cooperatiu per augmentar les activitats prosocials dels alumnes i els sentiments de pertànyer a una comunitat social. En aquest sentit, destaquem un estudi recent realitzat per Battistich, *et al.* (1997) en el qual dissenyen una intervenció educativa que té com a principal objectiu crear un sentiment i unes actituds positives de pertinença a la comunitat social formada pel grup classe. Les principals característiques d'aquesta intervenció –durant un període de set anys– són sintetitzades pels autors en els següents set punts o tipus d'activitats a realitzar amb els alumnes:

- a) Col·laborar amb els altres alumnes per aconseguir els objectius educatius.
- b) Donar i rebre ajuda per realitzar les diferents tasques escolars.
- c) Discutir i reflexionar sobre les experiències dels companys com una eina que ajuda a entendre el seu punt de vista, a conèixer-los millor i saber quin tipus d'ajut poden necessitar en un moment concret.
- d) Discutir i reflexionar sobre el propi comportament i el dels altres companys en relació als valors i responsabilitats socials més importants.
- e) Desenvolupar i practicar habilitats socials.

- f) Exercitar l'autonomia i participació en la confecció de les normes i activitats socials de l'aula.

La principal conclusió a la que arriben aquests autors després del període d'intervenció és que els alumnes tenen un fort sentiment d'unió amb els companys i amb el professor. Els alumnes presenten un alt grau de pertinença i d'identificació amb la comunitat social d'aula que els ha ajudat i motivat a interioritzar els valors socials de la comunitat. Segons Battistich, *et al.* (1997), aquest sentiment de comunitat social té conseqüències positives en el desenvolupament social, ètic i intel·lectual dels alumnes.

El nostre treball s'ha fet ressò d'aquest tercer eix teòric per al disseny d'entorns mediats per ordinador, i ha incorporant, d'una banda, l'ús del full de càlcul com a eina d'ensenyament/aprenentatge, formant part de les estructures socials de l'aula de matemàtiques. El professor utilitza aquesta eina informàtica per ensenyar continguts matemàtics, i els alumnes l'utilitzen com a eina per aprendre a resoldre problemes matemàtics.

D'altra banda, el nostre treball recull les conclusions a que arriben diferents estudis sobre els beneficis de l'aprenentatge cooperatiu en el desenvolupament social i intel·lectual dels alumnes, i el disseny de la proposta didàctica objecte d'anàlisi d'aquest treball potencia l'aprenentatge compartit i col·laboratiu, creant situacions de discussió sobre el procés de resolució de problemes matemàtics en parelles i en petits grups amb diferents nivells d'expertesa.

## **2. Anàlisi dels diferents usos de l'ordinador en l'àmbit educatiu**

Les característiques de l'ordinador, apuntades fins aquest moment, el dibuixen com una eina multifuncional amb múltiples possibilitats d'aplicació en l'àmbit educatiu. Aquesta multiplicitat d'usos de l'eina informàtica ve condicionada, d'una banda, pel tipus de programari que s'utilitzi, el qual determina el que l'alumne pot o no pot fer amb l'ordinador, així, el programari marca: el tipus d'instruccions a utilitzar, el tipus d'interacció alumne-ordinador, la presentació en la pantalla i el tipus de llenguatge simbòlic a utilitzar, entre altres. D'altra banda, l'ús de l'ordinador a l'escola també bé condicionada per la concepció teòrica del procés d'ensenyament/aprenentatge de la qual parteix el mestre o l'adult que guia la interacció de l'alumne amb l'ordinador. Així, per exemple, inserir l'ús d'un mateix programa informàtic en un context d'ensenyament/aprenentatge de caire conductista o bé de caire constructivista tindrà i aconseguirà objectius educatius molt diferents, dissenyarà tipus d'activitats distintes i afavorirà interaccions entre els alumnes i l'ordinador també desiguals.

L'objectiu d'aquest segon apartat no és tant fer una revisió exhaustiva de l'extensa bibliografia sobre l'ús educatiu dels principals programes informàtics ja que aquest estudi requeriria d'un treball específic per a cadascun d'ells, com de conèixer les característiques del context d'ensenyament/aprenentatge que guien el disseny i la implementació d'un programa informàtic i la seva repercussió en l'aprenentatge dels alumnes.

En primer lloc, iniciarem la nostra anàlisi amb una classificació del programari informàtic més utilitzat a l'escola amb l'objectiu d'organitzar i clarificar la nostra exposició. En segon lloc, revisarem l'ús educatiu dels principals programes informàtics i ressaltarem, d'una banda, la concepció del procés d'ensenyament/aprenentatge del que cada tipus de programa parteix i les característiques del context educatiu que cadascun dibuixa i, d'altra banda, els resultats de l'aprenentatge més destacats i aconseguits des de diferents investigacions. En aquesta revisió del programari més utilitzat a l'escola, dedicarem una especial atenció a conèixer les possibilitats educatives del programa utilitzat en el nostre estudi, el full de càlcul.

D'acord amb Collins (1998) el diferent programari informàtic existent avui en dia permet utilitzar l'ordinador en l'aula de cinc maneres diferents:

1. Eina per portar a terme diferents tasques escolars. L'ús de programes com el processador de textos, el full de càlcul i el correu electrònic serien exemples d'aquesta primera manera d'utilitzar l'ordinador.
2. Sistemes integrats d'aprenentatge. Programes que presenten un conjunt d'exercicis i un registre dels seus progressos, que serveixen per aprendre un contingut concret i proporcionen informació sobre el nivell d'aprenentatge assolit tant a l'alumne com al professor.
3. Simuladors i jocs. Els alumnes realitzen activitats en format lúdic i dissenyades per motivar i aprendre.
4. Xarxes de comunicació. Els alumnes i els professors aprenen amb la interacció dins d'una comunitat més extensa i a través d'aplicacions informàtiques com: el correu electrònic i la World Wide Web.

5. Entorns d'aprenentatge interactius. Conjunt de programes que simulen i orienten en la realització de diferents activitats, per exemple, ser un conductor de fórmula 1, realitzar accions en un caixer d'un banc... .

Per a l'anàlisi i l'exposició dels usos educatius de l'ordinador considerarem l'existència de dos grans àrees d'utilització de l'eina informàtica: l'ordinador com a finalitat de l'aprenentatge i l'ordinador com a mitjà per a l'aprenentatge (Repáraz i Tourón, 1992). La primera àrea d'utilització de l'ordinador fa referència a la informàtica com a contingut d'aprenentatge i, la segona fa referència a l'ús de l'ordinador per afavorir l'aprenentatge de continguts curriculars. Dins d'aquestes dues àrees analitzarem l'ús educatiu dels següents formats de programes informàtics i representats en la taula II-2:

<b>Ús general de l'ordinador</b>	<b>Programes informàtics</b>
L'ordinador com a <i>finalitat</i> de l'aprenentatge.	Alfabetització informàtica. Programació.
L'ordinador com a <i>mitjà</i> per a l'aprenentatge.	Programes d'exercitació i pràctica. Programes tutorial. Programes de simulació. Hipertext i hipermèdia. Micromóns de programació: el logo. Els programes eina: el tractament de textos, la base de dades i el full de càlcul.

Taula II-2: Classificació del programari educatiu.



Si més no, estem d'acord amb Gros (1997) que qualsevol classificació del programari informàtic és bastant teòrica perquè avui en dia podem trobar en un mateix programa diferents dels formats assenyalats en la taula II-2. Així, per exemple, un programa pot tenir una part tutorial, complementada per una simulació i uns exercicis per practicar i/o avaluar el que s'ha après.

Ara bé, aquesta classificació en el nostre treball pretén fonamentalment, d'una banda, organitzar l'anàlisi del diferent programari informàtic en un marc ampli i, d'altra banda, poder estudiar la concepció del procés d'ensenyament/aprenentatge del que cada tipus de programa parteix, les característiques d'aquest procés que cadascun dibuixa i els principals resultats en l'aprenentatge dels alumnes aportats des de la investigació educativa.

L'estudi i l'anàlisi educatiu de diferents tipus de programes informàtics ens aportarà informació per aconseguir un dels objectius del nostre treball: dissenyar, implementar i avaluar una proposta d'ensenyament/aprenentatge que utilitzi el programa del full de càlcul com a eina per a l'aprenentatge de continguts matemàtics.

La primera àrea d'utilització de l'ordinador: com a finalitat de l'aprenentatge, és denominada per Gros (1987) "aprendre sobre ordinadors" i per Simonson, *et al.* (1987) com "alfabetització", fent referència a l'aprenentatge de les característiques, capacitats i aplicacions de l'ordinador, així com, a l'ús productiu de les aplicacions que aquest medi pot oferir.

Dins de la concepció de l'ordinador com a finalitat de l'aprenentatge es distingeixen dos tipus d'aplicació: alfabetització informàtica i l'aprenentatge d'un llenguatge de programació. Ens referirem a l'ús de l'ordinador des d'aquestes dues perspectives de manera molt breu perquè les característiques educatives de l'ús de l'ordinador des d'aquesta àrea treball no es situa dins dels objectius del nostre

estudi i els canvis en la interacció home-ordinador amb “interfaces” cada vegada més interactius i més senzills d'utilitzar a fet que aquesta àrea d'ús de l'ordinador quedi relegada a camps molts especialitzats de treball.

L'alfabetització informàtica fa referència a la formació de l'alumne en una cultura bàsica sobre l'ordinador. El principal objectiu a aconseguir rau en l'aprenentatge del maneig de l'ordinador, com per exemple, la seva configuració interna, les seves funcions o les possibles aplicacions. En definitiva, el que es pretén és que l'alumne desenvolupi un conjunt d'habilitats que li permetin utilitzar de manera eficaç les diferents tecnologies de la informació.

Els defensors d'aquesta primera aplicació educativa de l'ordinador la justifiquen en base a la seva utilitat social, l'alumne és format en l'ús d'eines amb una gran repercussió en la realització de tasques quotidianes i laborals.

L'alfabetització informàtica va ser introduïda en un primer moment en l'ensenyament secundari. La informàtica era una assignatura independent amb uns objectius propis d'aprenentatge. Les classes les dirigien professors especialitzats en la matèria i dins d'aules específiques (Caissy, 1987).

Aquesta introducció de l'ordinador és molt poc freqüent actualment, la incorporació generalitzada de les eines informàtiques en la realització de tasques quotidianes -per exemple, treure diners d'un banc, comprar unes entrades o consultar horaris d'un transport públic- i la presència d'ordinador en moltes llars familiars -bé perquè els pares ja l'utilitzen o bé perquè els nens ja estan molt familiaritzats en l'ús de jocs- fan que cada vegada sigui menys necessària aquesta alfabetització informàtica.

L'aprenentatge d'un llenguatge de programació fa referència a aprendre un conjunt d'instruccions codificades i adequades que possibiliten realitzar una determinada acció.

La introducció cada vegada més freqüent de programes informàtics que treballen amb “interfaces” interactius que permeten la comunicació amb la màquina amb un conjunt de menús i un llenguatge molt visual, ha fet que aquesta segona aplicació també sigui d'ús poc freqüent a l'escola, o bé, que sigui exclusiva d'estudis de formació professional molt concrets, en els quals aquest tipus d'aplicació informàtica forma part d'una matèria del seu currículum, com per exemple, els programes específics d'edició, de dibuix tècnic i de disseny d'objectes.

La segona àrea que hem assenyalat d'utilització de l'ordinador: com a mitja per a l'aprenentatge, fa referència a l'ús de l'eina informàtica com un element educatiu que és integrat dins del procés d'ensenyament/aprenentatge per afavorir l'aprenentatge de determinats continguts curriculars. Aquest objectiu tant general es concreta de manera diferent segons la concepció teòrica de l'aprenentatge que guia el disseny del programa i/o de les característiques del context d'ensenyament/aprenentatge en el qual s'insereix.

En el nostre treball hem diferenciat sis tipus de programes –detallats en la taula II-2- els quals passem a estudiar en els següents apartats. Dedicarem, però, a fer una anàlisi més exhaustiva de l'ús educatiu dels programes eina, i concretament del programa utilitzat en el nostre treball, el full de càlcul.

Repáraz i Tourón (1992) destaquen que els programes informàtics “eina” són instruments d'aprenentatge indirecte ja que faciliten l'aprenentatge de determinats continguts escolars sense haver estat específicament dissenyats amb aquest objectiu, a diferència dels altres programes informàtics. Per a Castellan (1987) l'ús dels programes eina és un dels més importants en l'àmbit escolar. Els alumnes haurien d'aprendre a utilitzar l'ordinador a l'escola de la mateixa manera que ho fan els adults en el món quotidià. Els programes informàtics “eina” permeten utilitzar l'ordinador per resoldre activitats quotidianes i de la mateixa manera que s'utilitzen fora de l'escola, per exemple, per escriure un text, per resoldre

problemes amb una gran quantitat de càlculs o per trobar informació de manera ràpida.

Dedicarem els propers apartats a estudiar les principals característiques del procés d'ensenyament/aprenentatge dels programes informàtics d'aquesta segona àrea d'utilització de l'ordinador –i detallats en la taula II-2- i dels principals resultats d'aprenentatge aconseguits en cadascun dels programes.

## **2.1. Els programes d'exercitació i pràctica**

Els programes denominats com d'exercitació i pràctica, també denominats EAO (Ensenyament Assistit per Ordinador, traducció anglesa de CAI, Computer Assisted Instruction), consisteixen en un conjunt de programes destinats a l'exercitació en la realització de determinades tasques i un cop han estat presentats els coneixements necessaris per realitzar-les. Bàsicament, en aquest programari es presenta a l'alumne una sèrie de problemes que aquest ha de contestar donant una resposta determinada. L'ordinador, després d'una anàlisi de la resposta de l'alumne, dona un "feed-back" directe i immediat.

El fonament teòric que guia el disseny i la implementació educativa dels programes d'exercitació i pràctica es basa en els principis conductistes de l'ensenyament i l'aprenentatge (Gros, 1997). Seguint els postulats d'aquest corrent psicològic, els programes d'EAO consten d'un paquet d'exercicis, problemes o preguntes seccionats en capítols o apartats i organitzats tenint en compte criteris de complexitat, en la resolució dels quals l'alumne ha de donar una resposta unidireccional. Per aconseguir que la seqüència d'estímuls formada per: exercici - resposta de l'alumne - feed-back de l'ordinador, produeixi aprenentatge es

planifica el tipus de reforç i el moment en què es presenta en la pantalla de l'ordinador.

Els programes d'exercitació i pràctica són molt utilitzats en els diferents nivells educatius. Actualment, existeix un gran nombre d'aquests tipus de programes elaborats per aprendre continguts curriculars i que, sovint, es presenten en un format de joc.

Els defensors dels programes amb un format d'exercitació i pràctica destaquen fonamentalment tres avantatges del seu ús en l'àmbit escolar. Un primer avantatge és la facilitat d'ús d'aquests programes, l'alumne no necessita ni d'una familiarització amb el programa ni d'uns aprenentatges previs per ser capaç d'utilitzar-lo.

Un segon avantatge del programes d'EAO és que s'han mostrat molt eficaços per a l'aprenentatge de continguts curriculars i l'automatització d'habilitats i procediments bàsics. Des de la dècada del 70, època en què van tenir un gran auge, fins a l'actualitat, s'han realitzat moltes investigacions que han avaluat la seva eficàcia quant a rendiment acadèmic. La majoria d'aquestes investigacions mesuren el nivell de rendiment acadèmic assolit per un grup d'alumnes en un contingut concret i després d'utilitzar un programa d'exercitació i pràctica determinat. Els resultats assolits per aquest grup d'alumnes es compara amb altres grups que no utilitzen l'ordinador per aprendre el mateix contingut (per exemple, Kulik, Kulik i Bangert-Drowns, 1985; Niemiec i Walberg, 1987). El nivell d'aprenentatge dels alumnes que han utilitzat l'ordinador és superior al dels alumnes que no l'utilitzen.

En aquesta mateixa línia, es mostra la meta-anàlisi realitzada per Christman, Lucking i Badgett (1997). Aquests autors analitzen els resultats aconseguits en 28 estudis que comparen l'aprenentatge -en diferents continguts curriculars- d'un grup d'alumnes d'ensenyament secundari que ha seguit una instrucció tradicional

amb l'ús de programes d'ensenyament assistit per ordinador i un altre grup d'alumnes que no ha utilitzat l'ordinador com a complement a la instrucció tradicional. La meta-anàlisi mostra que els alumnes que utilitzen l'ordinador obtenen més bons resultats acadèmics que els alumnes que no l'utilitzen.

Però, la investigació realitzada al voltant dels programes d'exercitació i pràctica també ha demostrat que poden ser utilitzats com un mitjà que facilita un aprenentatge ràpid, eficient i ben organitzat de determinats sub processos implicats en la resolució de tasques escolars, sobretot aquells que requereixen de pràctica per a la seva interiorització i automatització (Salisbury, 1990).

Ara bé, els bons resultats aconseguits pel conjunt d'investigacions esmentades quant al nivell d'aprenentatge en determinats continguts curriculars a què arriben els alumnes quan utilitzen aquest tipus de programes no es confirmen quan s'estudia el nivell de persistència i la transferència d'aquests aprenentatges a problemes propers als exercitats (Kulik i Kulik, 1989). Per corregir aquest fet, les investigacions sobre el tema han destacat que és necessari, d'una banda, dissenyar un context d'ensenyament/aprenentatge que integri l'ús dels programes d'EAO en la dinàmica general de l'aula i, d'altra banda, un guiatge del professor en el procés d'aprenentatge dels alumnes, ja que els programes per si mateixos no garanteixen aprenentatges funcionals i duradors (Howell, Sidorenko i Jurica, 1987; Gourgey, 1987; Hativa, 1988)

El tercer avantatge dels programes d'exercitació i pràctica és que permeten dissenyar un ensenyament individualitzat que s'adapti al nivell i al ritme de l'alumne. L'estructura dels programes d'EAO en diferents bateries d'exercicis organitzats en funció del grau de complexitat permet que l'alumne pugui començar en el nivell més adequat i d'acord amb els seus coneixements previs en un contingut d'aprenentatge. A més a més, aquesta estructura li permet avançar en funció del seu ritme d'aprenentatge. Per a Mevarech i Rich (1985) el context

d'individualització que creen els programes d'EAO, si són utilitzats conjuntament amb l'ensenyament convencional, permet que l'alumne rebi un feed-back personal, segons les accions que aquest ha realitzat, i que ajudi a que l'alumne sigui conscient del seu propi progrés. Aquest fet pot facilitar el desenvolupament d'un autoconcepte positiu.

A pesar de les avantatges educatives ressaltades, els programes d'exercitació i pràctica també han tingut molt detractors que han destacat importants inconvenients, Martí (1992) els sintetitza en els cinc següents: en primer lloc, són programes molt repetitius i monòtons que sempre tenen una mateixa estructura, independentment del contingut d'aprenentatge sobre el que tracten.

En segon lloc, no tots els continguts curriculars són susceptibles de ser ensenyats per aquests programes, per exemple, els continguts procedimentals que tenen una estructura cíclica i global (Valls, 1993) és molt difícil dissenyar un programa d'exercitació i pràctica per afavorir el seu aprenentatge.

En tercer lloc, el fet d'esmicolar el contingut a aprendre en petites porcions fa que sigui especialment difícil donar una visió global d'aquest contingut, sobretot en continguts complexos l'alumne pot quedar-se amb l'activitat de cada exercici i no tenir una visió global del què està aprenent.

En quart lloc, la correcció dels errors que comet l'alumne es fa des del producte, no des del procés. L'ordinador no dona informació que permeti guiar el procés de pensament utilitzat per l'alumne al respondre un problema. Així, a l'alumne li pot ser difícil corregir els processos i les estratègies utilitzades per resoldre una qüestió i, potser, davant els missatges de producte que li proporciona l'ordinador modificarà la seva resposta per aproximar-se a la solució correcta de la pregunta plantejada, però probablement no incorporarà noves estratègies que li permetin resoldre qüestions semblants en altres situacions.

Finalment, i molt relacionada amb l'anterior, la individualització de l'aprenentatge que es pot fer amb els programes d'exercitació i pràctica és molt elemental, ja que només es pot adequar el ritme en la realització dels exercicis. Aquest tipus de programes no permet guiar i modificar els processos de pensament que l'alumne posa en joc al respondre un problema.

Malgrat els inconvenients que es destaquen dels programes d'EAO, creiem que són programes d'una gran utilitat a l'escola sinó s'utilitzen de forma exclusiva i són combinats amb altres tipus de programes que puguin cobrir les mancances assenyalades. Actualment, existeix un gran nombre de programes educatius que combina les característiques assenyalades anteriorment del format de l'exercitació i pràctica amb un format tutorial i/o de simulació. Els segons posen l'èmfasi en els processos d'aprenentatge i són programes que ajusten la manera d'aprendre a les característiques del contingut i als subjectes als qui va adreçat, principals crítiques dels programes d'EAO. En els propers apartats passem a estudiar les característiques dels programes amb un format tutorial i de simulació.

## **2.2. Els programes tutorials**

Segons Gros (1997), el fonament teòric per al disseny dels programes tutorials es basa en les teories cognitives derivades del processament de la informació, en les quals s'explica l'aprenentatge humà a partir del processament actiu d'informació simbòlica. Des d'aquesta perspectiva, per afavorir l'aprenentatge serà necessari conèixer les estratègies cognitives que utilitzen els subjectes per processar informació i resoldre diferents problemes i analitzar els possibles errors d'execució.

Aquest objectiu s'aconsegueix analitzant el procés de problemes per subjectes amb diferent nivell d'expertesa i elaborant un model expert o ideal de resolució, el qual



s'ensenya als subjectes novells. En aquest model es detallen les condicions externes afavoridores de l'aprenentatge i les condicions internes: fases, processos i estratègies cognitives més adequades per aprendre un determinat contingut.

