

Introducció al món Nano

Ana M. Argemí Llobet¹, Maria Teresa Coma Torres², Teófila Santiago Colino³

¹ Escola Pia Granollers, 08401 Granollers, aargemi2@xtec.cat

² Escola Pia Granollers, 08401 Granollers, mcoma226@xtec.cat

³ INS El Sui, Cardedeu, 08440 Cardedeu, tsantiag@xtec.cat

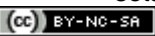
Introducció al món Nano és una seqüència didàctica interdisciplinària que té com a objectiu principal introduir els alumnes de segon d'ESO en el món de la nanoescala, la nanociència i la nanotecnologia.

La seqüència es planteja i s'inicia des de l'assignatura de matemàtiques.

El fil conductor de totes les activitats és Nano, un personatge fictici. Els alumnes es posen en la seva pell, observen, fan les seves hipòtesis, investiguen, creen models matemàtics, experimenten i extreuen conclusions. Aquest personatge també permet treballar amb les matèries de català, anglès i visual i plàstica.

Introducció al món Nano és el treball final del curs CTM+ (Programa de formació científica, tecnològica i matemàtica) del CESIRE presentat per les ponents i per Isabel Garcia-Ramos Quiroga, de l'INS El Sui de Cardedeu.

PARAULES CLAU: nanoescala, nanociència i nanotecnologia, interdisciplinarietat





Aquests materials estan sota una llicència Creative Commons 4.0 Internacional del tipus 

1. INTRODUCCIÓ

Actualment, l'estudi de les propietats dels materials a una escala nanomètrica i les seves aplicacions en els camps de la ciència i la tecnologia constitueixen importants línies de recerca que permeten el desenvolupament de nous materials amb propietats diferents dels utilitzats habitualment. Despertem interès aquells materials que repel·leixen l'aigua, els apòsits per curar ferides amb "partícules" de plata, el desenvolupament de plaques solars flexibles, els materials orgànics basats en el carboni, les cremes solars amb filtres eficients, els biosensors, etc. I també són interessants aquelles mirades més crítiques que alerten sobre el perill que poden tenir per a la salut i el medi ambient els nous materials i les seves aplicacions.

Pensem doncs que és important treballar amb els alumnes els camps de la nanociència i la nanotecnologia des d'una doble vessant: de coneixements i també social. En aquesta comunicació us presentem el nostre treball final del curs CTM+ del CESIRE, *Introducció al món Nano*.

Aquesta és una seqüència didàctica interdisciplinària adreçada als alumnes de segon d'ESO que ha estat experimentada aquest curs 2015-2016 en dos centres diferents. Té com a objectiu principal conèixer i entendre els conceptes bàsics relacionats amb la nanoescala, la nanociència i la nanotecnologia des de diferents àrees de coneixement i utilitzant metodologies de treball diverses que condueixen a l'adquisició de competències. Les diferents activitats també volen fomentar les vocacions científiques dels joves i obrir portes cap a la ciència, la matemàtica i el pensament crític.

Actualment disposem de molts materials pensats per treballar el que podem anomenar *món nano* amb alumnes de secundària i també de batxillerat. En aquesta seqüència didàctica hem utilitzat i adaptat alguns materials de    

A continuació descriurem la seqüència i desenvoluparem amb detall dues activitats: *En Nano té mal de cap* i *En Nano observa les gotes de pluja*.

2. PLANTEJAMENT I ESTRUCTURA DE LA SEQÜÈNCIA

La seqüència didàctica està pensada per realitzar-la de forma contínua o es poden fer les activitats soltes quan el professor cregui convenient. Es treballa de forma interdisciplinària en les matèries de matemàtiques, català, tecnologia, naturals, anglès i visual i plàstica.

El fil conductor de les diferents activitats és en Nano, un personatge fictici que amb les seves experiències les introdueix.

S'ha estructurat la seqüència en cinc blocs: *Qui és i què fa en Nano? Describing and drawing our nano*, *En Nano té mal de cap*, *Els viatges d'en Nano per l'escala*, *En Nano observa les gotes de pluja* i *En Nano es posa la bata blanca*.

Bloc 1: Qui és i què fa en Nano? Describing and drawing our Nano

Aquest bloc es treballa a les matèries de català, anglès i visual i plàstica.

