

10. SOBRE LA CONNEXIÓ DE LES MATEMÀTIQUES  
AMB D'ALTRES CIÈNCIES

"Així doncs, vaig posar mans a l'obra. He d'observar que la lògica és la substància i l'origen de les matemàtiques, i si es planeja i calcula cada cosa amb lògica i es procura fer un treball raonat, tot home pot arribar a ser, amb el temps, un mestre en tota art mecànica".

("Robinson Crusoe"). Daniel Defoe.

No cal ni discutir que l'ensenyament primari està destinat a donar una "cultura general" a la gent d'un país. No passa el mateix amb l'ensenyament secundari. Uns entenen que la finalitat del BUP és preparar els estudiants només per a l'entrada a la Universitat i que la FP prepara els estudiants (que no serveixen per realitzar estudis superiors) per al món del treball. Per a d'altres l'objectiu del nivell secundari és encara proporcionar una "cultura general mitja" als alumnes juntament amb una determinada qualificació que, eventualment, alguns alumnes podran exercir (en el cas del BUP l'entrada a la Universitat i en el cas de la FP l'entrada al món del treball tot acreditant un ofici). Des d'aquesta darrera perspectiva, que nosaltres compartim, interessa donar una visió el més integrada possible de les diferents branques de la cultura o, en unes altres paraules, evitar una especialització prematura dels nostres estudiants. Per aquesta raó, entre altres, és convenient adoptar una concepció interdisciplinària de l'ensenyament (1).

Pel que fa a l'ensenyament de les matemàtiques, hi ha diferents maneres d'intentar mantenir la connexió entre aquestes i la resta de les disciplines:

Una d'aquestes consisteix en explicar un determinat tema matemàtic i després les seves aplicacions, per exemple, quan ja s'ha explicat la paràbola es fan uns quants exercicis de tir parabòlic, o després dels logaritmes, l'interès compost, etc.

- (1) No pretenem fer cap mena d'argumentació a favor d'una visió interdisciplinària de la cultura. Hi ha moltes raons (epistemològiques, històriques, pedagògiques, etc.). Per a una primera aproximació es pot consultar el bonic epíleg del llibre "Historia y filosofía de la ciencia" de L.W. Hull, editorial Ariel, Barcelona 1962.

Una altra, que a vegades s'ha qualificat com realment interdisciplinària, és la que procura preparar des dels diferents seminaris o assignatures els temes susceptibles d'un desenvolupament comú, com és ara, matemàtiques i ciències naturals que exposen en comú les lleis de Mendel, o les matemàtiques i la filosofia que tracten el tema de la lògica, etc.

Una tercera manera d'entendre el fet interdisciplinari consisteix en aconseguir que els alumnes s'interessin per un tema determinat i l'abordini alhora des de diferents assignatures segons siguin necessaris elements de cada una d'aquestes, per exemple, per fer un pressupost de la pavimentació d'un pati o descriure la vegetació d'una determinada zona.

Aquestes tres maneres d'intentar relacionar la pròpia assignatura amb la resta de disciplines estan graduades del que sigui menys general a més general i, per tant, es pot prendre com la seqüència d'un dels recorreguts susceptibles de ser seguits per un professor o per un grup de professors, per tal d'anar-se acostant a una pràctica interdisciplinària.

### Matemàtiques i aplicacions

Des d'un enfocament deductiu, les aplicacions de les matemàtiques no deixen de ser una corrupció d'aquestes i en aquesta mentalitat hem estat educats la majoria de mestres i llicenciats d'ara, per això moltes vegades, el professor de matemàtiques desconeix l'aplicació dels temes que explica a d'altres disciplines. Diem això perquè una activitat que cada professor hauria de realitzar és la d'esbrinar com s'apliquen a la física, o a les ciències naturals, etc. les teories matemàtiques (2) per tal d'anar adquirint la perspectiva necessària

- (2) Al marge de cursets o conferències, hi ha una àmplia gama de manuals i textos que tracten del tema. Per a les aplicacions de les matemàtiques a la física i a la química es poden consultar els llibres de Puig Adam i Rey Pastor, concretament "Curso Cíclico de Matemáticas" de Rey Pastor, Madrid 1933. També cal esmentar: J.C.Turner, "Matemática moderna aplicada" Alianza Universidad, nº 29, Madrid 1974. R.Flond "Métodos cuantitativos para historiadores" Alianza Universidad, nº 124, Madrid 1975. R.E.Parker, "Estadística para biólogos" Omega, Barcelona 1976.

per poder ampliar la connexió de la seva assignatura amb les altres.