En aquest sentit, els programes tutorialen tenen com a objectiu ensenyar un contingut determinat a partir de la interacció de l'alumne amb el programa. A diferència dels programes d'exercitació i pràctica que suposen l'execució d'exercicis pràctics després de l'explicació del professor; els programes tutorialen són dissenyats per adquirir tota la responsabilitat de la instrucció d'un contingut específic proposant un conjunt de processos i estratègies per aprendre'l (Krendl i Lieberman, 1988).

L'estructura dels programes tutorialen sol constar de tres parts (Streibel, 1986). Una primera part, de presentació d'un model expert, en la qual es mostren els continguts necessaris perquè l'alumne sigui capaç de resoldre problemes com un expert en una àrea determinada. Els nous avanços tecnològics han fet possible la incorporació de sistemes multimèdia i hipertext en aquesta exposició i que afavoreix la motivació de l'alumne pel contingut a aprendre i en facilita la seva comprensió.

Una segona part, d'anàlisi i diagnòstic de l'activitat de l'alumne. L'ordinador té programats un conjunt de coneixements que permeten diagnosticar la diferència entre la resolució experta i la resposta de l'alumne.

Una tercera part de tutorització, un cop analitzada la resposta de l'alumne i diagnosticades les diferències amb una resolució experta, l'ordinador aporta una retroalimentació que guia a l'alumne per tal d'esmenar l'error comès. Aquesta retroalimentació és molt més complexa que la que ofereixen els programes d'EAO, ja que sol constar, d'una detecció d'errors per part de l'ordinador i d'un guiatge de

l'acció que ha de portar a terme l'alumne, que fa èmfasi en els processos i les estratègies que aquest ha d'executar per resoldre correctament el problema.

La investigació educativa ha aportat bons resultats en l'aprenentatge dels alumnes amb l'ús d'aquests tipus de programes, en aquest sentit i a tall d'exemple destaquem, en primer lloc, el treball de Whitaker (1995) que utilitza un programa tutorial per ensenyar tècniques d'escriptura en les assignatures d'humanitats amb alumnes universitaris. Els guanys ressaltats per aquest autor se centren en la creació de textos més creatius i la possibilitat que ofereix el programa de donar resposta a les diferents necessitats sobre escriptura dels alumnes participants.

En segon lloc, Dyke (1992) destaca els bons resultats aconseguits amb estudiants de secundària de l'últim curs d'informàtica en l'aprenentatge d'un contingut del currículum –relacionat amb els sistemes experts- amb l'ús d'un programa tutorial i en relació amb l'aprenentatge assolit per un altre grup d'alumnes control que ha seguit l'aprenentatge d'aquest contingut sense l'ús d'aquests tipus de programes.

Dos són els principals avantatges que es destaquen de l'ús educatiu d'aquest tipus de programes, en primer lloc, el fet de tenir en compte l'estructura del contingut a aprendre en el seu disseny. El model expert de resolució d'una determinada tasca és el que marca els coneixements específics que l'alumne ha de conèixer i el tipus d'inferències i de relacions lògiques que aquest ha de construir (Martí, 1992).

En segon lloc, els programes tutorialen tenen com a objectiu guiar la resposta de l'alumne en la resolució d'una tasca, per aconseguir-ho parteixen d'un model expert de resolució i d'una anàlisi dels errors més freqüents que es donen pels alumnes novells. En funció del tipus d'error, l'ordinador guia l'actuació de l'alumne amb un feedback més ric i més centrat en el procés i les estratègies d'aprenentatge que el proporcionat en els programes d'exercitació i pràctica. Els resultats en l'aprenentatge dels alumnes es poden explicar tenint en compte la

qualitat del guiatge que fa el programa d'ordinador i com aquest s'ajusta a les característiques i necessitats de l'alumne (Higgins i Boone, 1993).

Entre els inconvenients educatius de l'ús dels programes tutorialitzats per afavorir l'aprenentatge dels alumnes es destaquen, principalment, els dos següents: en primer lloc, l'activitat i l'autonomia de l'alumne està limitada pels objectius del programa. Tot i que en el disseny dels programes tutorialitzats, l'alumne pot manipular gran quantitat d'informació, són programes que estant dissenyats per aconseguir un objectiu d'aprenentatge molt concret i amb uns mitjans també predeterminats (Streibel, 1986). L'alumne ha d'aprendre, seguint la informació i els procediments que el programa li marca, i no es té en compte l'organització i l'estructuració de l'alumne quan aprèn (Martí, 1992).

En segon lloc, el guiatge que fa el programa als errors que comet l'alumne es fa únicament a partir de l'estructura lògica del contingut a aprendre i no s'analitzen les possibles causes psicològiques que porten a l'alumne a una resposta determinada. Aquesta és una de les gran limitacions d'aquests tipus de programes, ja que al no analitzar les causes dels errors, es fa molt difícil que el guiatge que aporta l'ordinador es pugui adaptar a les característiques de l'alumne, i per tant que li pugui ser útil per continuar aprenent un contingut determinat (Martí, 1992).

### **2.3. Els programes de simulació**

Els programes de simulació permeten aparençar situacions reals complexes, costoses o perilloses, creant un context d'aprenentatge que facilita que l'alumne experimenti i contrasti diferents hipòtesis, és a dir, que es preguntin "què passaria si...?", analitzi les diferents variables presents en la situació a resoldre i apliqui coneixements bàsics per trobar la resposta adequada.

Per tant, a diferència dels programes tutorialss dissenyats per a l'ensenyament d'un contingut nou per a l'alumne, els programes de simulació exigeixen un cert coneixement d'aquest que possibiliti a l'alumne participar activament en la situació simulada (Streibel, 1986).

Per a Gros (1997) el disseny dels programes de simulació es realitza a partir d'una concepció constructivista del procés d'ensenyament/aprenentatge. En un programa de simulació l'alumne aprèn a partir de la seva participació en una activitat complexa i autèntica de la vida real, en la qual té l'oportunitat de manipular diferents variables i explorar i descobrir les seves conseqüències de la mateixa manera en què ho faria en un context real (Jong i Joolingen, 1998).

Un dels principals aspectes positius de l'ús educatiu d'aquests programes és que presenten situacions complexes en què el coneixement no es mostra fragmentat com en els programes d'exercitació i pràctica o els programes tutorialss. L'alumne ha d'activar i articular coneixements ja adquirits per poder resoldre-les i aquests poden fer referència tant a conceptes, com a procediments com a actituds (Mckinney, 1997).

Un segon avantatge dels programes de simulació és que la resolució de les situacions plantejades afavoreixen l'aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes perquè l'alumne ha de ser capaç, entre altres, de construir una representació significativa del problema, planificar un pla de resolució i monitoritzar la seva acció tenint en compte les conseqüències que aquesta té en la situació plantejada (Perkins, 1991).

Finalment, el disseny dels programes de simulació afavoreix que es treballi en petit grup, on els diferents membres del grup han de prendre decisions per resoldre els problemes que sorgeixen durant la interacció amb el programa. Aquest fet fomenta



la discussió crítica entre els diferents membres del grup i la seva coordinació (Weller, 1996).

Ara bé, l'ús educatiu d'aquests tipus de programes també presenta problemes que és necessari tenir en compte, destaquem els dos següents.

En primer lloc, la complexitat de les situacions que es plantegen en els programes de simulació requereix, d'una banda, planificar l'ensenyament d'estratègies de resolució de problemes prèvies a l'ús d'aquests programes. D'altra banda, és necessari del guiatge del mestre o d'un expert en la matèria que assessori als alumnes en els dubtes que aquests es van trobant durant la interacció amb l'ordinador. Si no es dissenyen programes que integren aquestes dues variables l'aprenentatge dels alumnes és menor que el que obtenen amb altres entorns intruccionals (Duffy i Barowy, 1995).

En segon lloc, i d'igual manera que els programes tutorial, l'activitat de l'alumne està limitada pels objectius i el disseny del programa (Martí, 1992).

## **2.4. Els sistemes hipertext**

Un sistema hipertext es pot definir com un conjunt d'unitats de text connectades per múltiples enllaços que formen una xarxa textual. Les unitats de text poden variar des de un sol paràgraf fins a múltiples paràgrafs. Els enllaços d'un hipertext fan referència a les connexions semàntiques existents entre dos unitats (Conklin, 1987).

En aquest senti, un sistema hipertext es tracta d'una manera d'organitzar la informació de manera no lineal, en el qual el subjecte pot "navegar" a través de la informació. És a dir, pot recórrer la informació des de punts de partida diferents i

fer travesses diverses per la informació, en les quals el subjecte decideix el rumb a seguir (Gros, 1997).

L'explosió d'internet que permet l'ús de xarxes d'informació connectades com la World Wide Web i els avanços tecnològics que han possibilitat el disseny de sistemes d'hipertext que contenen una gran quantitat d'informació i que és presentada de manera molt atractiva i motivadora per l'alumne ha fet que la investigació educativa centri bona part dels seus esforços a conèixer els avantatges i els inconvenients de l'ús de programes hipertext en l'aprenentatge de nova informació.

Per Rouet (1998), una de les principals explicacions de la concentració de la investigació educativa en l'ús d'aquesta eina informàtica és l'analogia que existeix entre l'estructura d'un hipertext i l'estructura dels conceptes en la memòria humana. En ambdós casos, les unitats de coneixement poden ser representades com una complexa xarxa densament interconnectada. Per tant, un sistema d'hipertext en una àrea de contingut específic hauria de ser un mitjà eficaç per a que un alumne aprengui els coneixements d'aquesta àrea.

León (1998) assenyala dues grans diferències en l'organització de la informació en un sistema d'hipertext i en un text tradicional. En primer lloc, en un hipertext l'organització de la informació permet un accés seqüencial, significatiu i interactiu, en el qual la informació pot ser organitzada i reorganitzada de múltiples formes, mentre que en un text tradicional l'organització de la informació és lineal i predefinida. En segon lloc, l'accés a la informació del hipertext només és possible si el lector pren decisions de manera explícita -per exemple, seleccionar un enllaç- mentre que en un text tradicional tota la informació apareix sense una decisió prèvia del lector.

A priori, l'organització de la informació dels sistemes d'hipertext i la seva adaptació i ús en l'àmbit educatiu feia preveure un aprenentatge més autònom de l'alumne, més flexible i més significatiu. L'alumne pot accedir a la informació necessària per entendre un text en funció dels seus interessos i dels seus coneixements previs (Schroeder, 1991).

En aquest mateix sentit es mostren la reflexions de Gros (1997) que considera que el disseny educatiu de sistemes hipertext parteixen d'una concepció constructivista del procés d'ensenyament/aprenentatge perquè l'alumne utilitza un entorn informàtic amb el qual pot construir els seus propis coneixements d'acord amb les seves necessitats i interessos; és una eina que pot ajudar a la reestructuració de les estructures cognitives de l'alumne i pot afavorir l'adquisició d'un coneixement associatiu intens que pot facilitar la seva posterior transferència i aplicació, sobre tot en els aprenentatges que requereixen d'una flexibilitat cognitiva.

Però, diverses investigacions han aportat resultats contradictoris al voltant dels beneficis en el procés d'aprenentatge dels alumnes de secundària i d'universitat quan utilitzen un sistema hipertext. Per exemple, Britt, Rouet i Perfetti, (1996) en un conjunt d'experiments realitzats amb estudiants universitaris d'història analitzen el potencial del hipertext com a eina per facilitar la construcció de coneixement, utilitzant diversos documents relatius a un problema d'història. Els guanys en l'aprenentatge de documents complexos i molt relacionats no són els esperats quan s'utilitza el format hipertext i en comparació amb l'aprenentatge dels mateixos documents amb un format lineal.

Es destaquen fonamentalment dos problemes a l'hora de facilitar l'aprenentatge dels alumnes amb l'ús dels sistemes d'informació d'hipertext en l'àmbit educatiu. En primer lloc, la dificultat dels alumnes per entendre la informació del text de manera global (Rouet, 1998). El fet que l'alumne "salti" d'una informació a una altra mitjançant els enllaços del text que està treballant pot trencar la coherència i

l'estructura del text, dificultant així, la construcció significativa de les idees del text.

En segon lloc, la navegació per un text estructurat en forma de xarxa és una activitat cognitiva molt més complexa que llegir un text convencional. El hipertext demana una càrrega cognitiva molt alta a l'alumne perquè ha de realitzar accions de manera simultània com: recordar la localització en la xarxa, prendre decisions sobre on anar i mantenir la pista de les pàgines visitades amb anterioritat. La lectura d'un hipertext pot ser descrita com un cicle que inclou una avaluació recurrent de les necessitats d'informació, una selecció de les categories d'informació adequades i un processament dels continguts seleccionats (Rouet i Tricott, 1996). El hipertext requereix d'un esforç addicional de l'alumne, molt concentrat per mantenir certes rutes d'informació al mateix temps i que són necessàries per entendre el text que està treballant (Kommers i Lanzing, 1998).

S'apunten dues maneres de superar les limitacions assenyalades anteriorment per millorar l'aprenentatge dels alumnes amb l'ús de sistemes que possibiliten la consulta d'informació en xarxa. D'una banda, el disseny de sistemes hipertext que s'adaptin a les característiques dels alumnes que els han d'utilitzar, com per exemple, les estratègies de processament que utilitza per aprendre informació, quins problemes tindran els alumnes al treballar amb el text i com es poden superar (Rouet, 1998).

D'altra banda, l'ús dels mapes conceptuals com a eines que poden ajudar a donar coherència a la navegació de l'alumne a través de la informació. Una possible solució als problemes de desorientació que mostra l'alumne al consultar diferents tipus d'informació, i que dificulta la comprensió del text que està treballant, és el mostrar mapes de les connexions entre les paraules actives. Els mapes conceptuals proporcionen una visió gràfica dels diferents nexes i enllaços, mostrant: els nexes ja consultats, el camí de tornada a la informació inicial o com diferents conceptes



poden estar relacionats a través de diferents d'enllaços. A més a més, l'ús de diferents tipus de mapes conceptuais -com per exemple, el mapa d'aranya, el mapa jeràrquic, del diagrama de flux o el mapa de sistemes- segons el tipus d'informació que s'està consultant pot ajudar a què l'alumne compregui l'estructura del text que està treballant (Kommers i Lanzing, 1998).

## **2.5. Micromons de programació: el llenguatge LOGO**

D'acord amb Gros (1987), programar consisteix en dissenyar el conjunt d'ordres que al ser introduïdes en l'ordinador aquest executarà una determina tasca. Així, programar un ordinador és una tasca complexa que suposa la realització de subtasques com: especificar el problema que es desitja programar, analitzar-lo, planificar una solució, formalitzar la solució, executar el programa, analitzar els resultats obtinguts, modificar o depurar el programa en funció dels resultats obtinguts. Es planteja que un llenguatge de programació, a més a més de poder ser un coneixement vàlid en si mateix, pot ajudar a aconseguir altres objectius educatius.

Un dels llenguatges de programació més utilitzats a l'escola, sobretot en la dècada dels 80, és el llenguatge LOGO, creat per Seimund Papert. Es tracta d'un llenguatge dissenyat específicament per ser utilitzat per nens i amb la finalitat de què el nen pugui aprendre programant. Per tant, l'interès d'aquest llenguatge no radica tant en l'aprenentatge del llenguatge en sí mateix com en la creació d'un entorn educatiu i d'una relació amb l'ordinador que afavoreixin l'activitat intel·lectual de l'alumne.

L'adaptació més popular per al món educatiu del llenguatge Logo és el micromón anomenat "geometria de la tortuga" les principals tesis educatives d'aquest llenguatge les hem sintetitzat en les cinc següents:

a) Concepció constructivista de l'aprenentatge. Els micromons Logo ofereixen a l'alumne un material molt obert i suggeridor per a que pugui elaborar els seus propis projectes, modificant-los i millorant-los a partir dels esquemes previs de l'alumne i del procés interactiu amb l'ordinador. L'alumne és el "director" de la seva interacció amb l'ordinador, qui la controla i la dirigeix. El subjecte és qui programa l'ordinador i no l'ordinador qui programa al subjecte. Així, el procés d'aprenentatge és un procés natural i dinàmic, fruit de la interacció i l'activitat del subjecte amb l'entorn informàtic (Balacheef i Kaput, 1996).

b) Desenvolupament d'habilitats metacognitives. A partir de la programació amb Logo els alumnes poden reflexionar sobre els seus propis processos cognitius, identificant errors en els seus programes, corregint-los i millorant-los. Els alumnes poden analitzar i ser més conscients de les seves activitats cognitives. És a dir, li permet reflexionar sobre el seu propi pensament, afavorint el desenvolupament d'habilitats metacognitives en els alumnes que l'utilitzen. En paraules de Gros (1987)

"La actividad de programar confiere al sujeto el caracter de epistemologo." (Gros, 1987:179).

c) L'ordinador com a mediador de l'aprenentatge. El llenguatge Logo atorga a l'ordinador el paper de mediador i de facilitador del desenvolupament del pensament concret al pensament formal. Autors com Mevarech i Kramarski (1993) defensen que el Logo pot actuar com un company expert que ajuda a l'alumne a progressar en la zona de desenvolupament proper definida per Vigotsky.

Sutherland (1989) mostra com el llenguatge Logo pot afavorir la comprensió i l'ús de conceptes formals de matemàtiques com és el de "variable". En aquest estudi es mostra com la programació amb Logo pot proporcionar als alumnes una base conceptual de la variable que pot ser generalitzable a altres situacions.

d) Una nova manera d'aprendre. Logo no és només un llenguatge de programació sinó que es pretén que un treball adequat amb aquesta eina propiciï un canvi radical en la manera de pensar i d'aprendre dels nens. Així, l'ordinador és un nou medi d'expressió i d'exploració que modifica substancialment la manera d'aprendre i facilita la consecució d'aprenentatges significatius per part de l'alumne.

e) L'error és considerat com una eina per aprendre. L'ús del llenguatge Logo vol fer un canvi en la concepció del paper que té l'error en l'aprenentatge. A diferència dels plantejaments de l'ensenyament programat, aquest no és punitiu, sinó que serveix per aprendre. La interacció constant entre els projectes que realitza l'alumne i el resultat que obté en la pantalla de l'ordinador afavoreix una activitat d'autoavaluació constant entre el que s'espera aconseguir i el que realment s'obté. Si no s'aconsegueix el que s'espera, l'alumne ha de modificar el seu programa. Aquest procés de: disseny de la programació - execució - detecció d'errors - correcció, ajuda a allunyar als alumnes de la perspectiva dicotòmica de correcte o fals.

Una part de la investigació educativa dissenyada per avaluar els resultats en l'aprenentatge dels alumnes quan utilitzen el llenguatge Logo ha mostrat resultats contradictoris que qüestionen la possibilitat d'aconseguir els objectius que aquest llenguatge es proposa. Aquests estudis són, des del nostre punt de vista, rellevants i generalitzables a altres situacions que tinguin com a objectiu estudiar la incidència educativa de l'ordinador en la resolució de tasques escolars, els quals passem a estudiar a continuació.

Una de les principals crítiques a l'ús del llenguatge Logo en l'àmbit educatiu ha estat els resultats educatius contradictoris que s'han aconseguit amb aquest llenguatge a l'escola. La prolifera investigació educativa que s'ha realitzat sobre l'anàlisi dels guanys educatius del llenguatge Logo es pot agrupar fonamentalment en quatre grans àrees (Clements i Sarama, 1997). Una primera àrea fa referència a l'anàlisi del desenvolupament d'habilitats cognitives i metacognitives. En aquest camp, autors com Lehrer i Randle (1987), Nastasi, Clements i Battista (1990), Clements (1991) assenyalen que el llenguatge Logo desenvolupa en els alumnes les habilitats per: definir un problema, seleccionar diverses representacions d'un problema, planificar les seves pròpies solucions, monitoritzar el procés de resolució i avaluar els resultats. En canvi, altres estudis, com per exemple, Pea, Kurland i Hawkins, (1985) demostren que els alumnes que han utilitzat Logo durant un període de temps llarg, no utilitzen més habilitats de planificació en la resolució de tasques que els alumnes que no han utilitzat aquest llenguatge informàtic.

Una segona àrea d'estudi de l'ús educatiu del llenguatge Logo ha estat el del rendiment acadèmic, en la qual la comparació amb grups control, que bé no utilitzen l'ordinador o bé utilitzen programes d'EAO, no sempre demostra la supremacia del llenguatge Logo front a les altres dues intervencions educatives (Clements, 1986).

Una tercera àrea d'estudi que analitza la relació entre la millora de l'autoestima, l'autoconcepte acadèmic i la capacitat de reflexió i l'ús del llenguatge Logo. Els resultats d'aquest tercer àmbit d'investigació també són contradictoris. Així, per exemple, Emihovich i Miller (1988), troben un augment en la capacitat d'autoreflexió dels alumnes que treballen amb Logo, en canvi, Burns i Hagerman (1989), mostren que determinats aspectes de l'autoconcepte acadèmic milloren, però que aclarir la relació entre components cognitius i motivacionals en relació als efectes del Logo en el pensament del subjecte és una tasca molt difícil.

Finalment, els estudis que destaquen que els entorns Logo faciliten la interacció entre els alumnes propicien un aprenentatge cooperatiu. La investigació en aquest camp mostra resultats més unànimes. Diferents factors incideixen en aquest fet. Primer, el feedback immediat que aporta la pantalla de l'ordinador davant una acció dels alumnes pot ser utilitzada com una eina que afavoreix la discussió entre els diferents membres del grup (Nastasi, *et al.*, 1990). Segon, els processos de programació Logo en els quals l'alumne ha d'explicitar totes les ordres que donarà a l'ordinador a fi de què aquest faci el gràfic apropiat fan la funció de ser "un mirall del pensament de l'alumne", tots els altres membres del grup tenen coneixement del procés de pensament del seu company i poden debatre'l o bé hi poden estar d'acord (Weir, 1989). Finalment, els entorns Logo ofereixen la possibilitat de què els diferents alumnes puguin compartir expertesa si es formen grups de treball amb diferents nivells d'aprenentatge (Mevarech i Kramarski, 1993).