Els **objectius** d'aquest bloc són en primer lloc, dirigir l'atenció dels alumnes cap a un món desconegut per a ells i engrescar-los en el projecte. Altres objectius són: fer textos descriptius, científics i argumentatius en llengua catalana, elaborar textos descriptius en llengua anglesa, dibuixar el personatge Nano i fer una animació amb aquest personatge.

A **català** els alumnes en grups cooperatius creen un personatge anomenat Nano amb l'única condició que ha de ser molt petit i li ha d'agradar la ciència i després l'il·lustren.

A **anglès** els alumnes individualment creen el personatge seguint aquestes pautes:

Think and plan: What does nano look like? What is nano like? What adjectives can describe nano powers? What can these powers do? What things does nano like and dislike? What is nano good and bad at? What are nano's dreams for the future? Has nano got any mission?

Plan: Appearance and personality. Interests and abilities. Role and future mission. Conclusions.

A **visual i plàstica** els alumnes en grups fan diferents dibuixos del personatge Nano creat a anglès i realitzen una animació amb aquests.

Bloc 2: En Nano té mal de cap

Activitat 2.1: En Nano té mal de cap

Aquesta és realment la primera activitat que serveix d'introducció al *món nano*. Els alumnes desconeixen quin tema o contingut es treballa en l'activitat que se'ls hi planteja. La durada d'aquesta és de quatre sessions i es treballa en grups cooperatius des de l'assignatura de matemàtiques.

Els **objectius** principals són: experimentar com les propietats d'un material poden canviar si es treballa en la nanoescala, emprar conceptes, eines, estratègies matemàtiques i el raonament matemàtic per comprendre els efectes de la grandària com a conseqüència del canvi en la relació superfície/volum en els materials i guanyar destresa en la utilització del Calc.

A continuació detallem l'activitat seguint la seqüència proposada als alumnes:

1. Contextualització i Hipòtesi

Fa uns dies en Nano va anar al metge perquè darrerament sovint té mal de cap. El metge li va receptar unes pastilles efervescents que s'ha de prendre únicament quan tingui mal de cap. Ara mateix en Nano té un mal de cap molt fort i vol prendre les pastilles el més aviat possible.

Quina de les següents opcions li recomanàrieu i per què?

- Prendre directament la pastilla sense dissoldre.
- Tenir paciència i esperar que la pastilla es dissolgui.
- Tallar la pastilla a trossos i esperar que aquests es dissolguin.
- Esmicolar la pastilla fins que només quedi pols i esperar que es dissolgui.
- Altres.

El consell escollit serà la vostra hipòtesi de treball. Ara comprovareu si la hipòtesi és correcta.

2. Experimentació

Cada grup realitzarà els següents passos (es poden fer fotografies o gravacions):





- Omplir 2 gots transparents amb 150 ml d'aigua.
- Preparar 2 pastilles. La primera deixar-la sencera, la segona esmicolar-la amb una mà de morter.
- Introduir, al mateix temps, cadascuna de les pastilles en un got diferent. Marcar els gots.
- Observar quina pastilla fa més efervescència, quina pastilla provoca una reacció més ràpida (coloració de l'aigua), quina pastilla acaba l'efervescència abans i quina pastilla fa que l'aigua es decolori abans.

La recomanació que li va fer a en Nano és l'adequada? Raonar la resposta tant en cas afirmatiu com en cas negatiu.

Per què creieu que passa aquest fet?

3. Modelització de l'experiment

Cada grup ha d'agafar 8 cubs unitat i amb aquests ha de construir un cub. Seguidament, fa totes les possibles particions en ortoedres d'aquest cub i finalment ha de completar una taula com aquesta per trobar l'índex (superfície/volum):