Des del punt de vista de metodologies passives, pot explicar-se un tema i, a continuació, fer exercicis on es doni una idea de les aplicacions que té la teoria explicada. Fer això és molt important perquè la pregunta tradicional de l'alumne "i això per a que serveix?" queda d'alguna manera satisfeta: De tota manera, deixem de cantó el gran problema de la motivació de l'alumne, o més ben dit, no tenim mai segur que l'estudiant vulgui realment aprendre, perquè podria passar que tant el tema matemàtic com les seves aplicacions no arribessin a interessar-lo mai.

Quan s'adopten mètodes actius l'ordre teoria-aplicació s'inverteix, és a dir, a partir de diferents situacions pràctiques concretes hom va suggerint als estudiants unes possibilitats de generalització que, un cop estructurades, generen la teoria matemàtica que es desitjava tractar. En aquest cas la tasca del professor és anar preparant una col·lecció de problemes i situacions pràctiques a través de les quals i mitjançant l'observació, mesura i anàlisi, els estudiants aprenen (3). La relació de les matemàtiques amb d'altres disciplines és manifesta així, ja que l'alumne les aprèn sobre situacions físiques, demogràfiques, econòmiques, etc. La motivació en aquest cas evidentment és fàcil, sempre que l'actitud dels alumnes cap al treball i l'aprenentatge sigui positiva. Però no oblidem el condicional, perquè moltes vegades és freqüent que sigui necessari un treball previ a través del qual l'alumne canvia una actitud desinteressada, negativa per una altra d'interès per treballar i aprendre.

Aquesta manera d'entendre el fet interdisciplinari té l'avantatge que depèn del professor de l'assignatura i, per tant, sempre s'està en condicions de realitzar la classe d'aquesta manera. La gran limitació és en el fet que l'estudiant continua en una estructura escolar molt compartimentada, i ha de realitzar un esforç (per al qual no se l'aju

(3) Dins aquesta línia de treball es poden consultar, entre altres, els llibres "Matemáticas del bachillerato" (vol. 1, 2 i tant de bo les dificultats materials no ens privin del tercer) del Grup Zero de València. Els Quaderns del Grup Zero de Barcelona, "The school mathematics project" (S.M.P.) Cambridge 1969.

da pràcticament gens) per poder relacionar el que fa en una assignatura amb el que ha estudiat o estudiarà en d'altres.

### Col.laboració entre seminaris

S'ha de dir, en primer lloc, que la relació entre seminaris és quelcom que ajuda considerablement a la formació i preparació interdisciplinària dels professors. Efectivament, quan un professor vol completar els seus coneixements amb disciplines diferents a la seva, té al seu davant tants de temes que resulta poc rendible i fins i tot aclaparador abordar-los horitzontalment, és a dir, una mica d'aquí una mica d'allà. Resulta molt més aconsellable resoldre els problemes que la pràctica docent va plantejant sempre, en col.laboració amb algun company d'aquesta especialitat, perquè d'aquesta manera l'estudi queda jerarquitzat per la concreció del tema i s'obtenen a curt termini resultats optimistes. D'altra banda un professor de ciències naturals, per exemple, desaprofitarà la majoria de vegades les possibilitats didàctiques que tenen les tècniques matemàtiques que concientment o inconscientment utilitza i al revés. Per acabar direm que la relació entre seminaris és una pràctica desitjable sigui quin sigui el plantejament didàctic des del qual s'iniciï la col.laboració, que, a més, no està afavorida ni per l'actual estructura escolar ni per l'activitat quotidiana dels centres.

El que s'ha dit abans sobre metodologia continua essent vàlid, perquè quan dos seminaris preparen un tema en comú el poden exposar a l'alumnat en una classe magistral o bé realitzar unes activitats a través de les quals els alumnes arribin a relacionar el tema des de les diferents òptiques de cada assignatura. Sigui el que sigui s'ha d'advertir que pel fet d'exposar un tema en grup no vol dir que es tenen garanties de què l'alumnat se n'interessi més. El que si s'aconsegueix és despertar una expectativa que afavoreix la motivació.