Martí (1992) destaca tres possibles aspectes que explicarien la controvèrsia en els resultats educatius aconseguits en la nombrosa investigació educativa realitzada al voltant de l'ús del llenguatge Logo en el món educatiu. En primer lloc, les deficiències de la caire metodològic que es plantegen en molts dels estudis d'investigació citats i que cal que siguin superats sobretot pel que fa referència a: major duració temporal, realització de la investigació en un context escolar habitual, ús d'instruments d'avaluació adequats, mostres representatives d'alumnes, tant pel que fa al grandària com a la constitució, identificació de totes les variables de l'estudi, entre les més importants.

En segon lloc, el fet que molts estudis consideren l'activitat de programació com una activitat unitària, sense analitzar els components i les condicions de realització. Com hem destacat a l'inici d'aquest apartat, programar és una activitat molt complexa on hi estan implicades diferents habilitats cognitives. No estudiar les diferents habilitats cognitives implicades en les diferents tasques de programació i els diferents nivells de domini a què l'alumne pot arribar, poden tenir com a

conseqüència un estudi parcial i una interpretació errònia dels resultats educatius que el llenguatge Logo pot aconseguir.

En tercer lloc, la transferència de les habilitats apreses amb el llenguatge Logo a altres situacions ocupa un lloc central en molts estudis amb l'obtenció, però, de resultats contradictoris. L'habilitat de transferir es tracta d'una habilitat molt difícil d'adquirir i de demostrar empíricament. S'obtenen millors resultats quan s'avaluen habilitats específiques en la resolució de tasques de camps propers (el que s'anomena transferència pròxima) que els resultats en habilitats generals i en la resolució de tasques molt diverses (transferència llunyana).

En quart lloc, el rol del professor és molt important per aconseguir bons nivells d'aprenentatge dels alumnes quan utilitzen el llenguatge Logo. En aquesta mateixa línia argumental, Clements i Sarama (1997) destaquen que és necessari que el professor realitzi les cinc funcions següents per facilitar l'aprenentatge de continguts matemàtic amb l'ús d'entorns Logo:

“a) focus student's attention on particular aspects of their experience, b) reduce informal language and provide formal mathematical language for the mathematical concepts, c) suggest paths to pursue, d) facilitate disequilibrium using computer feedback as a catalyst, and e) continually connect the ideas developed to those embedded in other contexts.” (Clements i Sarama, 1997:21)

En aquest sentit, és necessari tenir en compte i planificar de quina manera el professor realitzarà les funcions anteriorment assenyalades, que aportaran l'estructura necessària en la realització de les tasques amb Logo i facilitaran l'exploració guiada dels alumnes de les possibilitats que ofereix aquest llenguatge, per aconseguir l'aprenentatge desitjat.

Des del nostre punt de vista, les principals crítiques assenyalades a l'ús d'un programa obert com és el llenguatge Logo, fan més referència en com s'insereix i

en com s'avalua en un determinat context educatiu, és a dir: el contingut d'aprenentatge, les característiques de les activitats d'ensenyament/aprenentatge, el guiatge del professor, la interacció entre els alumnes, edats els alumnes que l'utilitzen i als mètodes d'avaluació dels resultats, que a les característiques del llenguatge informàtic. En aquest sentit, creiem important recollir i tenir en compte aquestes opinions en el disseny, la implementació i l'avaluació del nostre treball empíric. El full de càlcul també es tracta d'un programa obert amb múltiples possibilitats d'utilització educativa i, per tant, els resultats en l'aprenentatge s'hauran d'explicar fonamentalment per l'adequació de les potencialitats del programa a les característiques del context d'ensenyament/aprenentatge en el qual aquest s'insereixi.

## 2.6. El processador de textos

Els programes informàtics de processadors de textos permeten utilitzar l'ordinador com una "potent" màquina d'escriure, que ofereix, entre altres, la possibilitat de corregir i modificar el que s'està escrivint o el que ja s'ha escrit, copiar informació d'un escrit a un altre, emmagatzemar gran quantitat d'informació útil per a l'escriptura d'un escrit o bé obtenir qualsevol número de còpies d'un text.

El processador de textos ha estat àmpliament utilitzat en l'ensenyament/aprenentatge del procés de composició escrita. En aquest camp es destaca l'important paper que pot desenvolupar l'ordinador en la millora dels procediments d'escriptura, en els processos cognitius implicats en aquesta activitat, i en la qualitat del text escrit. Tot i que, la investigació realitzada en aquest camp mostra algunes dificultats en l'avaluació d'aquests canvis, les declaracions d'escriptors tant prestigiosos com García Márquez o Umberto Eco destacant com el seu estil i la seva producció escrita s'ha vist positivament afectada amb l'ús del processador de textos avalen l'important paper que l'ordinador pot desenvolupar en l'activitat d'escriure.

La investigació educativa sobre l'ús del processador de textos en l'ensenyament/aprenentatge de continguts de l'àrea curricular de llengua es pot resumir en dues grans línies de treball. Una primera línia de treball que investiga, l'ús d'alguna/es de les característiques del processador de textos com a eina per a l'ensenyament/aprenentatge d'estratègies i procediments concrets de composició escrita. Una segona línia de treball que analitza la incorporació del processador de textos en entorns educatius amplis i que tenen com a objectiu la millora del procés escriptor. A continuació passem a descriure aquests dos àmbits de treball.



### 2.6.1. L'ús del processador de textos per aprendre continguts específics

En aquesta primera línia de treball, trobem, estudis que utilitzen el processador de textos per ensenyar de manera puntual, i sovint aïllada, estratègies i procediments útils per escriure. Entre les característiques del processador de textos més utilitzades per ensenyar procediments i estratègies per escriure trobem els següents:

- a) La possibilitat de revisar i corregir el què s'està escrivint o el què ja està escrit. El processador de textos permet una manipulació ràpida del text, aquest aspecte facilita que l'alumne experimenti amb el llenguatge (facilitat de canviar paraules pels seus sinònims, copiar i transportar parts d'un altre text al que s'està escrivint en aquell moment...). Aquesta característica pot ajudar a l'alumne a transcriure la imatge mental del seu discurs en un text escrit. Aquesta "manipulació textual" pot possibilitar que l'alumne modelï el text a través de successius refinaments, desenvolupant, així, estratègies de revisió i d'avaluació, estratègies molt importants en el procés de composició escrita (Hartley, 1993).
- b) El processador de textos pot ser utilitzat com una eina experta en l'execució de diferents procediments del procés de composició escrita. En aquest sentit destaca l'ús de programari amb diferents competències lingüístiques i d'escriptura que poden ser utilitzats d'una manera intel·ligent com a suport al procés escriptor. Ens estem referint, per exemple, l'ús educatiu de diccionaris de vocabulari que permeten buscar de manera ràpida sinònims i antònims i famílies de paraules; correctors ortogràfics, d'errors sintàctics, gramàtics i d'estil (per exemple, repeticions, signes de puntuació repetits, no concordar el subjecte i el verb o frases incompletes). Algunes d'aquestes eines són

operatives en la majoria dels processadors de textos i són un gran suport al procés escriptor. En aquest sentit, l'estudi de Ruiz (1993) destaca que quan els estudiants utilitzen un processador de textos que té un diccionari els seus treballs són més amplis, complets i amb un nivell de vocabulari més alt que quan s'utilitza un diccionari tradicional.

- c) La possibilitat d'utilitzar dos o més documents simultàniament. Aquesta característica permet a l'alumne tenir diverses versions d'un mateix text i, per tant, amb diferents nivells d'elaboració d'aquest. La possibilitat de tenir diferents versions d'un text pot afavorir que l'alumne desenvolupi estratègies d'avaluació més complexes, ja que té l'oportunitat de ser a la vegada, escriptor i lector.
- d) Els processadors de textos faciliten a l'alumne la construcció de macroinstruccions. Una macro és una funció en què una sola acció substitueix a tota una seqüència de pulsacions de tecles. Així, es pot dissenyar i guardar diferents macros i reproduir-les en qualsevol moment i tantes vegades com sigui necessari. Es poden utilitzar macros per escriure frases que utilitzem amb freqüència en un mateix text, per executar un conjunt d'ordres de format del text... . L'ús de macros permet a l'alumne, d'una banda, adaptar el programa de processador de textos a les seves necessitats, d'altra banda, facilita i millora la rapidesa en l'execució d'aspectes més mecànics del procés escriptor, possibilitant que l'alumne es centri en aspectes més complexos d'aquest procés (Guerra i Martín, 1992).
- e) El text escrit en la pantalla pot ser imprès, en un número il·limitat de còpies, i permet que altres el puguin llegir. Aquesta característica pot facilitar, d'una banda, l'escriptura cooperativa de l'alumne amb l'ordinador, i d'altra banda, pot promoure la percepció de la funció comunicativa del procés escriptor.

La recerca educativa que ha avaluat l'ús d'aquestes, i d'altres característiques que poden presentar els programes de processador de textos en l'ensenyament/aprenentatge del procés de composició escrita destaca, entre els resultats més rellevants, que els estudiants corregeixen més el text i realitzen menys errors que els seus companys que escriuen amb llapis i paper (Grejda i Hannafin, 1992). Els escrits realitzats amb ordinador contenen menys errors de puntuació, són més llargs, amb un vocabulari més ampli, amb les frases més complexes i el text, en general, és més ric i de millor qualitat (Robinson-Steveley i Cooper, 1990, Snyder, 1993; Breese, 1996).

L'avaluació educativa de l'ús del processador de textos també destaca la generació per part dels estudiants d'estratègies metacognitives, estratègies que tenen una gran importància en el domini expert del procés escriptor (Zellermayer *et al.*, 1991).

### **2.6.2. L'ús del processador de textos en d'ensenyament/aprenentatge del procés de composició escrita**

Aquesta segona línia de treball pren com a punt de partida l'hipòtesi que l'ordinador per sí mateix no pot ser una eina que facilita l'adquisició de coneixements sinó que és necessari que sigui integrada en un context d'ensenyament/aprenentatge ampli que estimuli en els estudiants els processos d'aprenentatge necessaris per a la consecució dels objectius educatius (De Corte, 1990).

Aquest segon àmbit d'utilització educativa del processador de textos implica l'ús d'aquest programari per assistir a l'alumne en l'aprenentatge de les diferents fases del procés de composició escrita. Existeix un gran nombre d'investigacions en aquest apartat que bé utilitzen programes de processadors de textos estàndards o

bé adaptacions educatives d'aquests que permeten aconseguir amb major facilitat els objectius educatius. A continuació, exposarem, a tall d'exemple, un treball de cadascuna de les dues possibilitats que servirà per il·lustrar les potencialitats educatives del processador de textos com a entorn educatiu per a l'aprenentatge del procés de composició escrita.

Entre els treballs que utilitzen programes de processador de textos estàndard destaquem, l'estudi de Guerra i Martín (1992) que utilitza el processador de textos per facilitar l'aprenentatge d'estratègies de comprensió i de producció de textos. Concretament, aquests autors treballen les possibilitats d'utilitzar dos textos simultàniament i les macros del processador per potenciar l'aprenentatge d'estratègies de comprensió i producció textual com el resum.

En aquest estudi, es dissenya una situació educativa en la qual els alumnes treballen amb dos textos. El primer és un text íntegre i el segon és el resum del primer text realitzat per l'alumne. Aquest resum s'elabora a partir de l'omissió, la selecció o la construcció de paràgrafs del text íntegre. Aquestes tres accions es realitzen amb macros prèviament construïdes. Així, per exemple, amb la macro d'omissió, l'alumne marca aquelles parts del text que no han d'aparèixer en el resum, amb la macro de senyalització, es marquen aquells paràgrafs que poden aparèixer sense necessitat de modificar-los en el resum, i finalment, amb la macro de construcció, es marquen aquelles parts del text que l'alumne ha de reconstruir i que impliquen una nova formulació.

Entre els treballs que utilitzen adaptacions educatives d'un processador de textos destaquem l'estudi de Ferraris, Caviglia i Degl'Innocenti (1992). Aquests autors han elaborat el processador de textos "WordProf". Es tracta d'un entorn d'escriptura que a més a més de les utilitats bàsiques de qualsevol processador de textos té uns menús específics que tenen com a objectiu ser una eina que faciliti i

doni suport al procés escriptor. Aquests menús han estat específicament dissenyats per aconseguir objectius educatius, els quals passem a descriure a continuació:

- a) El laboratori. Aquest menú inclou un conjunt d'eines que permeten manipular el text com una entitat física. Entre les eines incloses en aquest menú destaquen: diferents tipus de marcadors, l'alumne pot assenyalar determinades paraules o paràgrafs; comptadors, per comptar la llargada de frases, paràgrafs, paraules, o caràcters; i un bloc de notes que permet a l'alumne inserir comentaris, suggeriments o idees, sense modificar el text original.
- b) La biblioteca. Aquest menú inclou un conjunt de bases de dades que l'alumne pot consultar per obtenir informació d'altres textos, de vocabulari (diccionari, sinònims/antònims, famílies de paraules), de gramàtica i de documentació o informació sobre diferents successos que pot necessitar per escriure el text. L'objectiu d'aquest menú és afavorir que l'alumne busqui la informació necessària abans de començar a escriure un text.
- c) L'assistent. Aquest menú aporta ajuda sobre diferents aspectes del procés escriptor, com per exemple, resumir una part del text, reescriure o revisar paràgrafs, donar ajut sobre l'estil, el discurs o el format d'un determinat tipus de text -una carta, una notícia, un article o una narració. L'ajut de l'assistent es materialitza amb un quadre de diàleg que va donant suggeriments tenint en compte les demandes i les respostes de l'alumne.
- d) El gimnàs. En aquest menú l'alumne pot realitzar un conjunt d'exercicis sobre algun aspecte del procés d'escriure un text, com per exemple, adquirir nou vocabulari, treballar aspectes sintàctics, gramàtics o resumir idees.

## 2.7. La base de dades

Les bases de dades són programes que permeten recopilar, emmagatzemar, organitzar i relacionar una gran quantitat d'informació en funció d'una sèrie de criteris que afavoreixen poder accedir-hi i gestionar-la de manera ràpida i fàcil. Segons Castellan (1987) amb aquesta eina informàtica, les possibilitats de recopilar informació, sintetitzar-la i organitzar-la són molt superiors a les que ofereix una biblioteca tradicional.

L'ús de les bases de dades a l'aula pot ser molt eficaç per implicar als alumnes en projectes d'investigació, en treballs en petits grups que requereixen de la recerca de materials a partir de diferents fonts, o en activitats pròpiament enfocades cap a la classificació, organització i anàlisi d'informació.

En aquest apartat revisarem a grans trets les possibilitats educatives de la construcció d'una base de dades i del seu ús com a eina de cerca i comprensió de nova informació.

Trentin (1992) destaca que la construcció d'una base de dades permet el treball dels processos cognitius d'anàlisi i de representació. El primer pas per crear una base de dades és el d'anàlisi i d'abstracció de la realitat en la qual la base de dades ha de ser utilitzada. Aquesta anàlisi es realitza mitjançant els subprocessos d'unificació, classificació i generalització. El procés d'unificació consisteix en reduir diferents objectes en una sola unitat, per exemple, un cap, dos braços, dos cames i un tronc formen la unitat home. El procés de classificació permet dividir els diferents elements d'una realitat en classes, aportant, així, una certa estructura a la realitat analitzada. El procés de generalització permet transferir característiques d'un element a altres.

Aquesta realitat analitzada s'ha de representar mitjançant els subprocessos d'associació i connexió de les diferents parts que la componen. Les associacions dels elements d'una base de dades poden ser d'un a molts i de molts a molts. I les connexions entre els elements son de tipus lògic en funció dels seus atributs.

Healy i Hoyles (1997) utilitzen una bases de dades d'història com a eina que faciliti l'aprenentatge de procediments de recollida d'informació, d'interpretació de les característiques més importants d'una informació, de generació i comprovació d'hipòtesis de treball. En aquest mateix sentit es mostra el treball de Brooks i Brooks (1996) realitzat en el camp de la química, en el qual l'ús d'una base de dades que conté informació visual sobre continguts de química, com per exemple, animacions, simulacions sobre experiments de laboratori i diferents tipus de representació de la informació ajuda en l'aprenentatge dels continguts de l'assignatura dels alumnes d'ensenyament secundari.

Murray i Graham (1996) en un treball realitzat amb alumnes universitaris de la facultat de ciències de l'educació, també destaquen les avantatges de l'ús d'una base de dades d'educació, l'ERIC, en l'aprenentatge de continguts. Concretament, treballen els continguts de: pensament crític i planificació d'estratègies d'intervenció per resoldre un problema instruccional. Els alumnes, amb l'ús de la base de dades, consulten bibliografia per solucionar el problema plantejat. Els resultats mostren un bon aprenentatge dels alumnes universitaris.

## 2.8. El full de càlcul

El full de càlcul, conjuntament amb les bases de dades i els tractaments de textos, són les eines més utilitzades en el món empresarial, administratiu i d'usuari. L'ús d'aquestes tres eines informàtiques no té una correspondència en el món educatiu, en el qual s'utilitzen tímidament en el cas dels tractaments de textos i les bases de dades, i l'ús és encara menor pel que fa al full de càlcul.

Estem d'acord amb Ortega (1990) que una de les raons de l'escàs ús del full de càlcul en l'àmbit educatiu es podria atribuir al fet que és un producte típicament informàtic que no té un referent clar fora del context cibernètic, a diferència dels programes com el tractament de textos o les bases de dades que ens recorden l'ús de la màquina d'escriure o els fitxers de dades, respectivament.

Aquest fet pot propiciar en el professorat, en primer lloc, la creença que no és una eina apropiada per a l'ús en l'aula, ja que es tracta d'un producte complicat, de contingut elevat i l'ús del qual requereix d'uns coneixements informàtics previs. En segon lloc, i com a conseqüència de l'anterior creença, pot produir en els professors una manca de coneixement de les potencialitats educatives que pot tenir el full de càlcul per afavorir l'aprenentatge dels alumnes, sobretot en l'àrea de les matemàtiques.

En els darrers anys han proliferat nombroses adaptacions de programes de full de càlcul a l'àmbit educatiu, i en conseqüència, nombrosa bibliografia que aporta diferents propostes educatives d'aquests programes informàtics. Aquesta profusió bibliogràfica ha estat més elevada en el món anglosaxó, sobretot a partir dels postulats promoguts pel National Council for Educational Technology (NCET),



organisme encarregat de difondre i afavorir la utilització de les noves tecnologies en l'àmbit educatiu.

A pesar d'aquesta extensa bibliografia al voltant de la utilització didàctica del full de càlcul, sobretot a l'àrea de les matemàtiques i de les ciències, cal ressenyar l'escàs nombre de treballs i d'estudis d'investigació que avaluen objectivament l'eficàcia dels resultats en l'aprenentatge dels alumnes quan s'utilitza aquesta eina informàtica. La revisió bibliogràfica que hem realitzat sobre el full de càlcul i el treball empíric que presentem en aquest estudi volen contribuir a aportar noves dades quant a l'ús educatiu del full de càlcul en l'àrea curricular de les matemàtiques.

Dedicarem aquest apartat del nostre treball, en primer lloc, a estudiar les característiques educatives que pot tenir l'ús del full de càlcul en l'àrea de matemàtiques, i en segon lloc, a revisar les diferents propostes d'ús educatiu que s'han realitzat amb aquest programa informàtic. Ambdós aspectes aportaran el marc teòric que guiarà l'ús del full de càlcul per a l'aprenentatge de continguts matemàtics del nostre treball empíric.

### **2.8.1. Característiques educatives del full de càlcul**

Les característiques educatives més rellevants del full de càlcul es dibuixen a partir de les diferents possibilitats de treball de l'eina. Aquestes característiques vénen definides principalment, en primer lloc, per la possibilitat de moure un número, una fórmula o un text d'una casella a una altra de dins del full de treball o a qualsevol altre arxiu mitjançant els procediments d'edició de "tallar, enganxar o copiar". En segon lloc, el programa permet realitzar càlculs de manera ràpida mitjançant la introducció de fórmules matemàtiques, que a la vegada, es poden modificar i l'ordinador recalcula de manera automàtica i immediata els canvis introduïts: així,

l'alumne pot observar les repercussions que aquestes correccions tenen en el full de treball.

Des del nostre punt de vista, aquestes possibilitats de treball permeten dissenyar situacions d'ensenyament/aprenentatge amb les següents característiques educatives:

a) Facilita la manipulació numèrica.

Una de les principals potencialitats que es destaca del full de càlcul és l'oportunitat que té el nen de manipular números amb una gran facilitat. El full de càlcul permet al nen canviar números, fórmules i refer càlculs de manera molt senzilla i sense esforç. L'alumne té a l'abast un entorn que permet establir hipòtesis matemàtiques i verificar-les, és a dir, l'alumne pot comprovar que passa si... modifica un número, una fórmula del full, ja que el programa li permet comparar "en línia" i de manera immediata les conseqüències que tenen en el procés de resolució i en el resultat d'un problema les modificacions realitzades en el full de treball (Dugdale, 1994; Abramovich i Nabors, 1997). En definitiva, el full de càlcul permet jugar amb els números de manera fàcil i immediata (Verderber, 1990; Masalski, 1990).