Dibuix i mesura	Quants ortoedres	Àrea total d'un ortoedre	Suma d'àrees	Volum d'un ortoedre	Suma de volums	Índex
	8	$1,4^2 \times 6 = 11,76 \text{ cm}^2$	$11,76 \times 8 = 94,08 \text{ cm}^2$	$1,4^3 = 2,74 \text{ cm}^3$	$1,4^3 \times 8 = 21,95 \text{ cm}^3$	$94,08 / 21,95 = 4,29$
	4	$(2,8 \times 1,4) \times 5 = 19,6 \text{ cm}^2$	$19,6 \times 4 = 78,4 \text{ cm}^2$	$(2,8 \times 1,4) \times 1,4 = 5,48 \text{ cm}^3$	$5,48 \times 4 = 21,95 \text{ cm}^3$	$78,4 / 21,95 = 3,57$
	2	$(2,8^2 \times 2) + (1,4 \times 2,8 \times 4) = 31,36 \text{ cm}^2$	$31,36 \times 2 = 62,72 \text{ cm}^2$	$2,8^2 \times 1,4 = 10,975 \text{ cm}^3$	$2,8^2 \times 1,4 \times 2 = 21,95 \text{ cm}^3$	$62,72 / 21,95 = 2,85$
	1	$2,8^2 \times 6 = 47,04 \text{ cm}^2$	$2,8^2 \times 6 = 47,04 \text{ cm}^2$	$2,8^3 = 21,95 \text{ cm}^3$	$2,8^3 = 21,95 \text{ cm}^3$	$47,04 / 21,95 = 2,14$

Taula de particions en ortoedres iguals elaborada per alumnes

Seguidament responen aquestes preguntes: Què observeu? Podeu donar ara un raonament més clar a l'experiment de les pastilles? Quin?

4. Generalització del model matemàtic

Agafant com a referència un cub d'1 cm de costat, es vol saber què passa amb l'índex **superfície/volum** (suma d'àrees/suma de volums) quan fem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, o 9 talls a cada costat. Els resultats s'anoten en una taula com aquesta:

Nº de tall	Nº de cubus	Àrea d'un cub unitat	Superfície d'un cub unitat (cm ²)	Superfície total (cm ²)	Volum d'un cub unitat (cm ³)	Volum total (cm ³)	Índex Superfície/Volum
1	$2^3 = 8$	$1/2 = 0,5$	$6 \times 0,5^2 = 1,5$	$1,5 \times 8 = 12$	$0,5^3 = 0,125$	1	$12/1 = 12$
2	$3^3 = 27$	$1/3 = 0,33$	$6 \times 0,33^2 = 0,66$	$0,66 \times 27 = 17,82$	$0,33^3 = 0,037$	1	$17,82/1 = 17,82$
3	$4^3 = 64$	$1/4 = 0,25$	$6 \times 0,25^2 = 0,375$	$0,375 \times 64 = 24$	$0,25^3 = 0,0156$	1	$24/1 = 24$
4	$5^3 = 125$	$1/5 = 0,2$	$6 \times 0,2^2 = 0,24$	$0,24 \times 125 = 30$	$0,2^3 = 0,008$	1	$30/1 = 30$
5	$6^3 = 216$	$1/6 = 0,16$	$6 \times 0,16^2 = 0,1536$	$0,1536 \times 216 = 33,1776$	$0,16^3 = 0,0041$	1	$33,1776/1 = 33,1776$
6	$7^3 = 343$	$1/7 = 0,14$	$6 \times 0,14^2 = 0,1176$	$0,1176 \times 343 = 40,3572$	$0,14^3 = 0,0027$	1	$40,3572/1 = 40,3572$
7	$8^3 = 512$	$1/8 = 0,12$	$6 \times 0,12^2 = 0,0864$	$0,0864 \times 512 = 44,2688$	$0,12^3 = 0,0017$	1	$44,2688/1 = 44,2688$
8	$9^3 = 729$	$1/9 = 0,11$	$6 \times 0,11^2 = 0,0726$	$0,0726 \times 729 = 52,9158$	$0,11^3 = 0,0013$	1	$52,9158/1 = 52,9158$
9	$10^3 = 1000$	$1/10 = 0,1$	$6 \times 0,1^2 = 0,06$	$0,06 \times 1000 = 60$	$0,1^3 = 0,001$	1	$60/1 = 60$

Taula1 d'índex segons el nombre de talls elaborada per alumnes

Ara reflexionen sobre els resultats i responen la pregunta: Com varia l'índex **superfície/volum**?

Utilitzant un full de càlcul repeteixen l'activitat anterior però tallant cada costat del cub inicial 1, 10, 10², 10³, 10⁴, 10⁵, 10⁶, 10⁷, 10⁸, 10¹⁰ vegades.