Si s'aconsegueix una col.laboració entre seminaris es contribueix a rompre la compartimentació en disciplines de tots els temes amb els quals, davant l'alumnat, s'afavoreix una visió de la cultura com una cosa independent d'un professor o d'un altre i també del món escolar.

La limitació més gran d'aquest tipus d'experiències és que són puntuals, és a dir, que duren una o algunes classes, un cop acabades les quals es torna a la pràctica de classe tancada. Això, per descomptat, no invalida la col.laboració entre el professorat, perquè als alumnes els queda un exemple sobre el fet que les coses són com són, però que també podrien ser d'una altra manera.

La relació de les matemàtiques amb d'altres assignatures es produirà en la proporció que aquestes siguin més quantificables o estructurables. No volem fer una llista de les possibles col.laboracions que permet l'actual pla d'estudis, però a tall d'exemple esmentarem les següents:

#### Amb les CIENCIES NATURALS

- Càlculs amb mapes topogràfics (escales, equidistàncies, avaluació d'itineraris i superfícies) (4).
- Mesures topogràfiques realitzades al camp a través de l'ús de la trigonometria, mesura de distàncies, àrees, volums, desnivells, etc.
- Descripció mitjançant tècniques estadístiques de la vegetació d'una zona.
- Explicació de les Lleis de Mendel
- Estudi de la cristal·lografia

#### Amb les CIENCIES SOCIALS

- Tractament i representació gràfica de col.leccions de dades
- Estudi de l'evolució de les poblacions
- Anàlisis censals de comunitats

#### Amb el DIBUIX

- Construccions en les quals el teorema de Tales hi és latent (mitjes proporcionals, etc).
  - Fonaments de la construcció de polígons
  - Traçats de còniques i corbes
- (4) Un treball que manifesta la riquesa i les possibilitats del tractament de mapes topogràfics és: Puyol y Estébanez "Análisis e interpretación del mapa topográfico" Ed. Tebar Flores, Madrid 1976.

Amb la FILOSOFIA

- Fòrmules de quantificació d'estímul-resposta
- Lògica

Amb la LENGUA

- Utilització del llenguatge matemàtic com a llenguatge científic
- Anàlisi combinatòrica de l'estructura profunda del llenguatge

Amb la FÍSICA I LA QUÍMICA la relació és tan estreta que no és possible aïllar unes parts del temari d'aquesta assignatura que no siguin susceptibles d'ésser explotades matemàticament. A més, hi ha diverses experiències sobre les quals els professors d'aquestes dues assignatures han desenvolupat les seves classes sota programacions comunes. Podria argumentar-se des de diferents punts de vista la conveniència d'aquesta col.laboració, però ens acontentarem de recordar la importància que històricament ha tingut la física en el desenvolupament de la matemàtica. No obstant això, esmentarem la relació evident entre funcions polinòmiques i cinemàtica, sinusoidals i ondulatòria, exponencials i descomposició radioactiva, vectors i dinàmica, complexos i corrent altern, etc.

### Centres d'interès dels estudiants

Es freqüent sentir que un alumne ha resolt un problema "per lògica" en contraposició a "per matemàtiques", o que no sap calcular o comprendre el càlcul dels interessos d'un préstec, o que no sap mesurar amb precisió la superfície d'un terreny, o que no sap analitzar l'estructura o l'ordenació del tràfic de la seva localitat més enllà del comentari trivial, o que no sap abordar l'estudi de fenòmens de la realitat més immediata en els quals hi ha involucrades tècniques matemàtiques que fins i tot és possible que es tractessin a l'escola. Aquest problema no afecta només les matemàtiques, perquè tan freqüent és que un alumne no sàpiga fer servir amb un mínim de correcció la seva pròpia llengua, i que no sàpiga d'on ve, com què li suggereix la música que escolta (i consumeix) diàriament, com que no sàpiga el nombre i les característiques de les plantes que veu cada dia, com que desconegui l'estructura geològica de la zona on viu, o els fets històrics a través dels quals s'ha configurat l'estructura del seu barri o la seva ciutat. Amb tot això volem insinuar i fer palesa la distància

que hi ha entre el que l'alumne estudia del que viu i sent. Es fàcil imaginar les conseqüències d'aquest allunyament: preparem alumnes incults (malgrat puguin arribar a ser uns erudits en algun tema) sense armes en front del medi i amb moltes limitacions de cara a l'anàlisi autònoma de la seva problemàtica.