Aquesta facilitat que ofereix l'ús del full de càlcul per experimentar, explorar i manipular entorns numèrics pot afavorir l'aprenentatge significatiu de conceptes matemàtics, perquè dona a l'alumne l'oportunitat de ser un subjecte actiu en la manipulació de continguts d'un alt nivell d'abstracció, una de les bases fonamentals per assolir un aprenentatge significatiu (Ransley, 1990). A més a més, aquesta característica pot ajudar que els continguts matemàtics siguin molt més concrets; l'alumne pot conèixer les conseqüències de les seves accions de manera immediata i sense haver de fer càlculs pesats i complicats, en paraules de Abramovich i Nabors (1997)

“The students were engaged in a dialogue with the spreadsheet in which significant mathematical explorations took place. (Abramovich i Nabors, 1997:16)”

b) Representació gràfica de continguts matemàtics.

Les característiques del full de càlcul d'establir i comprovar hipòtesis matemàtiques i l'oportunitat de manipular continguts matemàtics poden ser amplificades amb la possibilitat que té l'alumne de traduir la informació numèrica d'un full de treball en informació gràfica de manera senzilla i ràpida. Els programes de full de càlcul tenen l'opció de construir diferents tipus de gràfics amb la informació numèrica del full. Aquesta opció permet a l'alumne traduir informació matemàtica, sovint de difícil comprensió, a informació de tipus gràfic, molt més entenedora i que el pot ajudar a aprendre significativament un contingut matemàtic (Ransley, 1990).

c) Alleugerir l'alumne del càlcul numèric.

L'ús del full de càlcul en la resolució d'un problema descarrega el nen d'una part de la feina. El full de càlcul assumeix la realització de càlculs, de vegades llargs, complicats i costosos, i pot permetre que l'alumne dediqui els seus esforços cognitius a pensar com resoldre el problema i quins procediments són els més adequats per arribar a l'objectiu plantejat pel problema. Aquesta tercera característica del programa permet independitzar les tasques de càlcul de la reflexió sobre com resoldre el problema (Ortega, 1990; Filloy i Sutherland, 1996). Les paraules de Dyrli (1986) també es situen en aquest discurs: “... the spreadsheet does the work, and the student does the thinking” (pàg. 51).

Aquesta facilitat que aporta l'ús del full de càlcul per resoldre el càlcul numèric pot afavorir l'aprenentatge de continguts procedimentals de tots els alumnes, però, especialment dels alumnes amb especial dificultat a l'hora d'efectuar càlculs numèrics (dificultats de recordar les taules de multiplicar, entrebancs per assolir la mecànica de càlcul...), perquè els permet parar-se a pensar en el procés i tenir

possibilitats d'èxit; sense l'ajut de l'ordinador, toparien amb el “fantasma” del càlcul, obstacle insuperable per a molts nens.

d) Facilita l'aprenentatge de continguts procedimentals.

L'estructura del full de càlcul, quadre de doble entrada en el qual les caselles s'han de numerar i etiquetar, i la dinàmica de treball imposada per les regles i fórmules que cal conèixer i respectar amb rigorositat, poden afavorir l'aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes pels dos motius següents: en primer lloc, el fet de dissenyar la plantilla del full de treball on l'alumne ha d'etiquetar i donar nom a les diferents files i columnes, així com el fet de pensar els procediments de càlcul (les fórmules) que introduirà en el full per resoldre el problema, poden potenciar l'ús d'estratègies de planificació del problema.

Entre les estratègies de planificació que la literatura sobre resolució de problemes assenyalava com a necessàries durant el procés de resolució i que creiem que són potenciades amb el full de càlcul destaquem: el nen, per poder dissenyar el full de càlcul que li permetrà fer tots els càlculs que necessita per resoldre el problema, ha de fer l'esforç de llegir i de comprendre les dades de l'enunciat del problema, discriminar perfectament les dades conegudes de les desconegudes i dissenyar un pla de resolució.

En segon lloc, el fet que l'ordinador executi i calculi automàticament, i sense error, les ordres de l'alumne pot ajudar a estimular processos de control, de regulació i d'avaluació dels procediments de resolució que està portant a terme. En les normes que regeixen la interacció del nen amb el full de càlcul, el nen sap que el número que apareix en pantalla té una correspondència directa amb les seves accions i que, a diferència del càlcul que es realitza sobre paper, no té possibilitat d'error. Creiem que aquesta norma pot estimular l'alumne, davant un resultat, a avaluar i preguntar-se sobre la lògica del resultat per a la resolució dels objectius del

problema, i a qüestionar-se la validesa de tot el procés seguit (Pifarré i Monereo, 1995).

e) Facilita l'aprenentatge de continguts conceptuals.

Les característiques del programa informàtic del full de càlcul afavoreixen la resolució de problemes sobre continguts matemàtics de tipus "recursiu" o que impliquen el maneig de variables matemàtiques, com per exemple, generar sèries lògiques de números, resolució d'equacions o progressions geomètriques. En el camp de les matemàtiques s'han realitzat diferents treballs que plantegen als alumnes la resolució d'aquests tipus de problemes amb l'ús del full de càlcul, entre els qual destaquem els treballs de Sutherland i Rojano (1993) i Filloy i Sutherland (1996) que utilitzen el full de càlcul per a l'aprenentatge significatiu del llenguatge i de conceptes d'àlgebra.

L'ús del full de càlcul ajuda a l'alumne a utilitzar de manera significativa el llenguatge matemàtic. L'alumne amb l'ús d'aquesta eina informàtica pot utilitzar expressions com " $2 \cdot A5 + 4$ " (A5 es refereix a una cel·la del full de càlcul) amb més significat que quan utilitza expressions amb llapis i paper com " $2x + 4$ ". El full de càlcul permet que l'alumne doni significat a la cel·la A5 i observi com el resultat de l'expressió algebraica canvia quan modifica el número de la cel·la A5.

f) Afavorir la motivació dels alumnes per a la resolució de problemes matemàtics.

L'última característica que volem ressaltar del programa informàtic del full de càlcul està molt relacionada amb les assenyalades anteriorment. L'ajuda que proporciona el full de càlcul quant a superar les dificultats de manipulació numèrica pot potenciar la motivació dels alumnes cap a l'àrea de les matemàtiques. La feina costosa i, sovint, causa del fracàs en la resolució d'un problema és esmenada amb la utilització d'aquesta eina informàtica, amb la qual qualsevol manipulació numèrica es realitza fàcilment i immediatament.

## **2.8.2. Utilització educativa del full de càlcul**

La utilització del full de càlcul en l'àmbit educatiu segueix les mateixes característiques que en altres programes informàtics. En aquest sentit podríem separar les propostes educatives d'aquest programa informàtic en dos blocs: el primer fa referència a aprendre continguts conceptuals de les àrees de les matemàtiques i de les ciències i, el segon, fa referència a aprendre continguts procedimentals implicats sobretot en el procés de resolució de problemes amb l'ús del full de càlcul i com a conseqüència de les potencialitats educatives d'aquesta eina (Lambrecht, 1993). Aquests dos blocs tenen, fonamentalment, una finalitat d'estructurar la presentació dels diferents treballs consultats que utilitzen el full de càlcul com a eina que facilita l'aprenentatge de continguts curriculars. Algun d'aquests estudis realitza un treball dels dos tipus de continguts, tot i que nosaltres l'hem situat en un dels dos apartats segons el tipus de contingut en què, des del nostre punt de vista, l'estudi fa una major incidència.

### ***2.8.2.1. El full de càlcul i l'aprenentatge de continguts declaratius***

En aquest tipus de propostes l'objectiu principal és aprofitar les característiques del full de càlcul per afavorir l'aprenentatge de continguts de caire conceptual. La consulta a bases de dades especialitzades en educació aporta una extensa bibliografia que il·lustra aquest ús del full de càlcul. Els autors exposen un llarg llistat de temes i continguts matemàtics que poden ser ensenyats als alumnes amb l'ús d'aquesta eina informàtica, acompanyats d'un conjunt d'activitats tipus que mostren en cada tema com incorporar el full de càlcul a la programació d'aula. Cal destacar, però, que la major part d'aquests treballs no avaluen amb dissenys d'investigació els resultats en l'aprenentatge d'aquests continguts amb l'ús del full de càlcul. En els següents paràgrafs exposarem alguns d'aquests treballs que mostren aquesta utilització educativa del programa informàtic del full de càlcul,

realitzats amb alumnes d'ensenyament secundari, i que es presenten de manera resumida en la taula II-3.

Hart (1995) proposa l'ús del full de càlcul per facilitar l'aprenentatge de les diferents variables que intervenen en la rapidesa amb què circulen uns cotxes en un circuit amb diferents tipus de giravolts. En aquest projecte, el full de càlcul permet experimentar amb els valors de les diferents variables que intervenen en el problema i fer càlculs ràpids que faciliten un major aprenentatge i comprensió dels diferents conceptes de física implicats en aquesta tasca.

És en el camp de les matemàtiques és on es troben un major nombre de propostes que utilitzen el full de càlcul per a l'ensenyament/aprenentatge dels continguts d'aquesta àrea curricular. En aquest sentit, Klimick (1993) destaca que les característiques del full de càlcul faciliten l'aprenentatge de continguts tan importants en l'àrea de les matemàtiques com els següents: confecció de taules que permeten descobrir models numèrics, simetries o seqüències analògiques; realització de diferents tipus de càlculs numèrics, com per exemple, seqüències de càlculs, resolució adequada de problemes -ja que permet començar amb un problema senzill i anar progressivament afegint noves condicions- i raonament inductiu.

Verdeber (1990) proposa l'ús del full de càlcul per resoldre problemes sobre els continguts de l'àlgebra i el càlcul. En concret, aquesta autora treballa la manera de traduir les diferents frases i les relacions entre els conceptes de l'enunciat d'un problema al llenguatge matemàtic, en aquest cas, a fórmules del full de càlcul. La possibilitat que ofereix l'ordinador de calcular ràpidament diferents expressions matemàtiques permet a l'alumne de valorar quina expressió és la més adequada d'acord amb els objectius plantejats en el problema.

Aquesta mateixa autora, en un treball posterior, utilitza el full de càlcul per treballar continguts sobre geometria, relacions entre el perímetre, l'àrea i el volum d'objectes. Concretament, estudia la forma de minimitzar la superfície d'una llauna per contenir el mateix volum de líquid. A partir d'una fórmula geomètrica, l'alumne en una taula del full de càlcul pot anar modificant els diferents valors de la fórmula per aconseguir l'objectiu (Verdeber, 1992).

Finalment, destaquem el gran nombre de treballs que utilitzen el full de càlcul per facilitar l'aprenentatge de continguts d'àlgebra. Aquest fet s'explica, en primer lloc, per les possibilitats del full de càlcul de calcular funcions (com per exemple, les funcions algorísmiques i trigonomètriques) de forma ràpida i senzilla, de manera que l'alumne no ha d'estar immers en càlculs llargs i complexos. I, en segon lloc, per la facilitat que ofereix el programa de representar gràficament les funcions. Aquest fet permet a l'alumne centrar els seus esforços en les relacions numèriques de les diferents funcions i, alhora, en facilita la seva comprensió. A continuació, destacarem alguns d'aquests treballs.

Sutherland i Rojano (1993) i Filloy i Sutherland (1996) utilitzen el full de càlcul per afavorir el pas de l'ús del llenguatge aritmètic al llenguatge algebraic. Per aquests autors l'ús del llenguatge simbòlic d'aquest programa informàtic pot ajudar els alumnes a construir generalitzacions matemàtiques. Per exemple, l'expressió matemàtica que utilitza l'alumne amb el full de càlcul ( $3 \cdot A5 + 7$ ) pot ajudar a establir relacions i afavorir la comprensió de l'expressió algebraica ( $3x + 7$ ). En aquest sentit, aquests autors dissenyen una proposta instruccional en la qual els alumnes resolen i representen gràficament problemes d'àlgebra relacionats amb experiències prèvies sobre aritmètica amb l'ús del full de càlcul. En aquesta proposta es potencia que els alumnes utilitzin les claus del llenguatge simbòlic matemàtic per expressar i resoldre situacions quotidianes, i experimentin i construeixin models matemàtics generals i aplicables a diferents situacions problema.



La proposta de d'Obaid i Alak (1989) s'encamina a utilitzar el full de càlcul per a la resolució de problemes sobre equacions lineals. Aquests autors emfatitzen la possibilitat de transformar el llenguatge matemàtic en llenguatge gràfic com una eina imprescindible perquè els alumnes compreguin les relacions numèriques que s'estableixen en aquest tipus d'equacions.

Sandefur (1992) mostra com utilitzar el full de càlcul per a l'aprenentatge de funcions lineals. Concretament, presenta diferents exemples de problemes de la vida diària en els quals es compren determinats productes amb un préstec bancari i s'ha de calcular el cost final de préstec. La proposta didàctica mostra l'ús del full de càlcul i les seves opcions gràfiques per entendre les característiques d'una funció lineal.

El treball de Pinter-Lucke (1992) es centra en l'ús del full de càlcul per a l'aprenentatge de funcions de polinòmiques. Aquest autor dissenya diferents activitats en què l'alumne ha de modificar i trobar diversos valors de les diferents variables d'un polinomi per conservar la relació d'igualtat.

Davidenko (1997) promou el treball del concepte de funció a partir de l'anàlisi de l'estructura de la informació numèrica de problemes contextualitzats en la vida diària. El full de càlcul és utilitzat com a eina que facilita diferents tipus de representacions de les funcions matemàtiques i afavoreix la comprensió dels alumnes de la seva estructura.

Estudi	Contingut d'aprenentatge	Característiques
Obaid i Alak (1989)	Àlgebra: funcions lineals.	Proposta didàctica
Verdeber (1990)	Àlgebra i càlcul aritmètic.	Proposta didàctica
Verdeber (1992)	Geometria	Proposta didàctica
Sandefur (1992)	Àlgebra: funcions lineals.	Proposta didàctica
Pinter-Lucke (1992)	Àlgebra: funcions polinòmiques.	Proposta didàctica
Sutherland i Rojano (1993)	Càlcul aritmètic i àlgebra.	Proposta didàctica i procés d'investigació.
Klimick (1993)	Càlcul aritmètic	Proposta didàctica
Hart (1995)	Conceptes físics de cinemàtica.	Proposta didàctica
Davidenko (1997)	Àlgebra: funció lineal	Proposta didàctica

Taula II-3: taula resum dels treballs que utilitzen el full de càlcul per a l'aprenentatge de continguts conceptuals.

En els treballs revisats i presentats en aquest apartat es mostren els principals eixos per al disseny d'activitats educatives que aprofitin les potencialitats del full de càlcul com a eina que facilita l'aprenentatge de continguts declaratius de diferents àrees curriculars. El nostre treball parteix d'aquesta revisió bibliogràfica per al disseny de la proposta didàctica que utilitza el full de càlcul per afavorir l'aprenentatge del contingut matemàtic de la proporcionalitat directa. Ara bé, des del nostre punt de vista, creiem que és necessari realitzar una investigació educativa que avaluï i compari els resultats de l'aprenentatge dels alumnes amb l'ús del full de càlcul i amb l'ús d'altres eines didàctiques, aspecte absent en els treballs revisats en aquest apartat. Aquest tipus d'investigació, en la qual emmarquem el nostre estudi, aportarà més informació sobre les potencialitats educatives del full

de càlcul i permetrà conèixer les característiques del context (contingut, característiques dels materials didàctics, mediació del professor o interacció entre alumnes) que afavoreixen un millor aprenentatge.

### ***2.8.2.2. El full de càlcul i l'aprenentatge de continguts procedimentals***

Les propostes educatives d'aquest segon apartat utilitzen les característiques del full de càlcul per afavorir l'aprenentatge de continguts procedimentals i d'estratègies de resolució de problemes. En la taula II-4 es presenta de manera resumida els treballs que exposem en aquest apartat.

En el camp de les ciències, Amend, Tucker i Larsen (1990) utilitzen l'adaptació d'un programa de full de càlcul per a l'ensenyament/aprenentatge de continguts científics amb alumnes d'ensenyament secundari. Des del punt de vista d'aquests autors, el full de càlcul pot ser un ajut pedagògic per afavorir l'aprenentatge del mètode científic, principalment en les fases de recollida, anàlisi i interpretació de les dades. Aquesta eina informàtica permet realitzar de manera ràpida l'anàlisi matemàtica de les dades i la confecció de gràfics, eines bàsiques en la interpretació dels resultats obtinguts en un experiment científic.

Concretament, aquest autors han integrat l'ús del full de càlcul per a l'aprenentatge i la realització d'experiments en el laboratori sobre les lleis físiques del comportament dels gasos: la llei de Boyle i la llei de Charles. Els resultats en l'aprenentatge d'aquests continguts físics són molt positius quan s'utilitza el full de càlcul, a diferència dels que obtenen els alumnes que aprenen aquest contingut sense la incorporació d'aquesta eina a l'aula. Entre les diferències que aquests autors detecten entre els alumnes que utilitzen el full de càlcul i els que no l'utilitzen, destaca la distribució del temps emprat pels alumnes en el laboratori. Quan no s'utilitza l'ordinador, la major part del temps es dedica a recollir i a organitzar les dades; en canvi, l'ús del programa del full de càlcul permet que

l'alumne dediqui més temps a les fases de disseny de l'experiment, organització i interpretació de les dades, fases que impliquen accions menys mecàniques i de més alt nivell cognitiu.

En el camp de les matemàtiques destaquem quatre treballs. A pesar que els tres primers no realitzen un procés d'investigació que permeti avaluar els resultats obtinguts, han estat una eina bàsica en el disseny i la implementació de la proposta didàctica que presentem en el nostre treball.

En primer lloc, destaquem el treball de Masalski (1990), que proposa l'ús del full de càlcul per a la resolució de problemes de tipus "recursiu" o amb un format tabular. Aquest autor dissenya un material didàctic que guia el procés de resolució per part de l'alumne d'aquest tipus de problemes, mitjançant un conjunt de preguntes que tenen com a objectiu que l'alumne desenvolupi estratègies de recerca, exploració, anàlisi i interpretació de la informació que aporta el full de càlcul. Les preguntes que ha de respondre l'alumne fan referència al problema concret a resoldre en cada activitat, i potencien, en cada cas, l'execució de determinats procediments matemàtics.

En segon lloc, en el treball de Sgroi (1992) es dissenya una situació d'ensenyament/aprenentatge en la qual els alumnes resolen problemes de matemàtiques en petits grups amb l'ajut del full de càlcul i la respostent a una sèrie de preguntes sobre el procés de resolució.

L'objectiu educatiu d'aquest autor és afavorir l'adquisició de les fases i estratègies cognitives de resolució proposades per Polya (1945), mitjançant tres eixos d'actuació:

a) Resolució dels problemes en grup com a mitjà per afavorir la discussió, reflexió i explicitació del procés de resolució.

b) Utilització de la facilitat de rectificar càlculs i de manipular números del full de càlcul per potenciar l'adquisició d'estratègies de resolució d'assaig i error. Els alumnes, quan resolen un problema amb aquesta eina informàtica, proven diferents maneres de solucionar el problema i fan hipòtesis matemàtiques amb més facilitat i freqüència que quan es resolen sobre paper.

c) Provisió de preguntes que guien el procés de resolució dels alumnes. Aquestes preguntes que el grup d'alumnes ha d'anar pensant i sobre les quals ha de reflexionar estan inspirades en els estudis de Polya i guien el procés de pensament dels alumnes en cadascuna de les fases de resolució proposades per aquest autor.

En tercer lloc, volem destacar el treball proposat per Dugdale (1994) que presenta el procés de resolució d'un conjunt de problemes matemàtics contextualitzats en la vida diària, en què l'ús del full de càlcul és una eina imprescindible per trobar la solució. El treball d'aquesta autora fa èmfasi en l'aprenentatge d'estratègies de planificació i de generalització. Concretament, davant la resolució d'un problema amb el full de càlcul, es potencia que l'alumne dissenyi una plantilla o full de treball que li permeti, amb petites modificacions, resoldre el major nombre possible de problemes d'una tipologia determinada. Per exemple, la construcció d'una plantilla que permeti calcular el temps que tardaran diferents vehicles a recórrer diferents distàncies i a diferents velocitats.

La construcció d'aquesta plantilla amb el full de càlcul també es realitza de manera guiada. Aquest guiatge es concreta en un conjunt de preguntes dirigides a l'alumne sobre la validesa del model construït en diferents situacions i amb l'ajut de gràfics, en els quals l'alumne pot veure si el resultat obtingut en la resolució de diferents situacions és adequat o no.

Finalment, el treball de Lambrecht (1993) també es situa en aquesta línia de treball sobre la incorporació educativa del full de càlcul. Aquesta autora dissenya una

aplicació amb un programa de full de càlcul per treballar la resolució de problemes sobre proporcionalitat i relacionats amb conceptes bancaris, amb alumnes d'ensenyament secundari. L'aplicació presenta en la pantalla de l'ordinador una situació problema i l'etiqueta de les variables conegudes que aporta l'enunciat del problema i les desconegudes que l'alumne ha de calcular. L'alumne ha d'omplir cada columna amb les dades numèriques conegudes del problema i les fórmules algorísmiques per solucionar el problema. A més a més, el programa té un quadre de diàleg que l'alumne pot consultar per saber si les variables desconegudes del problema i la solució trobada al problema són correctes o incorrectes. En aquest estudi, l'autora té com a principal objectiu treballar estratègies de comprensió i d'anàlisi de la situació problema, estratègies de resolució de problemes sobre proporcionalitat i estratègies d'avaluació del procés i del resultat del problema.

Estudi	Contingut d'aprenentatge	Característiques
Amend <i>et al.</i> (1990)	Mètode científic. Llei de Boyle i de Charles.	Proposta didàctica i procés d'investigació.
Masalski (1990)	Estratègies de resolució de problemes "recursius"	Proposta didàctica
Sgroi (1992)	Estratègies de resolució de problemes.	Proposta didàctica
Lambrecht (1993)	Estratègies de resolució de problemes sobre proporcionalitat.	Proposta didàctica i procés d'investigació.
Dugdale (1994)	Estratègies de resolució de problemes contextualitzats en la vida diària, fonamentalment càlcul aritmètic	Proposta didàctica

Taula II-4: taula resum dels treballs que utilitzen el full de càlcul per a l'aprenentatge de continguts procedimentals.