Els resultats els expressen en una taula com aquesta:

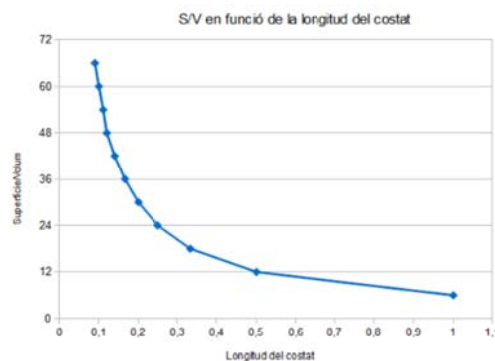
Nombre de talls	Nombre de cubs	Longitud costat	Superfície total	Volum total	Índex (S/V)
1	8	0,5	12	1	12
10	1331	0,09090909091	66	1	66
100	1030301	0,009900990099	606	1	606
1000	1003003001	0,000999000999	6006	1	6006
10000	1000300030001	0,000099990001	60006	1	60006
100000	1.000.030.000.300.000.00	0,0000099999000	600006	1	600006
1000000	1.000.003.000.003.000.000.00	0,000000999999	6000006	1	6000006
10000000	1.000.000.300.000.030.000.000.00	0,0000000999999	60000006	1	60000006
100000000	1.000.000.030.000.000.000.000.000.00	0,0000000099999	600000006	1	600000006
1000000000	1.000.000.003.000.000.000.000.000.000.00	0,0000000009999	6000000006	1	6000000006

Taula 2 d'índex segons el nombre de talls elaborada per alumnes

Amb aquestes dades (**taula 2**) han de fer un gràfic que doni l'índex en funció de la longitud del costat (en cm) i explicar què observen.

El resultat obtingut fa evident que hi ha molta dispersió de dades i per tant el gràfic obtingut és molt difícil d'interpretar.

Davant d'aquesta situació, es demana als alumnes que repeteixin el gràfic utilitzant només les **dades de la taula 1** d'índex segons la longitud del costat. El resultat obtingut és ara fàcil d'interpretar:



Gràfic d'índex en funció de la longitud del costat

Finalment es demana als alumnes elaborar un nou gràfic amb les dades de la **taula 2** utilitzant l'escala logarítmica. Fer els gràfics amb l'ordinador té l'avantatge de poder experimentar amb diferents models.

5. Conclusions

Es demana als alumnes com a conclusió de l'activitat que donin un consell argumentat científicament a en Nano.

A continuació es mostra un exemple de conclusió argumentada elaborada per un grup d'alumnes:

Llavors, les conclusions que podem treure són que, quantes més vegades parteixis la pastilla més ràpid acabarà l'efervescència i et podràs prendre la medicina abans ja que quan divideixes un cos fas que la seva àrea total augmenti, i en el cas de la pastilla fer que la seva àrea total augmenti fa que hi hagi més part de la pastilla en contacte amb l'aigua, de manera que triga menys en que totes les partícules facin efervescència.

Resultat: Hipòtesi correcta i demostrada, la millor opció per al problema ha estat esmicolar la pastilla fins que només quedi pols.

Activitat 2.2: Nano, what is nano? How small is nano? La nanoescala, la nanociència i la nanotecnologia

L'activitat té com a **objectiu** reflexionar i extreure conclusions de l'activitat *En Nano té mal de cap* i té una durada d'una sessió.

La **seqüència** de l'activitat és:

1. Posada en comú: els diferents grups de treball exposen els resultats obtinguts.
2. Discussió amb el grup-classe d'aquests resultats.
3. Amb l'ajuda d'uns cartells que els alumnes troben penjats a l'aula, el professor explica el model científic teòric que ajuda a entendre l'experiment realitzat.

Bloc 3: Els viatges d'en Nano per l'escala

Aquest bloc consta de quatre activitats que tenen els següents **objectius**: conèixer i entendre que és la nanociència, la nanotecnologia i el significat matemàtic de la paraula *nano*, desenvolupar la capacitat investigadora cercant la informació necessària i utilitzant diverses fonts i resoldre activitats on es treballa l'escala, la nanoescala, la notació científica i els múltiples i submúltiples decimals de les unitats del SI.