En l'àmbit acadèmic, la separació entre vida i estudi configura una actitud negativa dels estudiants en front de l'aprenentatge que fa que l'aula esdevingui un camp de lluita entre els que volen ensenyar i els que es neguen a aprendre. En aquestes condicions és necessari que actuïn factors coactius, com és ara, el suficient i l'insuficient acadèmic i el càstig i la recompensa familiar, l'èxit i fracàs social; l'autoritat i la persuasió del professor, per tal d'aconseguir que la classe es desenvolupi amb una certa "normalitat".

Els tecnòlegs didàctics ofereixen preteses solucions als problemes de l'ensenyament, que radiquen totes aquelles en l'acció del que ensenya. Segons aquests el professor ha d'ésser capaç de captar l'atenció dels estudiants gràcies al domini de les tècniques de la comunicació (emissor → missatge → mitjà → receptor); l'utilització adient dels estímuls-respostes, que són, malgrat no es confesi, tècniques conductistes (motivació positiva externa versus premi, motivació negativa externa versus càstig, motivació extrínseca o intrínseca...) etc. D'aquesta manera les classes es converteixen en una espècie d'actuació show en les quals el professor, una espècie de Lucas Taner, sedueix l'alumnat i els porta fins als més complicats temes de la cultura. Òbviament, des d'una perspectiva de modes actius de l'ensenyament, l'acció ha d'estar protagonitzada per l'alumne, amb la qual cosa els canvis que s'hagin d'operar en el món escolar hauran d'actuar sobre les condicions de treball d'aquests, i en els temes sobre els quals, amb l'ajuda del professor i la resta de companys de classe, l'alumne realitzarà l'aprenentatge.

Un nen o un adolescent desconeix la seva personalitat (no sap si és llest o ruc, bonic o lleig) perquè en aquesta edat pesen més els complexos i obsessions que la realitat. Viuen l'entorn com una mena de caos que no estructurin ni comprenen del tot, malgrat que els influeix i moltes vegades els fereix. Per tot això, el fet de buscar un ensenya-



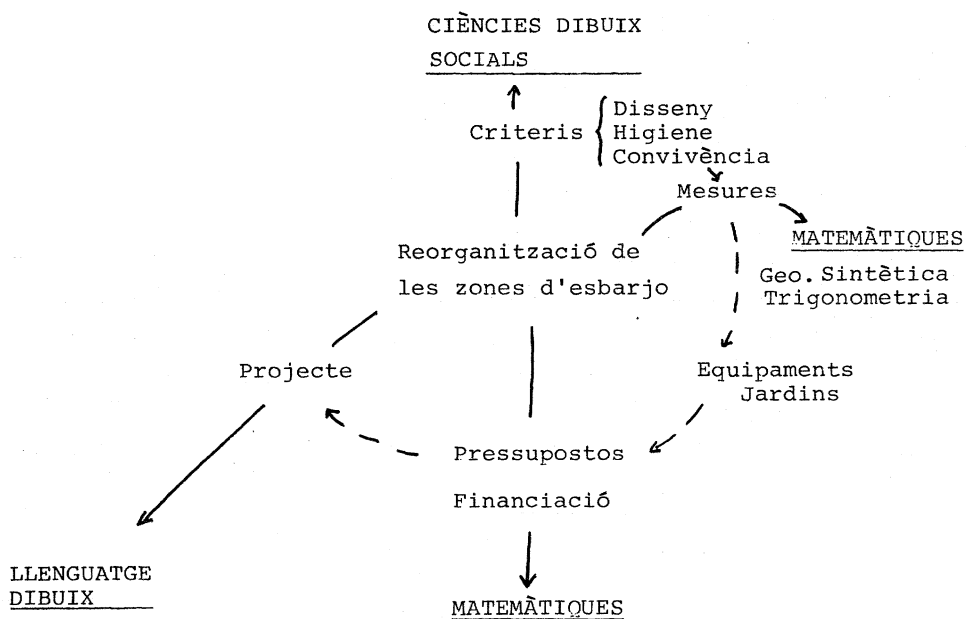
ment que interressi l'alumne s'ha de realitzar tot procurant que l'estudi els serveixi per a conèixer-se (individualment i col·lectivament) i integrar-se en el medi on viu de manera activa, això és, intentant canviar el que, com a producte d'anàlisis solidaries, els hi resulti inadequat.