El nostre treball parteix de la revisió bibliogràfica exposada en aquest apartat sobre l'ús del full de càlcul com a eina que facilita l'aprenentatge de continguts procedimentals per al disseny i implementació de la proposta didàctica. Aquesta proposta utilitza aquesta eina informàtica per afavorir l'aprenentatge d'estratègies generals i específiques de resolució de problemes sobre el contingut matemàtic de la proporcionalitat directa. En aquest sentit, el nostre estudi recull les següents característiques dels treballs exposats en aquest apartat:

- a) Disseny per part dels alumnes de la plantilla del full de càlcul que els permetrà resoldre el problema plantejat.
- b) Guiatge extern d'estratègies de resolució de problemes amb l'ajut de preguntes.
- c) Resolució cooperativa dels problemes.

Hem dedicat aquest capítol, en primer lloc, a conèixer les principals tesis teòriques desenvolupades des de la perspectiva sociocultural del procés d'ensenyament/aprenentatge i que emfasitza les característiques del context per conèixer i explicar l'aprenentatge dels alumnes amb l'ús d'eines tecnològiques com l'ordinador.

En segon lloc, hem revisat l'ús educatiu dels principals formats de programes informàtics. En aquest estudi hem destacat la concepció del procés d'ensenyament/aprenentatge que guia el disseny i la implementació de cadascun dels programes i les característiques del context educatiu en el qual s'insereixen per explicar les potencialitats i els resultats educatius que cada programa pot aconseguir. En aquest repàs de l'aplicació educativa de diferents productes informàtics hem dedicat una major atenció a l'ús del programa del full de càlcul.

En el proper capítol continuarem estudiant les possibilitats educatives d'aquest programa informàtic amb la revisió de treballs d'investigació que l'utilitzen com a eina afavoridora de l'aprenentatge i la resolució de problemes sobre proporcionalitat, contingut que hem escollit en el nostre estudi.





**CAPÍTOL III. LA RESOLUCIÓ  
DE PROBLEMES SOBRE  
PROPORCIONALITAT I L'ÚS DEL  
FULL DE CÀLCUL**



En el primer capítol del nostre treball hem destacat la importància del coneixement declaratiu i procedimental del contingut específic sobre el que versa el problema per resoldre'l amb èxit. També hem estudiat que la quantitat i qualitat d'aquest coneixement és una de les principals diferències entre el procés de resolució d'una persona experta i d'una de novell. Els experts tenen esquemes de coneixement del contingut específic sobre el que versa el problema ben organitzats, de fàcil accés, que inclou informació declarativa, procedimental i condicional, i aquesta informació fa de guia de les accions per resoldre amb èxit el problema.

Recollint aquestes conclusions, l'ensenyament d'estratègies de resolució de problemes ha de partir de continguts específics i ensenyar, paral·lelament, estratègies de resolució de problemes generals -i transferibles a qualsevol situació- i estratègies més específiques -i lligades a situacions concretes.

L'objectiu general del nostre treball és el de millorar el procés de resolució de problemes dels alumnes d'ensenyament secundari obligatori, aquest objectiu el pretenem aconseguir mitjançant l'ensenyament d'estratègies generals i específiques per resoldre problemes sobre proporcionalitat directa.

Fonamentalment, tres són els motius que ens han portat a triar aquest contingut curricular. En primer lloc, es tracta d'un contingut essencial en el currículum de tota l'educació secundària, a partir del qual s'unifiquen les línies bàsiques d'altres continguts matemàtics, per exemple, probabilitat, trigonometria, escales i magnituds. A més a més, el contingut de la proporcionalitat, és un instrument fonamental per a la comprensió de conceptes bàsics d'altres àrees curriculars com les ciències socials (piràmides de població, taxa de població i escales...), les ciències naturals, la física i la química (velocitat, acceleració, densitat i pressió, la formulació de lleis com la llei d'Ohm i la llei de Hooke...), o el dibuix (escales...).

En segon lloc, diferents estudis han assenyalat la dificultat dels alumnes per adquirir aquest concepte i resoldre tasques matemàtiques que estan relacionades amb aquest contingut (entre els que destaquem: Karplus, Pulos i Statge, 1983; Vergnaud, 1983 i Behr, *et al.* 1992).

En tercer lloc, la dificultat del seu aprenentatge pels alumnes d'ensenyament secundari justifica la necessitat de realitzar nous estudis que investiguin quines condicions d'ensenyament/aprenentatge poden afavorir l'aprenentatge d'aquest contingut. En paraules de Behr, *et al.* (1992)

“There is a great deal of agreement that learning rational number concepts remains a serious obstacle in the mathematical development of children. ... In stark contrast, there is no clear agreement about how to facilitate learning of rational number concepts.” (Behr, *et al.*, 1992:296)

Dedicarem aquest tercer capítol, en primer lloc, a estudiar les característiques del currículum de matemàtiques de l'ESO i a situar en aquest context els tres eixos conductors del nostre treball: les estratègies de resolució de problemes, el contingut de la proporcionalitat i l'ús de l'ordinador per a l'ensenyament/aprenentatge de continguts matemàtics.

En segon lloc, estudiarem les característiques del contingut d'aprenentatge sobre el que versarà la proposta didàctica que elaborem en aquest treball, la proporcionalitat directa, amb l'objectiu de dissenyar les activitats d'ensenyament/aprenentatge que afavoreixin el seu aprenentatge. Per aconseguir aquest objectiu és necessari analitzar el contingut específic des d'una doble vessant, d'una banda, cal conèixer l'estructura i l'organització interna del contingut matemàtic, és a dir, la seva estructura conceptual: relacions matemàtiques implicades, tipologia de problemes, entre altres. D'altra banda, és necessari estudiar l'estructura psicològica, és a dir, l'organització i aprenentatge del

contingut pels alumnes: anàlisi dels estudis sobre l'aprenentatge del contingut pels alumnes o les estratègies de resolució més utilitzades.

La investigació educativa assenyala ambdós anàlisis com a imprescindibles per assegurar l'enllaç entre els objectius educatius i les activitats d'aprenentatge concretes a realitzar pels alumnes, ja que, la tipologia del contingut condiona tant la manera d'aprendre de l'alumne com la manera d'ensenyar del professor (Ros García *et al.*, 1989; Coll i Rochera, 1990; Stodolsky, 1991; Mauri, 1993; Zabala, 1995).

L'anàlisi de l'estructura conceptual del contingut de la proporcionalitat ens ha portat a situar aquest contingut matemàtic dins de l'estructura multiplicativa i a analitzar les diferents relacions proporcionals que es poden trobar dins d'aquesta estructura matemàtica.

En l'anàlisi de l'estructura psicològica d'aquest contingut, hem analitzat diferents estudis sobre l'aprenentatge d'aquest contingut matemàtic i de les estratègies de resolució més utilitzades de manera eficient pels alumnes. Aquesta anàlisi ha facilitat la seqüenciació dels continguts i de les activitats d'aprenentatge, així com, l'ensenyament d'estratègies específiques de resolució de situacions proporcionals. En els següents apartats exposarem en detall ambdós anàlisis.

Finalment, analitzarem les principals conclusions a què han arribat els estudis que han utilitzat el full de càlcul com a eina per a l'aprenentatge del contingut de la proporcionalitat i d'estratègies de resolució de problemes, anàlisi que introduirà la part empírica del nostre treball.

## **1. L'educació matemàtica en l'etapa educativa de la secundària obligatòria**

El coneixement matemàtic, com tota forma de coneixement, representa les experiències de les persones que interactuen en determinats contextos socials i culturals. Així, les representacions matemàtiques són construccions socials i un element bàsic de la cultura en la qual viu el subjecte.

En aquest sentit, l'educació matemàtica que es porta a terme en una institució formal -com és el sistema escolar- tindrà com a principal objectiu promoure les condicions necessàries perquè els alumnes portin a terme la construcció dels conceptes matemàtics mitjançant l'elaboració de significats simbòlics compartits (Rico, 1997).

Seguint a Chevallard, Bosch i Gascón, (1997) aquest procés d'enculturació -del que forma part l'educació matemàtica, en el sistema escolar obligatori- ha d'abastar dos dels tres nivells en què es sol seccionar l'activitat matemàtica. El primer nivell faria referència a una alfabetització matemàtica bàsica, constituït pels coneixements més elementals i competències bàsiques sobre números, formes i relacions. Aquest primer nivell permetria a l'alumne resoldre situacions simples i conegudes. El segon nivell faria referència a un perfeccionament matemàtic i aportaria els coneixements necessaris per resoldre els problemes complexos i desconeguts del món quotidià en què viu l'alumne. Finalment, el tercer nivell, que s'escapa a l'escolaritat obligatòria, faria referència a una especialització matemàtica i en la qual podem incloure aquells coneixements d'un alt nivell de complexitat i que es presenten en sectors socials i professionals especialitzats.

El procés d'enculturació matemàtica es porta a terme mitjançant l'ensenyament/aprenentatge de determinats continguts matemàtics bàsics i que formen les matemàtiques escolars. En els següents apartats passem a exposar les principals característiques dels objectius educatius i els continguts d'aprenentatge que els alumnes han d'assolir al llarg de l'etapa d'educació secundària obligatòria.

## **1.1. Els objectius del currículum de l'àrea de matemàtiques de l'educació secundària obligatòria**

“A lo largo de la educación obligatoria las matemáticas han de desempeñar, indisolublemente y equilibradamente, un papel formativo básico de capacidades intelectuales, un papel aplicado, funcional, y un papel instrumental, en cuanto armazón formalizador de conocimientos en otras materias.” (Real Decreto 1345/1991).

La cita amb la que iniciem aquest apartat sintetitza els tres objectius que emmarquen l'ensenyament/aprenentatge de les matemàtiques en l'educació obligatòria. En primer lloc, es considera el alt grau de valor formatiu de les matemàtiques perquè poden desenvolupar capacitats pròpies del pensament abstracte. En aquest sentit, el currículum de matemàtiques de la Generalitat de Catalunya (1993) destaca el paper fonamental que realitza l'àrea de les matemàtiques en el desenvolupament de les següents capacitats:

- “Interpretar i produir missatges utilitzant codis científics.
- Identificar problemes i elaborar estratègies per resoldre'ls mitjançant procediments intuïtius i de raonament lògic.
- Obtenir i seleccionar informació i tractar-la de forma autònoma i crítica.
- Transmetre la informació d'una manera organitzada i intel·ligible.” (pàg. 39)



En segon lloc, es destaca l'interès d'aprendre matemàtiques per la seva utilitat pràctica. Estem d'acord amb Rico (1997) que les matemàtiques apareixen en totes les formes d'expressió humana i permeten codificar informació i obtenir una representació del medi social i natural que permetrà actuar-hi. Un model matemàtic sobre un determinat fenomen possibilita al subjecte inferir conclusions lògiques que poden predir el comportament d'aquest en un futur .

En tercer lloc, i molt relacionada amb l'anterior, el caràcter de ser una eina comú per al treball dels continguts d'altres disciplines. Les matemàtiques, conjuntament amb el llenguatge, són un dels fils conductors de la formació intel·lectual dels alumnes.

Tenint en compte aquest marc general del paper de les matemàtiques i de les característiques de l'etapa secundària obligatòria -fonamentalment definida per: a) el caràcter terminal d'aquesta etapa, és l'última de l'ensenyament obligatori; b) l'obligatorietat i, per tant, la necessitat de dissenyar un currículum que doni resposta a les necessitats de tots els alumnes i c) l'elevat grau d'optativitat del currículum que comporta que la part comuna de l'àrea de matemàtiques s'ha de plantejar l'establiment d'uns objectius mínims que s'han d'assolir per tots els alumnes- es defineixen nou objectius generals que l'alumne ha d'assolir en l'àrea de matemàtiques i al llarg de l'etapa d'ensenyament secundari obligatori.

Aquest nou objectius s'agrupen en tres apartats (Generalitat de Catalunya, 1993). El primer apartat aglutina als dos primers objectius i fa referència a la visió global de la matemàtica que ha de tenir l'alumne en acabar l'etapa. En aquest sentit, es pretén que la matemàtica sigui entesa com una ciència en permanent evolució i es valori el caràcter instrumental de la matemàtica per resoldre situacions problema de la vida quotidiana.

Aquests dos objectius ocupen un lloc molt important en el nostre estudi. Com hem destacat al llarg d'aquest document escrit i com assenyalarem en la presentació de les característiques de la proposta didàctica, el nostre treball pretén que els alumnes construeixin coneixement matemàtic útil per resoldre situacions complexes de la vida quotidiana a partir de l'aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes.

El segon apartat inclou els tres objectius següents del currículum de matemàtiques i fa referència a l'ús creatiu i raonat de les estratègies i els procediments matemàtics per resoldre situacions problemàtiques, i a les actituds de l'alumne davant d'aquestes situacions. Aquestes actituds han de ser fonamentalment de: reflexió i consciència de les pròpies capacitats, de constància i perseverar en la recerca de solucions.

Els objectius d'aquest segon apartat són un dels eixos central del nostre treball en el qual emfatitzem l'aprenentatge d'estratègies metacognitives de planificació del procés de resolució d'un problema, de regulació i d'avaluació d'aquest procés.

El tercer apartat inclou els quatre últims objectius generals de l'àrea en els quals es fa esment de les capacitats relacionades amb l'activitat matemàtica i que, a grans trets, fan referència a l'ús de diversos llenguatges, a la sistematització de les observacions, a la classificació i ordenació de les dades obtingudes i a la detecció i establiment de les relacions que puguin existir en un conjunt de dades. El nostre estudi, amb l'ús d'un programa informàtic típicament matemàtic, el full de càlcul, creiem que potencia el treball d'aquests quatre objectius generals.

## **1.2. Els continguts del currículum de l'àrea de matemàtiques de l'educació secundària obligatòria**

Per seleccionar els continguts de l'àrea que seran el mitjà per aconseguir els objectius anteriorment assenyalats es tenen en compte les diverses fonts del currículum: la sociològica, la psicològica, la pedagògica i l'epistemològica (Coll, 1986).

El currículum de matemàtiques de la Generalitat de Catalunya (1993), i atenent a la font sociològica, destaca que és necessari que els continguts responguin a coneixements matemàtics que la societat actual exigeix a qualsevol ciutadà per poder comprendre la informació que s'hi produeix i per saber desenvolupar-s'hi amb una certa facilitat.

Considerant, les fonts psicològica i pedagògica, es té en compte, en primer lloc, el desenvolupament dels alumnes d'aquesta etapa: capacitat d'abstracció i raonament formal en vies de formació. Així, els continguts han de permetre un treball manipulatiu i un procés empírico-inductiu en el seu raonament, introduint, de manera gradual al llarg de l'etapa, el raonament hipotètic-deductiu i els processos de formalització. En segon lloc, cal donar prioritat als continguts procedimentals, sobretot els de caire més general, perquè aportaran les eines bàsiques per un aprenentatge més autònom i significatiu.

La font epistemològica aporta informació, d'una banda, sobre la lògica interna de la pròpia matèria que ajudarà en la selecció i seqüenciació dels continguts, és a dir, no es pot introduir un contingut que el seu treball requereixi el domini d'altres no previstos en el currículum. I, d'altra banda, sobre la gènesi històrica i el procés que

ha anat seguint, al llarg del temps, els diferents coneixements matemàtics que proporcionarà informació orientativa sobre el grau de dificultat per assimilar-los.

Els continguts del currículum matemàtic són presentats en tres nuclis que corresponen als procediments; fets, conceptes i sistemes conceptuals; i valors, normes i actituds. Dedicarem els següents paràgrafs a exposar les característiques més generals de l'organització d'aquests continguts en el currículum de l'àrea de les matemàtiques i a fer un anàlisi de la presència dels tres eixos conductors del nostre treball: estratègies de resolució de problemes, el contingut de la proporcionalitat i l'ús de l'ordinador. Per fer aquesta exposició seguirem les directrius marcades en el currículum de matemàtiques de la Generalitat de Catalunya.

#### a) Procediments

En el currículum de l'àrea de matemàtiques, els procediments es classifiquen en quatre grups tenint en compte el tipus de tècniques i habilitats a què fan referència i considerant amb quin tipus de coneixement matemàtic estan més relacionats.

Un primer grup de procediments que està relacionat amb el llenguatge i els processos matemàtics. En aquest grup es remarca explícitament la necessitat de treballar els processos i les estratègies de resolució de problemes.

Un segon grup que inclou tots aquells procediments que tenen relació amb qüestions de mesura i càlcul. En aquest grup s'emmarquen les tècniques de càlcul, de representació simbòlica i gràfica de nombres, procediments explícitament treballats amb l'ús del programa informàtic del full de càlcul en el nostre estudi: representació simbòlica en un quadre de doble entrada i representació gràfica de nombres, procediments de càlcul de situacions de proporcionalitat directa.

Un tercer grup de procediments relacionats amb el treball de models geomètrics, concretament es remarca l'aplicació de models geomètrics per a la interpretació de situacions reals. En aquest sentit, el nostre treball parteix de l'anàlisi i la manipulació de figures geomètriques proporcionals com a eina per afavorir la construcció significativa dels alumnes del concepte de proporcionalitat.

Un quart grup de procediments relacionats amb la gestió d'informació matemàtica, ja sigui amb mitjans algebraics o de simple ordenació i classificació. En aquest grup es remarca explícitament el treball de procediments de representació gràfica de fenòmens. El nostre estudi pretén desenvolupar aquest grup de procediments amb l'ús del full de càlcul amb el qual l'alumne pot traduir la representació numèrica d'un problema a una representació gràfica.

b) Fets, conceptes i sistemes conceptuals.

En el currículum de l'àrea de matemàtiques els continguts declaratius es classifiquen en cinc grups: els nombres, el pla i l'espai, la dependència entre variables, l'estadística elemental i l'atzar, i finalment elements d'història de la matemàtica.

El contingut de la proporcionalitat directa s'emmarca en el tercer grup: la dependència entre variables. Des del nostre punt de vista, la interacció de l'alumne amb el full de càlcul pot facilitar l'aprenentatge del concepte de variable. L'alumne per resoldre un problema amb aquest programa informàtic ha d'utilitzar de manera significativa variables matemàtiques. En el capítol II hem destacat un conjunt de treballs que emfatitzen que l'ús del llenguatge simbòlic del full de càlcul pot ajudar als alumnes a comprendre les relacions matemàtiques del llenguatge algebraic.

c) Valors, normes i actituds.

Els continguts de valors, normes i actituds giren entorn a tres eixos o grups. Un primer grup que pretén fomentar actituds positives davant la resolució de situacions problemàtiques i davant la informació que és contrastable matemàticament. El nostre estudi dedica un treball explícit a potenciar actituds d'interès respecte a les diverses estratègies matemàtiques que es poden emprar per trobar la solució d'un problema. Així, es creen espais de valoració i discussió sobre les estratègies que els diferents grups d'alumnes han utilitzat per resoldre un problema.

Un segon grup que fa referència a les actituds i els hàbits d'organització, ordre, precisió i claredat en el raonament matemàtic. En el capítol II d'aquest document escrit hem destacat les potencialitats de l'ús del full de càlcul com a eina que pot desenvolupar aquests hàbits i actituds assenyalats, i que han estat especialment treballats en el nostre estudi.

Finalment, un tercer grup que fa referència a les actituds envers l'ús de mitjans tecnològics d'ús social, i en els que es fa una menció explícita de l'ús de l'ordinador. El nostre estudi treballa explícitament aquest grup de continguts amb l'ús de l'ordinador com a eina que pot afavorir l'aprenentatge de continguts conceptuals, procedimentals i actitudinals de l'àrea de matemàtiques.

## 2. La proporcionalitat directa: el contingut d'aprenentatge

Una de les explicacions a la complexitat per ensenyar i aprendre els conceptes de la proporcionalitat i dels nombres racionals és que aquests inclouen i/o estan relacionats amb altres conceptes matemàtics (Ohlsson, 1987; Behr, *et. al.*, 1992; Lamon, 1993; Ben-Chaim, *et. al.*, 1998). Sense ànim d'anomenar-los exhaustivament, entre els conceptes que diferents autors inclouen dins del camp de la proporcionalitat trobem entre els més importants: fracció, equivalència, operador, partició, funció lineal, magnitud. Aquest fet justifica la dificultat per aprendre aquest contingut matemàtic i la necessitat de dissenyar i planificar situacions d'ensenyament/aprenentatge que introdueixin nous elements facilitadors per a la seva adquisició.

Des d'un punt de vista matemàtic el concepte de proporció fa referència a la relació d'equivalència entre dos ratios expressat com:  $a/b = c/d$ .

Els lligams entre proporcions i raonament proporcional rauen quan les proporcions no són estudiades com a números aïllats sinó dins del camp de les funcions. Una variable "y" és directament proporcional a la variable "x" i pot ser expressada com:

$$y = f(x) = ax$$

El valor numèric de "a" rep el nom de "constant de proporcionalitat".

El concepte matemàtic de la proporcionalitat és caracteritzat perquè pot ser utilitzat en moltes situacions de la vida quotidiana en les quals es substitueixen els valors de les variables i els números proporcionals exposats en la definició anterior per quantitats, magnituds i mesures de diferents categories (Schwartz, 1988).

El nostre treball parteix dels estudis de Vergnaud (1983) i Gómez-Granell *et al.* (1997) que situen el concepte de la proporcionalitat dins del camp de l'estructura multiplicativa. Vergnaud (1983) proposa dues variables com a determinants a l'hora d'ensenyar i d'aprendre a resoldre tasques sobre proporcionalitat: la relació de proporcionalitat implicada, concretada amb diferents tipologies de problemes, i els procediments utilitzats pels alumnes per solucionar aquests problemes. En els propers apartats estudiarem ambdós variables i exposarem el paper que han tingut en el disseny de la proposta d'ensenyament/aprenentatge del nostre estudi.