Una de les activitats d'aquest bloc és: **Quantes matemàtiques puc trobar en aquesta cançó? Com és de gran el personatge de la cançó *Aniversari de Manel*?**

Aquesta activitat està pensada com a activitat complementària de matemàtiques després de treballar l'escala i la notació científica. Es treballa en grups i té una durada mínima de 4 sessions.

L'activitat consisteix en realitzar un vídeo que doni resposta a les preguntes que es fa en Nano després d'escoltar una cançó. Aquest vídeo es pot presentar –si es considera oportú– al concurs vídeoMAT.

La **seqüència** de l'activitat és:

1. Visionem amb el grup-classe el vídeo de la cançó *Aniversari* de Manel.
2. En grups, esbrinar el missatge de la cançó. Es fa una posada en comú.
3. En grups, fer l'*estudi matemàtic* de la lletra de la cançó. Cal respondre, entre altres, aquestes preguntes referides a fragments de la cançó:
 - Quina és la grandària d'una mosca? I la d'un mosquit?
 - Podria viure una persona amb aquesta grandària? Com seria el seu cor? I una de les seves cèl·lules? I un ull? I un peu?
4. En grups, dissenyar, gravar i editar el vídeo.

Bloc 4: En Nano observa les gotes de pluja

Els **objectius** d'aquesta activitat són: mostrar diferents tipus de material segons la seva capacitat d'absorció, observar i descriure les diferències entre les formes de les gotes d'aigua a la superfície de diferents materials, explicar que són les superfícies hidrofòbiques i quin és el seu mecanisme d'acció, veure l'aplicació d'aquestes superfícies en usos comercials i guanyar destresa amb el GeoGebra.

L'activitat té dues parts. A continuació detallem la primera part de l'activitat seguint la seqüència proposada als alumnes:

1. Contextualització i Hipòtesi

Fa una estona ha plogut una mica. En Nano surt al jardí i es fixa en les gotes d'aigua que han quedat al banc de fusta, a la regadora de plàstic, a les roses i a la samarreta de cotó que hi ha sobre el banc.

Què creieu que observa en Nano a cadascun del objectes anteriors? Feu una ordenació basada en el que creieu que observa.

2. Experimentació

Per tal de verificar si la vostra ordenació/hipòtesi és adequada experimentareu ara amb un portaobjectes de vidre, un tros de plàstic, un quadrat de làmina d'alumini, un quadrat de paper de filtre, una fulla de planta com l'heura, una fulla de col i a ser possible una de lotus o caputxina.

Poseu un parell de gotes d'aigua en cada material i anoteu les vostres observacions a la taula següent. Seguidament i per cada material feu una fotografia del perfil d'una gota utilitzant un pla gairebé perpendicular a la base de la gota en la que es vegi molt bé aquest perfil (si és possible utilitzeu una macro o super macro).

Material	Dibuix de la forma (perfil) de la gota	Grau d'absorció/repulsió i altres observacions	Identificació de la fotografia

Descriviu amb les vostres paraules les diferències entre les formes de les gotes. Segons el vostre parer, què podria explicar aquestes diferències? El paper de filtre es comporta com els altres materials? Per què?

El comportament de l'aigua en la superfície es relaciona amb la part de les molècules que apareixen a l'exterior de la superfície, que pot ser **hidròfila** (“que estima l'aigua”) o **hidròfoba** (“que té fòbia a l'aigua”).

Basant-vos en la taula que heu omplert, situeu cada material en una escala d'hidrofília, des del més hidròfil fins al més hidròfob.

Definiríeu algun dels materials provats com a molt hidròfob? Per què?

Mirant aquesta classificació, mantindríeu l'ordenació/hipòtesi que vau fer dels materials observats al jardí d'en Nano? En cas afirmatiu raoneu la resposta i en cas negatiu feu una nova ordenació argumentada.

3. Modelització

Un dels mètodes per quantificar el grau de mullabilitat d'una superfície és mesurar l'angle de contacte. L'angle de contacte és l'angle en el qual una gota del líquid fa contacte amb la superfície.