Així doncs, la motivació dels alumnes no es pot separar del treball que es realitzi (si fos necessari) per a aconseguir en ells un canvi d'actitud, de negatiu a positiu, cap a l'estudi i cap a la cultura. Com venim argumentant, segons la nostra opinió aquest canvi es pot aconseguir al ajuntar el que l'alumne estudia amb el que viu. Aquest intent es el que entenem quan diem que l'alumne ha d'aprendre sobre o a partir dels seus propis centres d'interés.

Avancem que no existen uns centres d'interés universals i això es així perque el que un tema arribi a interessar depen de factors, la majoria aliens al mon escolar. Cal que el professor analitzi les característiques dels seus alumnes, és a dir, la seva preparació inicial, l'estatus social al que pertanyen, les condicions de vida del barri o localitat, etc... i en funció d'aquestes intentar, respectant-les, establir una relació entre les aptituds d'aquests i els propis recursos pedagògics del professor. El que si es pot dir és que no avançarem res preguntant als alumnes què és el que els interessa (doncs el grau de consciència que els tenen de les seves pròpies necessitats no és alt), ni confessar-los-hi d'entrada el que es preten (ja que sovint es predisposen a actituds defensives per por als paternalismes). És més aconsellable proposar temes i observar el grau d'interés (l'involucrament) que la classe va adquirint i explotar-los o derivar-los cap a d'altres, segons resulti. Hi han, però, situacions que podem dir que són efectives de bell antuvi. Algunes d'elles són: les que proporcionin dades sobre ells mateixos, com són enquestes dins i fora del centre; les que tinguin un utilitat clara, com projectar millores pel centre; les que els allunyen de la rutina escolar o de la estructura de les classes, com sortides al camp, visites a museus, o itineraris urbans. Amb totes aquestes activitats es va canviant progresivament l'actitud dels alumnes i, fruit de la relació, es veurà què és el més adient per a les potencialitats d'aquests alumnes en concret.

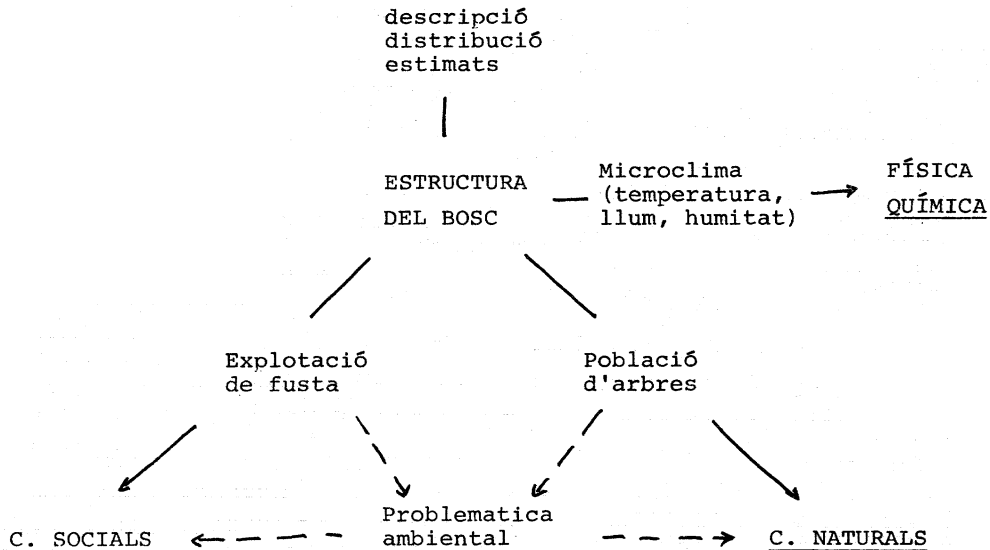
Tornem, però, al tema de la interdisciplinarietat. Es evident que un centre d'interès és independent de tal o qual assignatura o, dit d'altra manera, que les situacions son prou riques, per reals, com per què intervinguin en més d'una disciplina. L'ideal és que es desenvolupi una coordinació entre varis professors que permeti d'explo<sub>tar</sub> pedagògicament el centre d'interès. Aquesta és, segons el nostre parer, la forma més general d'entendre la interdisciplinarietat, i posa al descobert, al prendre-la d'aquesta manera, tota la seva importància. Per tal de concretar més, donarem de forma molt esquemàtica, algun exemple.