## 2.1. Tipologia de les relacions de proporcionalitat

Les situacions de proporcionalitat enteses com a estructures multiplicatives es poden dividir, segons Vergnaud (1983), en tres tipus de relacions matemàtiques que dibuixen tres tipus de problemes:

**a) Isomorfisme de mesura:** Es tracta d'una proporció simple i directa entre dos espais de mesura  $M_1$  i  $M_2$ . Moltes de les situacions quotidianes poden ser descrites amb aquesta tipologia de problema, per exemple, una de situacions quotidianes més usuals, la relació dels diners a pagar en funció de la quantitat de producte que es compra.

L'estructura matemàtica d'aquesta tipologia de problemes pot ser representada en una taula amb dos columnes. Cada columna representa una variable, per exemple,



M1 pot representar quantitat comprada d'un producte i M2 pot representar diners a pagar.

M1	M2
a	b
c	x

Dins d'aquesta tipologia de problemes Vergnaud diferencia quatre esquemes o formats diferents. Els tres primers esquemes són problemes de multiplicació i divisió, en els quals un dels quatre valors de la proporció és igual a 1. Segons aquest autor, els problemes de multiplicació i divisió apareixen com a casos especials de proporció directa, i només poden ser compresos i resolts correctament pels alumnes, si aquests entenen la relació de proporcionalitat que es pot establir entre les dades del problema.

El quart esquema o format dels problemes d'isomorfisme de mesura fa referència a la tipologia de problemes anomenats com a regla de tres, en què donats els valors d' a, b i c s'ha de trobar el valor de x. La incògnita es pot presentar en qualsevol de les quatre posicions.

Les situacions problema amb una estructura matemàtica d'isomorfisme de mesura poden presentar dos tipus de demanda a l'alumne amb diferent complexitat per la seva resolució, els problemes d'incògnita i els problemes de comparació (Cramer, Post i Currier, 1993).

Els problemes d'incògnita fan referència a situacions en què donats tres valors l'alumne ha de calcular-ne un quart. Els quatre valors estan relacionats proporcionalment.

En els problemes de comparació es presenta a l'alumne dos o més situacions en què es coneixen tots els valors i es demana que l'alumne trobi les relacions que s'estableixen entre aquestes situacions (quines són equivalents, quines són més grans, més costoses...).

Aquest segon tipus de problema presenta una complexitat de resolució més gran que els problemes d'incògnita, ja que, en primer lloc, cal trobar les relacions de proporcionalitat entre les diferents situacions presentades, i, en segon lloc, s'han d'aplicar estratègies per comparar les dades i decidir si són equivalents o no (Ben-Chaim *et al.*, 1998).

**b) Producte de mesura:** Es tracta d'una proporció múltiple perquè al menys tres variables hi són implicades. Vergnaud (1983) la defineix com la composició cartesiana de dos variables  $M_1$  i  $M_2$  dins d'una tercera  $M_3$ . Aquesta tipologia de problemes també descriu un gran nombre de situacions quotidianes però, d'un ús menys freqüent o restringit, com pot ser les nocions d'àrea, volum i altres conceptes físics.

L'estructura matemàtica d'aquesta tipologia de problemes no pot ser representada en una senzilla taula de correspondència com en els problemes d'isomorfisme de mesura (funció lineal), sinó que s'ha de representar en una taula amb doble correspondència (funció bilineal).

**c) Proporció múltiple:** Es tracta d'una tipologia de problemes molt semblant al producte de mesura ja que també intervenen més de dues variables. Una quantitat és proporcional a altres dos quantitats diferents i independents. Cada magnitud té la seva pròpia significació intrínseca i cap d'elles pot ser reduïda al producte de les altres dos.

Un exemple d'aquesta tipologia de problemes seria diferents situacions de la vida quotidiana en què la variable temps intervé com un factor directament proporcional

a altres dos: producció de llet d'una granja és directament proporcional al nombre de vaques i als dies (temps) en què es realitzi el càlcul.

### **2.1.1. Relacions de proporcionalitat i tipologia dels problemes treballades en la proposta d'ensenyament/aprenentatge**

El nostre treball d'investigació es centra en el procés d'ensenyament/aprenentatge de resolució de problemes de proporcionalitat simple i directa. Es proposen problemes amb una estructura matemàtica d'isomorfisme de mesura i de tipologia d'incògnita i de comparació. Dos són els motius que justifiquen aquesta decisió.

En primer lloc, la relació de proporcionalitat simple i directa és dins del camp d'aquest contingut matemàtic la relació bàsica sobre la que s'estructura l'aprenentatge de les relacions de proporcionalitat múltiple. Per tant, estem davant d'un concepte inclusor (Ausubel, Novak i Hanesian, 1983) que l'alumne ha d'integrar satisfactòriament en la seva estructura cognitiva per facilitar la construcció significativa d'altres relacions de proporcionalitat més complexes. La ubicació del nostre estudi en el nivell educatiu de l'ensenyament obligatori, justifica una proposta d'ensenyament/aprenentatge que permeti l'adquisició significativa dels continguts més generals i inclusivors del camp de la proporcionalitat.

En segon lloc, un dels objectius del nostre estudi és millorar la competència dels alumnes en la resolució de problemes de la vida quotidiana. Les situacions de proporcionalitat simple i directa són molt més freqüents en el context no escolar que les situacions de proporcionalitat múltiple i/o indirecta. Per tant, aquest contingut matemàtic s'adequa millor als objectius del nostre treball.

## **2.2. Les estratègies específiques per resoldre situacions de proporcionalitat**

El principal objectiu de la proposta didàctica dissenyada en el nostre estudi és d'ensenyar estratègies generals i específiques de resolució de problemes de proporcionalitat.

Per aconseguir aquest objectiu hem realitzat una àmplia revisió bibliogràfica tant dels estudis que investiguen les característiques de les estratègies generals i heurístics que guien el procés de resolució dels experts -i que hem presentat en el capítol II d'aquest document escrit-, com dels diferents estudis que han investigat les principals estratègies específiques utilitzades pels nens per resoldre situacions quotidianes de proporcionalitat.

Tourniari i Pulos (1985), en una exhaustiva revisió dels principals estudis realitzats sobre proporcionalitat, distingeixen dos gran tipologies d'estratègies correctes utilitzades pels nens per resoldre tasques proporcionals: les estratègies additives i les estratègies multiplicatives, les quals passem a estudiar a continuació.

### **2.2.1. Les estratègies additives**

Les estratègies additives són denominades en la literatura anglosaxona com a "*building-up strategies*". Es tracta d'estratègies molt bàsiques i intuïtives, i que s'utilitzen principalment en la infantesa i en la primera adolescència. Consisteixen en buscar una relació en una primera ratio i fer-la extensiva per addició a una segona proporció. El nen resol el problema utilitzant addicions o subtraccions, per exemple: dos caramels valen 8 pessetes, quan valdran 6 caramels? El nen resol el

problema de la següent manera, dos caramels valen 8 PTA,  $8 + 8 = 16$  PTA per 4 caramels,  $16 + 8 = 24$  PTA per 6 caramels.

Aquest tipus d'estratègies són útils per resoldre problemes senzills i amb nombres enters, però són poc eficaces per resoldre problemes més complexos i amb nombres decimals.

Aquesta estratègia no ha estat treballada en la proposta didàctica dissenyada en el nostre estudi. Creiem que el nivell educatiu al qual va adreçat la proposta d'ensenyament/aprenentatge, alumnes de 3r. d'ESO (15 - 16 anys), i el fet que, el contingut de la proporcionalitat ja s'ha treballat en anys anteriors, justifiquen que els alumnes estant amb capacitat evolutiva per desenvolupar estratègies de resolució de tasques sobre proporcionalitat més complexes i aplicables a un major nombre de situacions.

### 2.2.2. Les estratègies multiplicatives

Els elements d'una proporció estan relacionats de manera multiplicativa, aquesta relació és fa extensible a una altra proporció. Per Vergnaud (1983) les estratègies multiplicatives més freqüents utilitzades pels nens són dos: l'estratègia del càlcul de l'operador funcional i l'estratègia de la regla de tres:

a) **Càlcul de l'operador funcional**, aquesta estratègia multiplicativa de resolució de situacions proporcionals presenta tres concrecions diferents en funció de l'estructura del problema i de les característiques de les dades: l'escalar, la funcional i el valor de la unitat.

\* Escalar, també anomenada enfocament intern (Noelting 1980): l'estratègia consisteix en relacionar dos quantitats d'objectes que pertanyen a la mateixa categoria qualitativa (per exemple: Caramels  $\rightarrow$  Caramels), aquesta relació

anomenada constant de proporcionalitat, s'aplica a objectes d'una altra categoria (per exemple: preu). En aquest enfocament cada variable s'estudia de manera independent i els canvis que succeeixen en una variable es tracten de manera paralela en l'altra variable (Schliemann i Carraher, 1992). Per exemple:

Situació M1 ( <i>caramels</i> )	Situació M2 ( <i>preu</i> )
a	b
c	z

L'alumne calcula  $a/c = y$  o bé calcula  $c/a = y$ , i, posteriorment, calcula  $z = y \cdot b$

L'alumne calcula la relació entre una mateixa variable, per exemple caramels comprats en la situació 1 i l'aplica a una altra variable, per exemple preu. L'augment o disminució en el preu serà directament proporcional a l'augment o disminució dels caramels comprats.

**\*\* Funcional:** l'estratègia consisteix en relacionar dos quantitats d'objectes que pertanyen a diferent categoria (per exemple: Velocitat  $\rightarrow$  Temps). Aquest enfocament estudia com una variable varia en funció d'una altra variable, és a dir, en calcular la proporció entre dos variables. En el cas de l'exemple anterior, la resolució del problema aplicant aquesta estratègia seria la següent:

Situació M1 ( <i>caramels</i> )	Situació M2 ( <i>preu</i> )
a	b
c	z

L'alumne calcula  $a/b = y$ , o bé calcula  $b/a = y$ , i, posteriorment, calcula  $z = y \cdot c$

L'alumne, com en el cas anterior, ha de trobar la constant de proporcionalitat, però en aquest cas respon a una magnitud real ( per exemple: velocitat/temps, preu/caramel, ...). En canvi en el procediment escalar, la constant que s'estableix és de tipus numèric i no correspon a una dimensió o magnitud concreta. Aquest fet fa que en problemes complexos el procediment de càlcul de l'operador funcional sigui més senzill pels alumnes i els porti a resoldre correctament un problema més sovint que el càlcul de l'operador escalar (Vergnaud, 1983, Noelting, 1980).

\*\*\* Valor de la unitat: Es tracta d'un cas particular del càlcul de l'operador funcional, en aquest cas la constant de proporcionalitat que es calcula es refereix al valor per unitat (preu per un caramel, quilometres recorreguts en una hora, ...). Schliemann i Carraher, (1992) l'assenyalen com un dels procediments més utilitzats pels nens i pels adults en situacions quotidianes.

**b) Operació de la regla de tres:** Si seguim analitzant l'exemple de les situacions M1 i M2, exposades anteriorment, l'operació de regla de tres consistiria en:

$$b \cdot c = a \cdot y \quad y = b \cdot c / a$$

L'estratègia de l'operació de regla de tres es tracta d'un algorisme molt utilitzat en situacions escolars formals, però poc utilitzat de manera intuïtiva per resoldre problemes quotidianes. En un estudi realitzat per Schlieman i Nunes (1990) en què analitzaven quines estratègies utilitzaven els alumnes instruïts en el procediment de regla de tres en la resolució de tasques quotidianes i que portaven a la butxaca un llapis, un bloc petit de notes i una calculadora. Aquests autors van observar que aquests nens utilitzaven, fonamentalment, l'estratègia de l'operador escalar per la resolució de les situacions de proporcionalitat observades, i només un percentatge molt baix de nens utilitzaven l'estratègia de la regla de tres.

L'escàs ús d'aquest algorisme matemàtic en la resolució de tasques quotidianes es pot explicar pel fet que treballa les relacions numèriques però no les magnituds que

aquests números representen, per tant, aquest algoritme no té un significat pels alumnes, a diferència dels dos procediments analitzats anteriorment. Al no tenir un significat per l'alumne, l'ensenyament del procediment de regla de tres propicia una resolució de les tasques de proporcionalitat mecànica i sense un correcte raonament, l'aplicació en molts casos de manera incorrecta i que aquest procediment gairebé no s'utilitzi en la resolució situacions quotidianes.

Un dels principals objectius educatius de la proposta didàctica dissenyada en el nostre estudi és afavorir un procés de resolució de problemes matemàtics raonat i significatiu pels alumnes. Per aconseguir aquest objectiu i, partint de perspectives constructives de l'aprenentatge, les activitats de la proposta didàctica es fonamenten en els coneixements intuïtius dels alumnes sobre proporcionalitat i es propicia que l'alumne creï ponts significatius entre aquests coneixements i els coneixements matemàtics més formals. Aquest principi ens ha portat ha potenciar l'ensenyament de les estratègies de l'operador escalar i funcional, i a refusar l'ensenyament de l'estratègia de regla de tres per resoldre els problemes de proporcionalitat.

Ara bé, en molts casos no s'ha aconseguit que les alumnes no utilitzessin aquest procediment algorísmic, bé perquè el professor, molt acostumat a treballar aquest procediment a l'aula l'ha utilitzat alguna vegada, o bé perquè els alumnes ja l'havien utilitzat en anys anteriors i el tenien molt interioritzat, a pesar de que l'utilitzessin sense significat o de manera incorrecta.

En aquest marc, el nostre treball ha dissenyat i avaluat una proposta didàctica que pretén, d'una banda, afavorir la comprensió de les diferents relacions numèriques que s'estableixen en les situacions de proporcionalitat directa i, d'altra banda, ampliar les estratègies generals i específiques dels alumnes per resoldre aquestes situacions en contextos quotidians. Aquests objectius es pretenen aconseguir amb la mediació simbòlica del programa informàtic del full de càlcul.



En el proper apartat exposem els treballs empírics que utilitzen la mediació del full de càlcul per a l'ensenyament/aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes sobre proporcionalitat, i que han estat antecedents al nostre estudi.

### **3. L'ensenyament/aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes sobre proporcionalitat i l'ús del full de càlcul: antecedents**

La recerca bibliogràfica a diferents bases de dades sobre l'ús del full de càlcul com a eina medidora en l'ensenyament/aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes sobre proporcionalitat mostra l'escàs nombre d'investigacions realitzades sobre aquesta temàtica. La recerca assistida per ordinador a les bases de dades de: Educational Resourcer Information Clearinghous (ERIC), Psychological Abstracts (PSYCLIT) i Current Contents amb l'ús dels següents descriptors: full de càlcul (spreadsheets), resolució de problemes (problem solving) i matemàtiques (mathematics) mostra menys de 40 treballs que contenen aquests descriptors. Només un d'aquests treballs té com a objectiu afavorir l'aprenentatge de continguts sobre proporcionalitat. La major part d'aquestes referències tenen com a objectiu afavorir l'aprenentatge de continguts relacionats amb l'àlgebra.

Aquest fet creiem que justifica la necessitat d'estudiar i avaluar els efectes educatius d'aquest programa com a eina que pot facilitar l'aprenentatge de continguts conceptuals, procedimentals i actitudinals de l'àrea de les matemàtiques, tal i com mostren els treballs revisats en el capítol II d'aquest document escrit.

L'objectiu d'aquest apartat és introduir a la part empírica del nostre treball amb l'anàlisi de tres estudis que han estat antecedents directes al disseny, implementació i avaluació de la proposta d'ensenyament/aprenentatge del nostre estudi, els quals presentem en els següents pàgines.

### **3.1. L'ordinador i la resolució de problemes sobre proporcionalitat que contenen conceptes relacionats amb la llum i les ombres (Gómez-Granell *et al.*, 1997)**

Steren (1996) i Gómez-Granell, *et al.* (1997) dissenyen un entorn informàtic denominat “la llum i les ombres” per ensenyar el contingut matemàtic de la proporcionalitat. Aquest entorn consta de 17 problemes relacionats amb l'alçada d'objectes i l'ombra que aquests projecten en determinades circumstàncies, i en els quals els alumnes han de calcular la mida dels objectes o de les seves ombres.

L'entorn informàtic, dissenyat a partir d'un programa de full de càlcul, s'estructura en dues sessions de treball, en la primera es presenten vuit problemes i en la segona nou.

Els 17 problemes s'estructuren d'acord amb dos criteris: la dificultat per resoldre els problemes i el tipus de feedback que dona l'ordinador a la resposta de l'alumne. Tenint en compte la dificultat dels problemes, aquests s'organitzen en dos tipus: i incògnita i/o comparació. El tipus de feedback que dona l'entorn informàtic a la resposta de l'alumne està en funció de si aquesta resposta és correcta o incorrecta.

El feedback corresponent a una resposta correcta es denomina “presa de consciència” i es demana als alumnes que calculin la relació de proporcionalitat (alçada/ombra).

Per a la resposta incorrecta es preveuen quatre nivells de feedbacks, que apareixen de manera successiva després de respondre incorrectament a la pregunta del problema, i són els següents:

- a) El primer nivell d'ajut correspon a la relació intensiva entre un objecte i la seva ombra (ombra major o menor que l'alçada de l'objecte)

- b) El segon nivell suggereix l'estratègia del "pas a la unitat" per resoldre el problema (l'ordinador pregunta l'ombra d'un objecte d'1 cm/cm o bé l'alçada d'un objecte que la seva ombra mesura 1 cm/cm).
- c) El tercer nivell incideix en l'estratègia de la progressió, es presenten en una taula els valors de les ombres que corresponen a objectes de 1 cm/cm, 2 cm/cm, 3 cm/cm..., amb la finalitat que l'alumne dedueixi la rao de proporcionalitat.
- d) El quart nivell proporciona un ajut gràfic. Es presenta un gràfic en el qual en l'eix d'ordenades es representen les alçades de diferents objectes, i en l'eix d'abscisses es representen les seves ombres corresponents, els parells de valors es connecten amb línies de manera que les relacions equivalents originen triangles equivalents.

Es dissenya un procés d'investigació per avaluar les característiques del procés d'ensenyament/aprenentatge amb l'entorn informàtic "la llum i les ombres". Participen dos grups classe d'un institut de la ciutat de Barcelona. Una classe participa com a grup control i aprèn el contingut de la proporcionalitat sense ús de l'ordinador; l'altra classe del centre participa com a grup experimental i aprèn el contingut matemàtic amb l'ús del programa informàtic. Participen un total de 42 alumnes de 1r. d'ESO, 21 de cada classe.

El procediment del disseny experimental va consisteix en una seqüència de nou sessions, les característiques de les quals es presenten en la taula III-1.

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Pre-test.</li><li>2. Entorn informàtic. Realització dels 8 primers problemes.</li><li>3. Aula. Introducció del concepte de la proporcionalitat.</li><li>4. Aula. El pas a la unitat com a estratègia de resolució.</li><li>5. Aula. Mesura indirecta d'objectes.</li><li>6. Pati. Mesura indirecta d'objectes.</li><li>7. Entorn informàtic. Realització dels 9 problemes restants.</li><li>8. Aula. Estructuració de coneixements.</li><li>9. Post-test.</li></ol> |
|--|

Taula III-1: Procediment seguit en el grup d'alumnes experimental.

Adaptat de Gómez-Granell *et al.* (1997:138)

En les sessions d'aula i de pati els alumnes treballen en parelles. L'agrupament dels alumnes es realitza en funció de les dades obtingudes en el pre-test. Es formen tres tipus de parelles: homogènies baixes, en les quals els dos alumnes presenten un rendiment baix en la prova inicial; heterogènies, en les quals un alumne presenta un rendiment alt i l'altre alumne un rendiment baix; i homogènies altes, en les quals els dos alumnes presenten un rendiment alt en la prova pre-test.

S'avaluen els resultats del procés d'investigació a dos nivells, un quantitatiu sobre el resultat de l'aprenentatge després de la intervenció, i un qualitatiu sobre les característiques del procés d'ensenyament/aprenentatge quan s'utilitza l'entorn informàtic.

L'anàlisi dels resultats quantitatius mostra que els guanys en l'aprenentatge són significativament superiors en el grup experimental que en el grup control ( $F(1,40) = 10.15, p < .005$ ).

Quant a l'anàlisi qualitatiu del procés d'ensenyament/aprenentatge s'analiza en el grup experimental la interacció professor-parelles d'alumnes i la dinàmica interactiva entre els diferents tipus de parelles.

En línies generals s'observa, en primer lloc, que la interacció professor-parelles d'alumnes és menor que la interacció entre els alumnes.

En segon lloc, la interacció entre les diferents parelles d'alumnes és, en general, de tipus cooperatiu, els dos membres de la parella resolen conjuntament els problemes plantejats.

En tercer lloc, les característiques de la interacció entre els alumnes són diferents en funció del tipus de parella: homogènia alta o baixa, i heterogènia. Les parelles homogènies altes i les heterogènies presenten una interacció més diversa i més rica que l'observada en les parelles homogènies baixes.

En quart lloc, s'observa que el nivell d'aprenentatge assolit està en funció del rol que cada alumne de la parella assumeix durant el procés d'aprenentatge. En aquest sentit, els rols de qüestionar i el d'interrogar sobre les accions que es realitzen per resoldre un problema, afavoreixen un millor aprenentatge de l'alumne.

Com a conclusions d'aquest estudi, i d'interès per al nostre treball, creiem que es poden extraure les següents:

- a) La necessitat d'integrar l'entorn informàtic en el procés d'ensenyament/aprenentatge de continguts curriculars.
- b) El disseny d'activitats d'ensenyament/aprenentatge amb l'ús de l'eina informàtica ha de tenir en compte les característiques del contingut a aprendre.