Utilitzant les fotografies que heu fet, trobeu l'angle de contacte amb el *GeoGebra* (seguint les instruccions específiques) i ompliu la taula per cadascun dels materials que heu observat:

Identificació de la fotografia	Material	Imatge amb captura de l'angle	Valor de l'angle de contacte en graus

4. Generalització

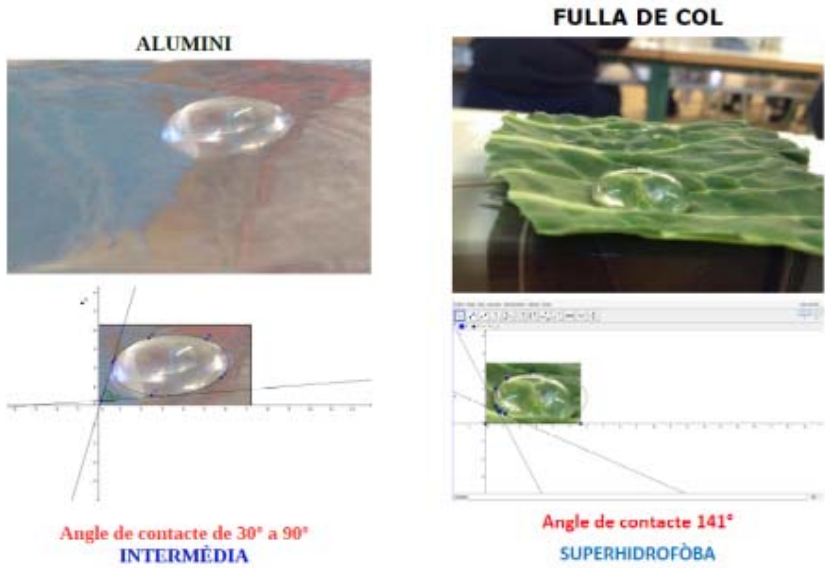
Feu ara una classificació dels materials segons l'angle de contacte (de menor a major angle).

Utilitzant la classificació anterior i consultant l'escala d'hidrofilia, classifiqueu les superfícies segons el seu angle de contacte en superhidròfila, hidròfila, intermèdia, hidròfoba, superhidròfoba.

Valor de l'angle de contacte	Classificació de superfície	Exemple de material
S'acosta a 0°		
Fins a 30°		
De 30° a 90°		
De 90° a 140°		
Més de 140°		

5. Conclusions

Per concloure aquesta primera part de l'activitat s'elabora un pòster col·lectiu amb la foto, l'angle de contacte i la classificació de tots els materials analitzats.



Dues fitxes individuals del pòster elaborades per alumnes

Bloc 5: En Nano es posa la bata blanca

En aquest bloc es recullen sis activitats experimentals que es treballen en grups de quatre persones. La durada és de cinc sessions.

Els **objectius** principals del bloc són: dur a terme activitats i investigacions senzilles sobre el *món nano* i entendre i utilitzar el mètode científic com a eina de treball.

La relació i **intenció** de cada activitat experimental és:

- **En Nano l'ha feta grossa** i **En Nano fa castells de sorra** proposen reflexions sobre com les propietats d'un material en la macroescala poden canviar si aquest material es treballa en la nanoescala.
- **En Nano fa pastissos** ens proposa descobrir els equips i eines específics per treballar en la nanoescala.
- **En Nano estampa samarretes** ajuda a la identificació dels processos que utilitza la nanotecnologia per a la fabricació de nanoestructures.
- **En Nano vol guanyar un premi Nobel** planteja l'estudi del grafè, les seves propietats i possibles aplicacions.
- **En Nano vol comprar un desodorant** proposa una reflexió sobre els avantatges i inconvenients de l'aplicació de nanopartícules de plata.

La **seqüència de cada activitat** experimental és la següent:

1. Treball al laboratori: cada grup s'encarrega de dur a terme un experiment.
2. Treball a casa: cada grup prepara una exposició per explicar el seu experiment als companys de classe, seguint una sèrie de pautes.
3. Treball a l'aula: exposició oral tenint present el que s'ha treballat sobre aquesta a català.
4. Treball a l'aula: posada en comú i conclusions de la fase experimental.

La **fitxa (guia)** de cada experiment té la següent estructura:

1. Es planteja una pregunta als alumnes relacionada amb una situació viscuda pel personatge Nano.
2. Els alumnes responen la pregunta: fan la seva hipòtesi.
3. Comproven experimentalment si la seva hipòtesi és correcta.
4. Extreuen conclusions.
5. Es teoritza: s'explica el model científic que ajuda a entendre l'experiment.