Els centres d'ensenyament solen ser dissenyats amb criteris que sovint s'anomenen, amb un eufemisme generós funcionals. Un dels centre d'interès pot ser el projectar una reorganització de les zones d'esbarjo del centre. La riquesa de plantejaments i de criteris que hi estan implicats fa que el tema sigui de gran interès pedagògic i, per veure-s'hi els alumnes fan vitalment compromeses, clarament motivador (o, al menys, per a algun tipus d'alumnes). Per tal d'estalviar espai, donem un diagrama on es posen de manifest les fases de l'experiència i les disciplines que es relacionen d'una manera natural.



Un altre possibilitat és portar els alumnes al camp. És possible orga  
nitzar-ho per tal de que les sortides durin més d'un dia, amb el que  
les possibilitats de treball augmenten considerablement. La riquesa  
pedagògica de les situacions que s'obren amb la convivència i el tre  
ball són inimaginables. Si es sap explotar, la transformació d'acti  
tuds perdura, amb el que la motivació del treball a classe es fa sen  
zilla. No és l'objecte d'aquest article l'explicar com es poden fer  
aquests tipus d'experiències (5) pel que ens limitarem a donar un dia  
grama conceptual per a un centre d'interès al voltant d'un ecosistema  
forestal. (El diagrama està pres de J. Terrades, pag. 34, simplifi  
cant-lo considerablement per tal de col·locar en primer terme la rela  
ció entre assignatures).

C. NATURALS, MATEMÀTIQUES, DIBUIX



- (5) Dels diferents centres d'interès que poden ser considerats, el més general és l'adoptat per l'educació ambiental (o mesològica). Segons aquest punt de vista, l'ambient (considerat en el seu sentit més ampli) és el que es relaciona més directament amb l'alumne pel que a l'estudiar-lo permet centrar el seu interès al mateix temps que estructura la col·laboració interdisciplinària. Per aquest tema es pot consultar el magnífic treball de Jaume Terrades "Ecología y educación ambiental", Omega, Barcelona 1979.

Un altre centre d'interès d'importància extraordinària i incomprendiblement marginat de les programacions oficials, és l'astronomia. A través de mesuraments senzills es pot anar introduint l'alumne en el tema, d'importància cabdal per a la matemàtica, la física i les ciències naturals. Per començar pot consultar-se el treball del "Grupd Cero" de València (publicat per l'ICE), on es desenvolupa la utilització de la història de l'astronomia per a la motivació de la Geometria analítica.

És evident que la realització d'experiències com les que proposem presenta dificultats. Algunes d'elles són esmentades a continuació:

- Centrar l'ensenyament als centres d'interès dels alumnes, o si es prefereix, als mètodes heurístics, no vol dir deixar que l'alumne al seu aire. Mentre no es camviï el sistema de valors dels alumnes, aquests procuraran primerament d'aprovar, en segon lloc divertir-se i en tercer lloc aprendre, pel que tractarà d'utilitzar aquest tipus d'experiències per a les seves dubtoses finalitats. L'aprenentatge necessita d'un esforç pel que l'alumne s'ha d'autodisciplinar.