- c) La integració del medi informàtic en el procés d'ensenyament/aprenentatge modifica les característiques de la interacció entre els alumnes, i aquestes tenen conseqüències en el nivell d'aprenentatge que s'aconsegueix.
- d) Aquest estudi observa canvis en els processos cognitius implicats en la resolució d'un problema quan s'utilitza l'entorn informàtic, tot i que no s'estudien en detall.

Des del nostre punt de vista, creiem que és necessari aprofundir en l'estudi de les accions cognitives que els alumnes posen en joc quan resolen problemes matemàtics amb l'ús i sense l'ús de l'ordinador. Aquest coneixement pot ajudar a dissenyar situacions d'ensenyament/aprenentatge que utilitzin les característiques específiques d'un programa informàtic per millorar el procés d'aprenentatge dels alumnes.

### **3.2. El full de càlcul i la resolució de problemes sobre proporcionalitat que contenen conceptes relacionats amb la banca (Lambrecht, 1993)**

Lambrecht (1993) dissenya una situació d'ensenyament/aprenentatge que utilitza un programa de full de càlcul per millorar les estratègies de resolució de problemes sobre proporcionalitat, concretament sobre conceptes relacionats amb la banca.

Per aconseguir aquest objectiu, aquesta autora construeix una macro amb el programa informàtic que permet dissenyar unes plantilla que els alumnes d'ensenyament secundari utilitzaran per resoldre els problemes. Aquesta plantilla divideix la pantalla de l'ordinador en les quatre àrees següents:

- a) L'enunciat del problema a resoldre per l'alumne.
- b) Una àrea que dibuixa dues zones en les quals l'alumne ha d'identificar i escriure les variables conegudes i desconegudes de l'enunciat del problema. Aquesta àrea s'elabora amb l'objectiu que l'alumne l'explicitació del què es coneix i el què s'ha de calcular ajudarà a resoldre el problema.
- c) Una zona de càlculs en la qual l'alumne pot utilitzar la potencialitat de càlcul que ofereix el programa.
- d) Una zona en la qual l'alumne ha d'escriure la solució del problema i el programa respon amb una informació sobre la correcció o incorrecció del resultat del problema. En aquest treball, s'utilitza el feed-back de l'ordinador per potenciar que l'alumne explori altres vies per solucionar el problema mitjançant les possibilitats de manipulació numèrica ràpida i d'investigació que ofereix el programa del full de càlcul.

La macro del programa de full de càlcul dissenyada en aquest treball també permet guardar el nombre de respostes correctes que ha donat l'alumne a les preguntes plantejades en l'enunciat del problemes, i quantes d'elles han estat aconseguides en el primer intent. Aquesta informació és revisada pel professor, i aquest pot adaptar els nous problemes al nivell d'aprenentatge assolit pels diferents alumnes de l'aula.

Es dissenya un procés d'investigació amb l'objectiu de contrastar els resultats que es poden aconseguir amb aquest programa informàtic. Participen 39 alumnes d'ensenyament secundari que es divideixen en dos grups classe, un grup experimental format per 19 alumnes que utilitza el programa de full de càlcul, anteriorment descrit, per aprendre els conceptes de proporcionalitat; i un grup control, format per 20 alumnes que utilitza la calculadora per resoldre els mateixos problemes que el grup experimental



L'anàlisi de resultats d'una avaluació pre-test/post-test mostra diferències significatives en el nivell d'aprenentatge assolit pels dos grups d'alumnes ( $F(1,39) = 5.06, p < .05$ ), a favor dels alumnes del grup experimental.

A partir dels resultats obtinguts en aquest treball, l'autora assenyala les potencialitats educatives del full de càlcul com a eina que pot millorar l'aprenentatge de continguts conceptuals i procedimentals dels alumnes d'ensenyament secundari, però, es remarca la necessitat de realitzar nous estudis que millorin les dues limitacions del seu treball.

En primer lloc, en aquest estudi es proposa als alumnes la resolució de problemes que impliquen la realització de petits càlculs, i sovint, requereixen d'un sol camí per solucionar-los. Aquest tipus de problemes no afavoreixen que els alumnes explorin diferents estratègies per resoldre el problema i utilitzin una de les principals característiques del full de càlcul, la manipulació numèrica. En aquest sentit, es destaca que s'han de plantejar als alumnes la resolució de problemes oberts, contextualitzats en la vida diària i que impliquin la realització de càlculs complexos. Aquest tipus de problemes potenciaran l'exploració i manipulació d'informació numèrica amb l'ús de les característiques del programa del full de càlcul.

En segon lloc, aquesta autora assenyala les avantatges que pot suposar el fet que l'alumne dissenyi la plantilla del full de càlcul que li ha de permetre resoldre el problema. Aquest disseny pot suposar l'aprenentatge d'estratègies de resolució més complexes, com per exemple: estratègies de planificació o de representació del procés de resolució d'un problema. En aquest estudi, el fet de donar la plantilla del full de càlcul prèviament dissenyada a l'alumne és una limitació a la seva creativitat i a l'execució d'estratègies de resolució de problemes més complexes.

En aquest sentit, el nostre treball vol recollir les conclusions d'aquest estudi, i dissenyar una situació d'ensenyament/aprenentatge que utilitzi el full de càlcul per resoldre problemes complexos, contextualitzats en la vida diària de l'alumne i que aquest elabori el full de treball més adequat per resoldre el problema plantejat, amb la finalitat de millorar el procés i el rendiment de la resolució de problemes matemàtics.

### **3.3. El full de càlcul i la resolució de problemes sobre proporcionalitat: el percentatge (Pifarré, 1994)**

En un estudi previ sobre l'ús del programa informàtic del full de càlcul com a eina per a l'ensenyament/aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes (Pifarré, 1994), vàrem dissenyar una investigació que pretenia comparar les diferències en el rendiment de l'aprenentatge del contingut matemàtic de la proporcionalitat quan s'utilitzava el programa del full de càlcul "FRAMEWORK", de l'entorn MS-DOS, com a eina mediatra pel seu aprenentatge.

Per aconseguir aquest objectiu es projecta un disseny quasi-experimental format per tres grups d'alumnes que reben una instrucció (V.I.) amb objectius educatius i característiques en el procés d'ensenyament/aprenentatge diferents. Les característiques de la intervenció a cadascun dels grups té les següents característiques:

#### **a) Grup experimental I (22 alumnes)**

La intervenció als alumnes del grup experimental I està formada per dues parts:

V.I. 1. Ús del full de càlcul per a l'aprenentatge de continguts matemàtics.

V.I. 2. Ús del full de càlcul per a la resolució de 6 problemes sobre el contingut matemàtic de la proporcionalitat.

Els objectius educatius a aconseguir en la primera part de la intervenció fonamentalment són dos, en primer lloc, que els alumnes coneguin la manera de treballar del programa del full de càlcul i aprenguin com manipular informació numèrica amb aquesta eina informàtica. En segon lloc, utilitzar la mediació del full de càlcul per a l'aprenentatge del concepte de proporcionalitat directa.

La segona part de la intervenció té com a principal objectiu l'aprenentatge d'estratègies cognitives i metacognitives de resolució de problemes. Per aconseguir aquest objectiu, els alumnes resolen 6 problemes sobre el contingut de la proporcionalitat amb el guiatge d'un material didàctic. Aquest material consisteix en un conjunt de preguntes, indicacions i suggeriments sobre diferents moments i components del procés de resolució de problemes que ajuden a l'alumne a parar-se, pensar i reflexionar sobre com ha de resoldre el problema, i guien la planificació, la regulació i l'avaluació del procés de resolució dels alumnes amb el full de càlcul.

#### **b) Grup experimental II (16 alumnes)**

La intervenció als alumnes del grup experimental II està també formada per dues parts:

V.I. 1. Ús del full de càlcul per a l'aprenentatge de continguts matemàtics. Les característiques d'aquesta variable són les mateixes que les aplicades amb el grup experimental I.

V.I. 3. Ús del full de càlcul per a la resolució de 6 problemes sobre el contingut matemàtic de la proporcionalitat. Els alumnes resolen 6 problemes sobre el

contingut matemàtic de la proporcionalitat amb el full de càlcul, però a diferència del grup experimental I, no reben ni un guiatge en el procés de resolució ni un ensenyament d'estratègies de resolució de problemes. En aquests cas, els problemes a resoldre pels alumnes i l'eina mediatra eren els mateixos que en el grup experimental I, però les característiques del procés d'ensenyament/aprenentatge eren diferents.

**c) Grup control (19 alumnes)**

V.I. 4. Aprenentatge del contingut de la proporcionalitat amb les activitats i metodologia habitual del mestre responsable de la classe.

En aquest grup d'alumnes no s'intervé ni es controla les característiques del procés d'ensenyament/aprenentatge.

La intervenció en els tres grups d'alumnes va tenir una durada aproximada d'unes 20 hores. Es va estudiar l'impacte de les diferents propostes d'ensenyament/aprenentatge, es compara les dades obtingudes pels tres grups d'alumnes abans i després de la intervenció en quatre variables dependents, referides a aspectes de producte i de procés de l'aprenentatge sense ús del full de càlcul. S'utilitza diferents instruments d'avaluació, en la taula III-2 es detallen les variables dependents avaluades i els instruments utilitzats.

VARIABLES DEPENDENTS	INSTRUMENTS D'AVALUACIÓ
VD 1. Resolució de tasques matemàtiques sobre el contingut de la proporcionalitat	Resolució de 10 tasques matemàtiques sobre proporcionalitat sense ús del full de càlcul.
VD 2. Rendiment en la resolució de problemes matemàtics	Resolució de 8 tasques matemàtiques presentades amb diferents codis simbòlics sense ús del full de càlcul.
VD 3. Ús d'estratègies de resolució de problemes: - Estratègies de planificació - Estratègies de regulació - Estratègies d'avaluació	- Anàlisi de l'autoinforme del propi nen sobre el procés de resolució.
VD 4. Coneixement del procés de resolució	Entrevista al nen sobre el procés de resolució de dos problemes.

Taula III-2: Variables dependents i instruments d'avaluació.

L'anàlisi dels resultats obtinguts en el procés d'investigació mostra, en primer lloc, que els alumnes del grup experimental I incrementen positivament les puntuacions obtingudes en l'avaluació post-test respecte de les obtingudes en l'avaluació pre-test en totes les variables dependents estudiades, fet que no s'observa en els altres dos grups d'alumnes.

En segon lloc, els alumnes del grup experimental II –alumnes que van utilitzar el full de càlcul com a eina que facilita el càlcul matemàtic, i que a diferència del grup experimental I no va rebre una instrucció encaminada a afavorir l'aprenentatge d'estratègies i a guiar el procés de resolució de problemes- obtenen resultats similars, i en algunes variables inferiors, als alumnes del grup control.

En tercer lloc, s'observen diferències significatives entre els tres grups d'alumnes, a favor del grup experimental I en les variables: rendiment en la resolució de problemes sobre el contingut de la proporcionalitat i en l'ús d'estratègies de planificació. Els alumnes del grup experimental I incrementen l'ús de procediments d'organització, d'elaboració i de representació de la situació inicial del problema, amb l'objectiu de comprendre'l millor i seleccionar els procediments més adients per resoldre'l.

En quart lloc, i malgrat que els alumnes del grup experimental I obtenen millors resultats que els alumnes dels altres dos grups en totes les variables, no s'observen diferències significatives entre els tres grups d'alumnes en les altres variables dependents estudiades.

De l'anàlisi dels resultats obtinguts i de les característiques del procés d'investigació vàrem extreure les següents conclusions:

Els resultats obtinguts en la millora de l'aprenentatge dels alumnes del grup experimental I creiem que aporten dades significatives sobre les potencialitats educatives del programa informàtic del full de càlcul per a l'ensenyament/aprenentatge d'estratègies específiques i generals de resolució de problemes. Les característiques d'aquest programa informàtic poden ser utilitzades fonamentalment per afavorir l'estructuració, l'organització i la selecció dels procediments matemàtics més idonis per resoldre un problema; i per afavorir la regulació i avaluació durant tot el procés de resolució.

Ara bé, els resultats obtinguts també mostren que, per aconseguir l'esmentat objectiu, és necessari que el professor dissenyi un context d'ensenyament/aprenentatge que utilitzi intencionalment les potencialitats educatives del full de càlcul per millorar l'aprenentatge dels alumnes. Cal defugir, doncs, d'una visió tecnocèntrica en què el sol fet de treballar amb una eina

informàtica produirà millores en el desenvolupament cognitiu de l'alumne. Així, és necessari adreçar els esforços de la investigació educativa en aquest camp a esbrinar quines situacions i amb quines característiques contextuals l'ús educatiu de l'ordinador potencia capacitats cognitives i metacognitives que no poden ser desenvolupades amb altres eines simbòliques no informàtiques i d'ús més tradicional a les aules.

Les característiques del procés d'investigació dissenyat en aquest estudi previ ha posat més l'èmfasi en dissenyar una situació d'ensenyament/aprenentatge que utilitza el programa informàtic del full de càlcul a l'aula i, posteriorment, compararla amb una altra situació que no utilitza aquest programa i que té objectius, continguts i metodologia d'ensenyament diferents i poc controlats experimentalment; que en conèixer les característiques contextuals del procés d'ensenyament/aprenentatge amb l'ús del full de càlcul que propicien un determinat desenvolupament cognitiu dels alumnes en l'àrea de matemàtiques.

Des del nostre punt de vista, i com hem destacat en els anteriors apartats, és necessari aprofundir en l'estudi, d'una banda, de quines característiques d'un programa informàtic concret poden potenciar el desenvolupament de les capacitats cognitives i metacognitives dels alumnes, i d'altra banda, quines condicions del context d'ensenyament/aprenentatge són necessàries per integrar les característiques educatives d'un programa informàtic concret.

### **3.4. Les estratègies de resolució de problemes sobre proporcionalitat i l'ús del full de càlcul: introducció al treball empíric.**

L'anàlisi dels resultats educatius aconseguits pels diferents treballs d'investigació que incorporen l'ús de diferents productes informàtics com a eina medidora de l'aprenentatge escolar, i analitzats fins a aquest moment, creiem que aporten dades rellevants sobre les potencialitats educatives de l'eina informàtica, en general, i del full de càlcul en particular. Ara bé, des del nostre punt de vista, creiem que aquesta anàlisi també ha emfasitzat la necessitat de dissenyar treballs empírics que aportin noves dades a les següents qüestions:

- a) Com integrar el medi informàtic, en general, i en el nostre cas particular, el programa del full de càlcul, en el procés d'ensenyament/aprenentatge de continguts curriculars de l'ensenyament secundari obligatori.
- b) Conèixer quines característiques del programa o entorn informàtic específic modifica els processos cognitius que l'alumne posa en joc per aprendre.
- c) Quines són les dificultats pròpies de la "lògica informàtica" que en alguns casos poden incrementar la dificultat de la situació en què s'usa l'eina informàtica per resoldre-la i quins guanys cognitius treu l'alumne en la superació d'aquestes dificultats.
- d) La idoneïtat de les eines informàtiques per resoldre situacions problema concretes. En quines situacions els objectius educatius només es poden aconseguir amb l'ús de l'ordinador i en quines es poden aconseguir amb l'ús d'altres eines simbòliques d'ús més tradicional, per exemple, la calculadora.



e) Quina ha de ser la funció i l'actuació del professor en aquest procés d'aprenentatge amb l'ús de l'ordinador.

f) Quines característiques han de tenir les diferents situacions d'ensenyament/aprenentatge que utilitzen l'ordinador (objectius, continguts, tipologia d'activitats, metodologia d'ensenyament, agrupament dels alumnes, entre altres) per potenciar les capacitats cognitives i metacognitives dels alumnes.

Estem d'acord amb Martí, (1988, 1992) en què és necessari dissenyar investigacions des del camp de la psicologia cognitiva que tinguin com a objectiu comparar situacions educatives contextualitzades en les quals per a la resolució de tasques quotidianes s'utilitzin eines informàtiques i es comparin amb la resolució mitjançant l'ús d'altres eines simbòliques no informàtiques. D'aquesta manera es podran recollir dades sobre els aspectes anteriorment assenyalats.

La investigació que presentem en el nostre estudi s'insereix en aquesta línia de treball i té com a principal objectiu comparar dues situacions d'ensenyament/aprenentatge dissenyades, a priori, de manera molt similar quant a: objectius, continguts, activitats i metodologia d'ensenyament; la diferència més important radica en l'ús i no ús del full de càlcul en la mediació del procés d'ensenyament/aprenentatge.

En línies generals, s'ha dissenyat una situació d'ensenyament/aprenentatge que pretén ensenyar estratègies cognitives i metacognitives de resolució de problemes matemàtics a dos grups d'alumnes, un grup seguirà la proposta didàctica amb la mediació del full de càlcul i l'altre grup d'alumnes utilitzarà una eina simbòlica d'ús tradicional a l'aula de matemàtiques com és la calculadora. L'objectiu general de la investigació és estudiar si les característiques del full de càlcul modifiquen quantitativament (millor rendiment) i qualitativament (estructuració, organització i

regulació dels processos cognitius i metacognitius de l'alumne durant la resolució d'un problema) el procés de resolució de problemes sobre proporcionalitat directa dels alumnes.

Per aconseguir aquest objectiu s'estudiarà el rendiment i les característiques de l'aprenentatge dels dos grups d'alumnes amb una anàlisi exhaustiva, d'una banda, de les accions cognitives i metacognitives que els dos grups d'alumnes posen en joc per resoldre els problemes, i d'altra banda, de les característiques de la interacció social entre parelles d'alumnes durant el procés de resolució. L'anàlisi dels resultats que s'obtinguin en el nostre treball creiem que permetran conèixer noves dades a les qüestions obertes amb que iniciàvem aquest apartat.

Hem dedicat aquest tercer capítol, en primer lloc, a conèixer els objectius de l'educació matemàtica en l'ensenyament secundari obligatori, etapa educativa en la que s'emmarca el nostre treball, i a situar el contingut de la proporcionalitat en aquesta etapa. En segon lloc, hem estudiat les característiques i l'estructura lògica i psicològica del contingut de la proporcionalitat directa. En tercer lloc, hem analitzat les principals conclusions dels estudis que han estat antecedents al nostre treball en la investigació de l'ús educatiu del programa informàtic del full de càlcul.

En el proper capítol exposarem el procés d'investigació dissenyat per estudiar la incidència de l'ús del full de càlcul en l'ensenyament/aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes sobre proporcionalitat.



**CAPÍTOL IV. LES ESTRATÈGIES DE  
RESOLUCIÓ DE PROBLEMES SOBRE  
PROPORCIONALITAT I L'ÚS DEL  
FULL DE CÀLCUL: APORTACIONS  
EMPÍRIQUES**



En les pàgines anteriors, en primer lloc, hem realitzat una revisió teòrica de les principals variables implicades en el procés d'ensenyament/aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes. En segon lloc, hem constatat el paper que pot tenir l'ordinador, en general, i del full de càlcul, en particular, en l'aprenentatge de continguts escolars. En tercer lloc, hem estudiat les característiques del contingut d'aprenentatge sobre el que versa el nostre estudi, la proporcionalitat, posant un èmfasi molt especial en les estratègies específiques per resoldre problemes sobre aquest contingut matemàtic. Finalment, hem analitzat els estudis precedents al nostre treball en els que s'han dissenyat seqüències instruccionals per millorar la resolució de problemes sobre proporcionalitat amb l'ús del full de càlcul.

A partir de les consideracions i argumentacions teòriques exposades en els capítols anteriors hem dissenyat un procés d'investigació encaminat a analitzar l'ús del programa informàtic del full de càlcul per a l'ensenyament/aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes sobre proporcionalitat.

Així, en el nostre estudi analitzarem la incidència que té l'ús del full en l'aprenentatge del contingut matemàtic de la proporcionalitat i d'estratègies de resolució de problemes. Per realitzar aquesta anàlisi s'ha dissenyat un procés d'investigació el qual presentem en aquest cinquè capítol del nostre treball.

## 1. Objectius del procés d'investigació

El procés d'investigació pretén aconseguir quatre objectius:

1. Dissenyar dues seqüències d'ensenyament/aprenentatge sobre el contingut matemàtic de la proporcionalitat amb els mateixos objectius, continguts, activitats i metodologia d'ensenyament, però amb les següents característiques diferenciadores:
  - 1.1. Una de les seqüències didàctiques utilitzarà el programa informàtic del full de càlcul com a mediador en l'aprenentatge del contingut matemàtic de la proporcionalitat i d'estratègies específiques i generals de resolució de problemes sobre aquest contingut matemàtic.
  - 1.2. L'altra seqüència didàctica no utilitzarà el full de càlcul com a mediador en l'aprenentatge de continguts matemàtics ni en l'aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes. La realització dels càlculs numèrics dels problemes de la seqüència didàctica es faran amb l'ús d'una calculadora.
2. Dissenyar un procés d'investigació en el context d'aula que permeti analitzar i contrastar les diferències que es produeixen en el procés i en el resultat de l'aprenentatge de continguts matemàtics i en la resolució de problemes quan els alumnes utilitzen com a eina medidora el programa informàtic del full de càlcul i quan no l'utilitzen.

3. Analitzar i contrastar les característiques de l'aprenentatge dels alumnes que han seguit les dues propostes didàctiques, amb i sense ús del full de càlcul, en les següents variables:
  - 3.1. El rendiment en la resolució de problemes referits al contingut matemàtic de la proporcionalitat.
  - 3.2. Les característiques del procés de resolució de problemes sobre el contingut de la proporcionalitat quant a:
    - 3.2.1. L'ús correcte d'estratègies específiques de resolució de problemes de proporcionalitat.
    - 3.2.2. La tipologia i l'ús d'estratègies generals d'organització de la informació i de la planificació del procés de resolució de problemes matemàtics.
    - 3.2.3. La tipologia i l'ús d'estratègies de regulació, de control i d'avaluació del procés de resolució de problemes matemàtics.
4. Analitzar la incidència que té en l'aprenentatge dels alumnes, en els dos contextos d'aprenentatge dissenyats, les següents variables:
  - 4.1. Tipus de parelles.
  - 4.2. Professor.
  - 4.3. Característiques de la dinàmica interactiva de les diferents parelles d'alumnes durant la resolució de problemes.