4. REFLEXIÓ METODOLÒGICA

Introducció al món Nano és una seqüència didàctica que recull un seguit d'activitats amb mirada CTM. Aquesta integra els coneixements de ciències, tecnologia i matemàtiques en contextos propers als alumnes a la vegada que promou en aquests diferents capacitats amb dinàmiques de treball diverses.

Els documents necessaris per a desenvolupar el projecte s'han gestionat en un Drive compartit amb els alumnes i s'ha creat un Sites on els alumnes han penjat els treballs realitzats.

Els diferents continguts de les activitats estan contextualitzats i és l'alumne qui els hi dona significat. D'aquesta manera va adquirint coneixements sobre el tema.

L'alumne treballa de diverses maneres en funció de l'activitat que se li planteja: individualment, cooperativament en petits grups. Es potencien les situacions de discussió i de reflexió en els grups cooperatius i també en el grup-classe.

El paper del professor és el d'estimular, acompanyar, marcar el ritme de treball a l'aula i aconseguir que l'ambient de classe sigui l'apropiat.

La intervenció de les matèries de català, anglès i visual i plàstica enriqueix el projecte. Quan compartim experiències de diferents professors, aconseguim una visió global, una rendibilitat dels recursos i una adequació quantitativa i qualitativa dels processos i per tant una fidelització en el projecte comú.

L'avaluació s'ha incorporat en el mateix procés d'aprenentatge bàsicament amb el lliurament de feines i materials realitzades per l'alumne o grup d'alumnes. Aquests també han participat de forma activa en l'avaluació a través de processos d'autoavaluació i coavaluació.

5. CONCLUSIONS

Introducció al món Nano tracta un tema complex i actual que no es troba en el currículum de secundària de forma explícita però sí implícita. Les diferents activitats de la seqüència han permès la introducció als alumnes en aquest tema i a la vegada s'ha despertat en ells un interès pel coneixement.

D'altra banda, el plantejament que hem fet de les diferents activitats, situant aquestes en un context real i proper als alumnes, ha permès el treball de continguts que sí són curriculars a la ESO.

El treball amb els alumnes de segon d'ESO no sempre ha estat fàcil ja que la complexitat del tema els hi ha suposat un esforç important.

La mirada CTM ha permès que els nostres alumnes desenvolupin un seguit d'habilitats i competències. El treball des de les matèries de matemàtiques, tecnologia i naturals però també des de català, anglès i visual i plàstica ha facilitat l'aprenentatge significatiu.

El treball cooperatiu entre els professors és imprescindible per a l'elaboració de propostes innovadores a la vegada que suposa un estímul per a una acció responsable i coherent. El treball en equip serveix per unir esforços i facilitar la consecució d'objectius. La interactivitat proporciona idees noves i enforteix a tots els professors.

El fet de comprovar una millora en la motivació de l'alumnat i una dinàmica positiva en les aules ens fa pensar que estem en el bon camí i ens anima a continuar amb una metodologia experimental, constructiva i competencial.

6. BIBLIOGRAFIA

Llibres i revistes:

[1] FECYT. *Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*. Edita i coordina: Fundación española para la ciencia y la tecnología, 2008. 978-84-691-7266-7

[2] *Mètode. Nano. Transformant el món amb la nanotecnociència*. Universitat de València. Primavera 2010, núm 65. València: ISSN 1133-3987 (128 pàgines)

Material web:

[3] *Nanoyou: Nanotechnology education resources | Nano for youth* [en línia] [4/2/2016] Disponible a: <<http://nanoyou.eu/>>

[4] Universitat de Barcelona. *NanoEduca. Programa per introduir la nanociència i la nanotecnologia a alumnes i professors de secundària i batxillerat*. [en línia]. [15/2/2016] Disponible a: <<http://www.ub.edu/laubdivulga/nanodivulga/nanoeduca.html>>

[5] Nise.National Informal Stem Educations. Network. *NanoDays/Nise Network* [en línia] [15/2/2016]. Disponible a: <<http://nisenet.org/nanodays>>

[6] Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia. [en línia] [15/2/2016]. Disponible a: <<http://icn2.cat/en/outreach/education-program>>