- Quan s'escomenten "problemes reals" solen presentar-se situacions complexes amb implicacions imprevistes o no desitjables. En el seu afany d'adaptar-les al món escolar els professors tendeixen a simplificar. Això pot portar a que, en experiències com les que es tem esmentant, els continguts, en el nostre cas matemàtics, es trivialitzin (per exemple permetent que es mesurin longituds amb cinta mètrica per comptes de fer-ho mitjançant la trigonometria). Quan es necessitin fer hipòtesis simplificadores, les hauran de fer els mateixos alumens per tal de que prenguin consciència de les seves limitacions, al mateix temps que ens aproximem més fidelment a la metodologia científica.

- No s'ha realitzat cap experiència de renovació pedagògica (professors i alumnes) regatejant la dedicació. És il·lusori pensar que amb la dedicació estricta de les hores lectives es poden realitzar experiències com les esmentades.

- És ben conegut que l'estructura escolar actual no està pensada per realitzar un ensenyament del tipus que comentem. D'entre les dificultats que presenta citem les esmentades per Terrades (l.c.).

- . Rigidesa d'horaris.
- . Importància excessiva de les lliçons magistrals, vinculada estretament amb els sistema d'avaluació en servei.
- . Preparació insuficient dels professors per a enfocar experimentalment el treball dels alumnes i pel treball de camp.
- . Nombre excessiu d'alumnes per professor.
- . Manca d'equipamen extra escolar (itineraris de la natura i urbans, escoles i tallers de la natura, etc).
- . Problemes de responsabilitat del professor en les sortides, en relació amb la seguretat dels alumens.

Tot el qual repercuteix en:

- . Dificultat d'una orientació experimental.
- . Dificultat d'organitzar activitats extraescolars.

Si es desitja canviar l'ensenyament no es pot esperar que l'actual estructura dels centre quedi inalterada. És més, molts dels canvis vers un ensenyament interdisciplinari són incompatibles amb la organització dels centres que existeixen avui. Cal esperar que els intents que es realitzen per superar aquestes dificultats tinguin la col.laboració de les Junes Directives, la Inspecció i les demés autoritats acadèmiques.

Per últim, es obvi que no és necessari desenvolupar tot el temari de matemàtiques sota un punt de vista interdisciplinari, ja que hi han temes amb interès específic. A més, per un curs donat poden emprar-se al llarg de l'any les tres formes d'entendre la connexió de la matemàtica amb altres disciplines que hem comentat, segons quines siguin les necessitats o possibilitats que la dinàmica particular de cada classe vagi generant.

#### A tall de resum

Si es pensa que l'ensenyament ha de proporcionar una formació inte-

gral, no ens ha d'interessar una especialització prematura, per tant, entre d'altres raons, és desitjable concebir l'ensenyament de les matemàtiques dins del conjunt de les diferents disciplines que estudien els nostres alumnes (i viceversa). Tot això porta a diverses qüestions, de les quals les de més importància són:

1. Una qüestió de preparació del professorat. Un professor de matemàtiques hauria de coneixer les aplicacions a les diferents disciplines de les teories que ell explica.

2. Una qüestió d'actitud. És fàcil caure en una pràctica aïllada en la que compten només la nostra pròpia classe i assignatura. Per contra, pot arribar a sentir la necessitat de coneixer els temes que els seus alumnes estudien a les demés disciplines i rastrejar en elles les possibilitats de participació en temes comuns. Quan s'adapta aquesta actitud i es comenta amb els professors d'un mateix curs el desig de realitzar un treball interdisciplinari, apareixen, amb seguretat, possibilitats d'actuació conjunta.

3. La tria de centres d'interès. Si fem cara al problema de la interdisciplinarietat desde el punt de vista de la col.laboració entre assignatures, les possibilitats, encara que interessants, es redueixen. Si per comptes d'això, el que es tria és l'estudi d'un problema concret que no cap a una sola assignatura, les possibilitats d'una acció conjunta augmenten. Als professors que desitgin introduir-se a aquest tipus de pràctica se'ls hi pot recomenar:

- a) Desenvolupar conjuntament amb el seminari de física els temes relacionats més directament i que els dos tinguin previst d'explicar
- b) Acompanyar al professor de ciències naturals en les seves sortides i tractar d'aplicar les tècniques estadístiques als treballs de camp.
- c) Estudiar la col.laboració amb el professor de ciències socials un cens d'un poble petit o d'un barri.

José María Martínez