## 2. Hipòtesis de treball

Després de la intervenció consistent en l'ensenyament/aprenentatge del contingut de la proporcionalitat amb i sense ús del full de càlcul, el procés d'investigació pretén contrastar les següents hipòtesis de treball:

1. Els alumnes del grup experimental, que aprenen el contingut matemàtic de la proporcionalitat amb la mediació del programa informàtic del full de càlcul, obtindran millors resultats en la resolució de problemes que els alumnes del grup control, que aprenen el mateix contingut sense l'ús d'aquesta eina informàtica.
2. Els alumnes del grup experimental obtindran millors resultats que els alumnes del grup control en l'ús d'estratègies d'organització de la informació del problema i de planificació del procés de resolució.
3. Els alumnes del grup experimental obtindran millors resultats que els alumnes del grup control en l'ús d'estratègies de control, de regulació i d'avaluació del procés de resolució i dels resultats aconseguits.
4. La variable independent "context de l'aprenentatge" tindrà una incidència més gran en el resultat de l'aprenentatge dels diferents grups d'alumnes que la variable independent "professor".
5. La variable independent "tipus de parella" tindrà una incidència en el resultat de l'aprenentatge dels alumnes que participen en la investigació.
  - 5.1. Els alumnes que han treballat durant la realització de les dues propostes didàctiques en una parella heterogènia obtindran resultats similars als alumnes que han treballat en una parella homogènia alta.

- 5.2. Els alumnes que han treballat durant la realització de les dues propostes didàctiques en una parella homogènia baixa obtindran resultats inferiors que els alumnes que han treballat en una parella heterogènia.
  - 5.3. Els alumnes amb un rendiment baix en l'àrea de les matemàtiques i que han treballat amb un company amb un rendiment més alt en aquesta àrea curricular obtindran millors resultats que els alumnes que han treballat amb un company que també té un rendiment baix.
  - 5.4. Els alumnes amb un rendiment alt en l'àrea de les matemàtiques obtindran resultats similars amb independència del tipus de parella en la qual han treballat durant la realització de la proposta didàctica.
6. L'ús del full de càlcul en la resolució de problemes matemàtics potenciarà un tipus d'interacció més compartida entre els dos alumnes de la parella que el no ús d'aquesta eina.

## **3. Mètode**

### **3.1. Mostra**

La mostra que participa en la investigació està formada per un total de 106 alumnes, tots ells del tercer curs d'ensenyament secundari obligatori de l'IES Ronda de Lleida.

La proposta didàctica objecte d'estudi d'aquest treball ha estat dissenyada seguint els principis educatius i curriculars del nou sistema educatiu. Per tant, era necessari que la seva experimentació es realitzés en un centre on es cursés l'ensenyament secundari obligatori. El centre escollit per a la realització del procés de investigació té una àmplia experiència en l'aplicació de l'ESO. El centre començà a impartir 3r.nivell d'ESO en el curs acadèmic 1992-93. En els cursos acadèmics posteriors implantà de forma progressiva i amb caire experimental els cursos del 2n. cicle d'ESO i el Batxillerat. Així, en el curs acadèmic en què es realitzà la investigació que presentem en aquest treball, curs 1996-97, el centre tenia l'experiència de 4 anys d'impartir el 3r. curs d'ESO.

Els alumnes del centre escollit per a la realització del procés d'investigació pertanyen a diferents zones de la ciutat de Lleida degut al fet que, en el curs 96-97, era l'únic centre de la ciutat on s'impartia el 3r. d'ESO. Així, el grau de diversitat dels alumnes és molt alt, no pertanyen a un barri concret amb unes característiques socioculturals molt marcades. Aquesta característica creiem que fa que la mostra d'alumnes sigui diversa i representativa de la ciutat.

### 3.2. Disseny experimental

Es realitza un disseny quasi-experimental, on la mostra total d'alumnes es distribueix en funció de tres variables independents.

#### a) Variable independent 1: context d'aprenentatge

Com ja s'ha exposat en anteriors apartats es dissenyen dues propostes d'ensenyament/aprenentatge que tenen com a objectiu l'aprenentatge d'estratègies específiques i generals de resolució de problemes sobre proporcionalitat. Aquestes dues propostes comparteixen els mateixos objectius, continguts, activitats i metodologia d'ensenyament/aprenentatge; i difereixen en l'ús i el no ús de l'eina informàtica del full de càlcul en l'aprenentatge del contingut matemàtic. Aquesta diferència crea dos contextos d'aprenentatge diferents que anomenen:

- Context "ordinador": seqüència d'ensenyament/aprenentatge que utilitza el full de càlcul com a eina medidora en l'aprenentatge de continguts matemàtics.
- Context "no ordinador": seqüència d'ensenyament/aprenentatge que no utilitza el full de càlcul com a eina medidora en l'aprenentatge de continguts matemàtics.

L'objectiu d'aquesta variable independent és el d'estudiar i contrastar les diferències en el rendiment dels alumnes en la resolució de problemes sobre proporcionalitat en funció de les característiques diferenciadores dels dos contextos d'aprenentatge.

La distribució de la mostra en funció d'aquesta primera variable independent està formada per dos grups que corresponen als dos contextos d'aprenentatge. Un grup experimental que realitzarà la proposta didàctica amb l'ús del full de càlcul,

formada per un total de 46 alumnes. Un grup control que realitzarà la proposta didàctica sense l'ús del full de càlcul, formada per un total de 60 alumnes.

La diferència en el nombre d'alumnes de cadascun dels dos grups ve condicionada pel fet que l'aula d'informàtica del centre estava equipada amb vuit ordinadors. La proposta didàctica ha estat dissenyada perquè els alumnes treballin en parelles, així, els alumnes que podien treballar amb l'ús del full de càlcul és limitava a un màxim de 16 per grup.

#### **b) Variable independent 2: professor**

L'aplicació a l'aula de les dues propostes d'ensenyament/aprenentatge és portada a terme pels tres professors de matemàtiques del centre que imparteixen classe al nivell de 3r. d'ESO (professors C, J, i P).

Cada professor imparteix classe de matemàtiques a una aula d'alumnes del grup experimental i a una aula d'alumnes del grup control.

La distribució de la mostra en funció de la variable professor pretén dos objectius: en primer lloc, corroborar que l'aprenentatge dels alumnes es deu principalment a les característiques d'ensenyament/aprenentatge de la proposta didàctica i no a les característiques individuals d'un professor concret. En segon lloc, estudiar les possibilitats que la proposta didàctica pugui ser utilitzada per diferents professors en diferents contextos.

#### **c) Variable independent 3: tipus de parella**

La mostra d'alumnes és agrupada, abans de l'inici de la investigació, per l'equip de professors en 6 grups classe. Els alumnes de cada grup classe són distribuïts en funció del rendiment general en l'àrea de matemàtiques en tres tipus de parelles:

- Parella homogènia baixa, formada per dos alumnes amb un rendiment baix en l'àrea de matemàtiques.
- Parella heterogènia, formada per un alumne amb un rendiment alt i un alumne amb un rendiment baix.
- Parella homogènia alta, formada per dos alumnes amb un rendiment alt en l'àrea de matemàtiques.

L'agrupació dels alumnes en tres tipus de parella pretén aconseguir dos objectius: en primer lloc, estudiar el nivell d'aprenentatge al qual arriben els alumnes en funció dels coneixements previs en l'àrea de matemàtiques. En segon lloc, estudiar com influeixen en l'aprenentatge dels alumnes els diferents processos d'interacció que es produeixen en els diferents tipus de parelles.

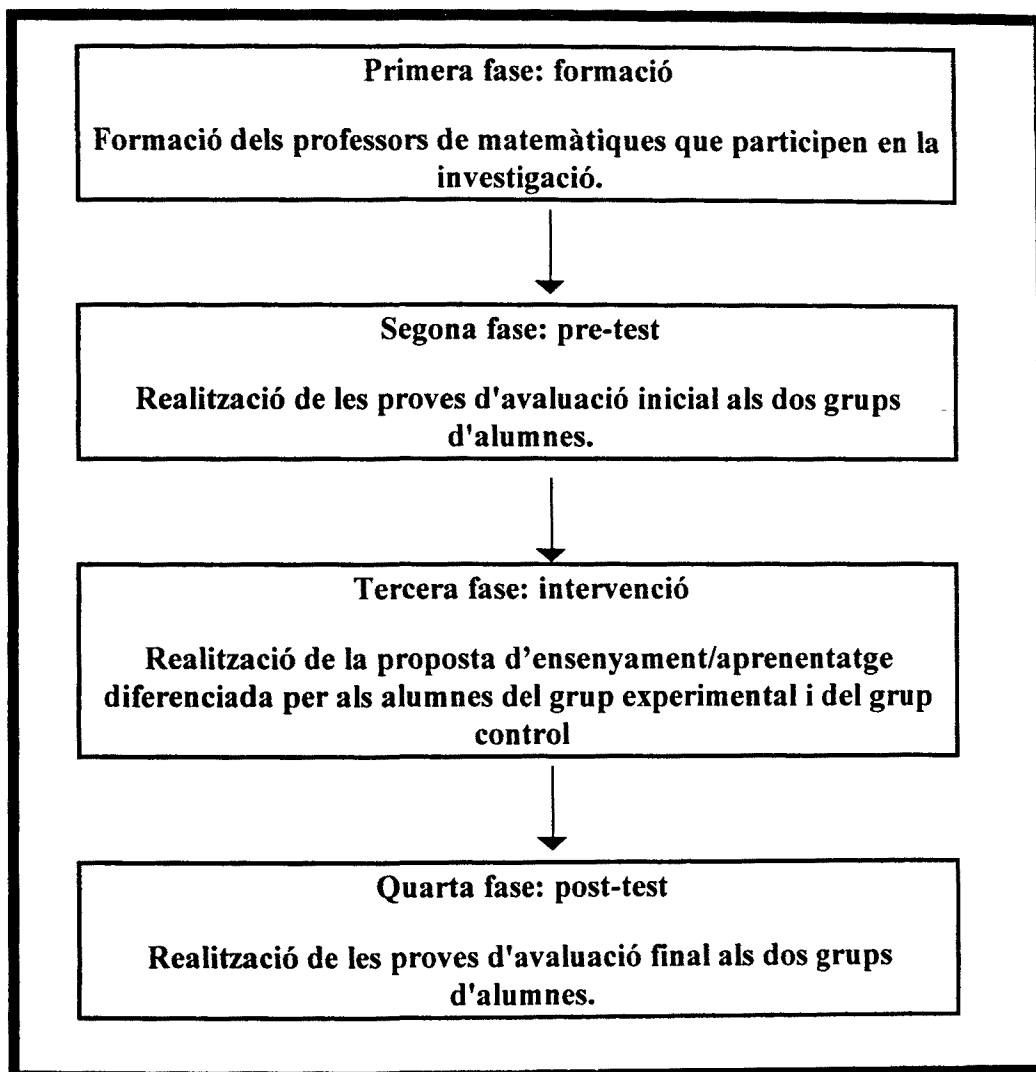
Així, atenent a les tres variables independents del nostre estudi: context d'aprenentatge, professor i tipus de parella, la mostra d'alumnes es distribueix en els següents grups, representats en el gràfic IV-1.

		<u>V. I. 1: CONTEXT D'APRENTATGE</u>	
<u>V.I.2: PROFESSOR</u>			
<b>Professor C</b>	<u>V.I.3: TIPUS PARELLA</u>	<u>V.I.3: TIPUS PARELLA</u>	
	7 PARELLES	10 PARELLES	
<b>Professor J</b>	8 PARELLES	10 PARELLES	
<b>Professor P</b>	8 PARELLES	10 PARELLES	
	CONTEXT "ORDINADOR" Total: 46 alumnes	CONTEXT "NO ORDINADOR" Total: 60 alumnes	

Gràfic IV-1: distribució de la mostra d'alumnes en funció de les variables independents del procés de investigació: context d'aprenentatge, professor i tipus de parella.

### 3.3. Procediment experimental

El procés experimental s'efectua en quatre fases o moments, representats en el gràfic IV-2:



Gràfic IV-2: procés d'investigació

En els següents apartats exposarem amb detall les característiques de cadascuna de les quatre fases que formen el procés d'investigació.



### **3.3.1. Primera fase: formació dels professors de matemàtiques que participen en la investigació**

En el procés de investigació participen els tres professors del centre que imparteixen docència al 3r. nivell d'ESO. Aquests tres professors han assistit a un període de formació inicial que ha consistit en un seminari de formació al centre de 30 h reconegut per l'ICE de la Universitat de Lleida. Aquest seminari ha estat dissenyat específicament per formar als tres professors en l'ensenyament/aprenentatge d'estratègies específiques i generals de resolució de problemes sobre el contingut de la proporcionalitat i s'ha dividit en tres etapes amb objectius ben diferenciats:

a) Lectura i comentari de quatre textos sobre les característiques educatives del full de càlcul. L'objectiu d'aquesta primera etapa de formació era el d'introduir als professors en les potencialitats educatives del full de càlcul en l'àrea de matemàtiques i d'iniciar la reflexió sobre la seva possible aplicació en el context concret de treball dels tres professors participants en la investigació.

Aquesta primera etapa de formació ha tingut una durada aproximada de cinc sessions de treball de 60 minuts cadascuna.

b) Planificació i disseny conjunta per part del formador i dels professors dels objectius, dels continguts i de les activitats de la proposta d'ensenyament/aprenentatge. Els principals objectius d'aquesta segona part del procés de formació són:

En primer lloc, implicar els tres professors de matemàtiques en el disseny de la proposta didàctica, afavorint que les característiques d'aquesta s'adaptessin a la manera de treballar dels professors participants i no fossin viscudes com una

proposta d'ensenyament/aprenentatge externa i allunyada de la dinàmica de treball pròpia del departament de matemàtiques del centre.

En segon lloc, ajustar la proposta didàctica als objectius i continguts marcats des del departament de matemàtiques del centre i pel que fa al contingut de la proporcionalitat en el 3r. curs d'ESO.

Aquesta segona etapa de formació ha tingut una durada aproximada de 15 sessions de 60 minuts cadascuna.

c) Formació dels mestres en l'ensenyament/aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes amb i sense l'ús del full de càlcul a l'aula. Aquesta segona etapa s'ha realitzat durant el primer trimestre del curs 96/97, amb una durada aproximada de 10 sessions de 60 minuts cadascuna.

L'objectiu d'aquestes sessions era que els professors es formessin en els mètodes d'ensenyament d'estratègies de resolució de problemes de: modelatge, autointerrogació i anàlisi i discussió del procés de resolució<sup>1</sup>, a partir de l'anàlisi de tasques i de la discussió entre els tres professors i el formador.

Per aconseguir aquest objectiu les sessions de formació consistien a resoldre i analitzar conjuntament algunes de les tasques que formen part de la proposta didàctica. Aquest tipus d'activitats pretenia, en primer lloc, que els professors analitzessin el procés i les estratègies de resolució més idònies per resoldre el problema.

En segon lloc, que els professors discutissin sobre quins aspectes del procés de resolució calia presentar i modelar als alumnes atès que els seria desconegut.

---

<sup>1</sup> Definides en el capítol I, en l'apartat 3.2.

Aquesta discussió portava a analitzar maneres de presentar i modelar una estratègia concreta.

I, en tercer lloc, que els professors pensessin quines dificultats podrien tenir els alumnes en el moment d'acabar la tasca i cerquessin estratègies d'ensenyament per presentar-les i solucionar-les a l'aula: preguntes a fer als alumnes, contingut i vocabulari específic de l'enunciat del problema que els alumnes podrien desconèixer, entre altres.

### **3.3.2. Segona fase: realització de les proves d'avaluació inicial als dos grups d'alumnes. Pre-test**

La prova pre-test ha consistit en la resolució de 7 problemes, sis dels quals referien sobre el contingut de la proporcionalitat i un problema sobre raonament lògic, els quals presentaven característiques, dificultat i condicions diferents imposades externament per a la seva resolució.

### **3.3.3. Tercera fase: intervenció. Realització de les dues propostes d'ensenyament/aprenentatge pels alumnes del grup experimental i del grup control**

La fase d'intervenció ha consistit en la realització per part dels alumnes de les dues propostes d'ensenyament/aprenentatge d'estratègies de resolució de problemes sobre el contingut de la proporcionalitat al llarg d'un trimestre de classe (30 hores de classe, aproximadament).

Les dues propostes d'ensenyament/aprenentatge han estat dissenyades partint de les característiques del contingut de la proporcionalitat, de les estratègies

generals i específiques que afavoreixen la resolució amb èxit de situacions problema sobre aquest contingut, i de l'anàlisi dels estudis recents sobre l'ensenyament/aprenentatge de la proporcionalitat dins del paradigma cognitiu. Específicament, les propostes parteixen de la síntesis dels objectius educatius que defineixen els següents programes d'ensenyament/aprenentatge del contingut de la proporcionalitat: Projecte per a l'Ensenyament dels Nombres Racionals (*Rational Number Project Teaching Experiments*) (Behr et al, 1992); Proposta per al treball de la proporcionalitat (Fiol i Fortuny, 1990); Proporcionalitat geomètrica i semblança (Luengo, 1990).

Com hem esmentat anteriorment, les dues propostes didàctiques comparteixen els mateixos objectius, continguts, activitats i metodologies d'ensenyament; les diferències en el procés d'ensenyament/aprenentatge vindran donades per la mediació de l'ús del full de càlcul en aquest procés, però no per les característiques del disseny de la intervenció.

En els propers apartats exposarem els principals eixos educatius que defineixen les dues propostes d'ensenyament/aprenentatge (amb i sense ús del full de càlcul), així com la concreció que s'ha realitzat quant a l'organització i la seqüenciació dels objectius, continguts, activitats i metodologia d'ensenyament<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> En l'annex 1 es presenta la programació dels objectius, continguts i activitats de les dues propostes didàctiques.

### ***3.3.3.1. Anàlisi i seqüenciació dels continguts i de les activitats de les dues propostes d'ensenyament/aprenentatge***

En aquest apartat presentarem les principals característiques dels continguts i de les activitats de les dues propostes d'ensenyament/aprenentatge.

Les dues propostes didàctiques s'organitzen en 6 temes distribuïts en quatre blocs de continguts amb les següents característiques, objectius i activitats (Pifarré, 1998).

En la presentació de les característiques de les dues propostes didàctiques, primer s'exposaran les característiques de les activitats a realitzar amb l'ús del full de càlcul i, posteriorment, s'assenyalaran les diferències que presenten les activitats que formen la proposta didàctica que no utilitza el full de càlcul per a la seva resolució. Cal assenyalar però, que en línies generals els objectius i activitats a realitzar pel grup d'alumnes que no ha utilitzat aquesta eina informàtica són els mateixos i presenten les mateixes característiques.

---

#### **1r. Bloc de Continguts: Aprenentatge de l'ús del full de càlcul**

---

Aquest primer bloc de continguts està format pel tema 1: el full de càlcul, i pel tema 2: resolem problemes amb el full de càlcul.

a) Objectius:

Aquest primer bloc de continguts té dos objectius. En primer lloc, que l'alumne conegui i interioritzi la manera en què el programa de full de càlcul "WORKS"<sup>3</sup> organitza i manipula la informació numèrica.

En segon lloc, que l'alumne aprengui les ordres i funcions específiques del programa de full de càlcul "WORKS". Ordres que permeten manipular amb facilitat la informació que hi conté.

b) Tipus d'activitats:

Les activitats que formen aquest primer bloc de continguts les podem considerar activitats prèvies i que són un requisit perquè l'alumne pugui utilitzar el full de càlcul com a eina per resoldre problemes matemàtics. Aquestes activitats s'han elaborat a partir de les propostes de Grandgenet, 1987; NCET, 1990 i Murray, 1990. En aquest primer bloc de continguts es dissenyen cinc tipus d'activitats diferents amb les següents característiques:

i) Activitats per organitzar i interpretar la informació d'un quadre de doble entrada.

ii) Activitats en què l'alumne ha de manipular la informació numèrica d'un quadre de doble entrada.

---

<sup>3</sup> El programa "WORKS" és un paquet integrat dissenyat per l'entorn windows i format per un tractament de textos, una base de dades i un full de càlcul. El Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya ha dotat a tots els centres d'ensenyament secundari que tenen una aula d'informàtica amb aquest paquet.

iii) Activitats que faciliten l'aprenentatge dels conceptes matemàtics bàsics amb els quals treballa un full de càlcul, com són: variable, fórmula, jeràrquica de càlcul algebraic, nomenclatura matemàtica (símbols específics, com per exemple el símbol \* per indicar multiplicació).

iv) Activitats per desenvolupar actituds d'ordre i rigor matemàtic en la manipulació d'informació numèrica. Actituds que són molt importants quan s'utilitza el llenguatge matemàtic.

v) Resolució de problemes matemàtics senzills amb el full de càlcul en els quals l'alumne articula els aprenentatges treballats amb les altres tipus d'activitats.

c) Característiques de la proposta didàctica que no utilitza el full de càlcul.

Aquest bloc de continguts té com a objectiu principal que els alumnes aprenguin a interpretar i manipular informació d'una taula de doble entrada. Encara que aquests alumnes no utilitzaran el full de càlcul per resoldre situacions sobre proporcionalitat, es potenciarà que utilitzin les taules com a estratègia per organitzar la informació d'un problema.

Amb aquesta proposta didàctica es treballen els cinc tipus d'activitats presentades en l'anterior apartat, però, sense utilitzar el full de càlcul.