

## Les *Mystery Boxes*: una activitat senzilla d'indagació a l'aula com a metàfora de la ciència

Jordi Domènech Casal ([jdomen44@xtec.cat](mailto:jdomen44@xtec.cat)) INS Marta Mata (Montornès del Vallès), Associació Kultur per a l'Educació i la Divulgació Científica i grup LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències) de la Universitat Autònoma de Barcelona.

*L'alumnat sovint té una visió distorsionada de la ciència que n'exclou el seu caràcter construccionista i creatiu en pro d'una visió mecanicista i cartesiana. Es presenta una activitat pràctica d'organització senzilla que permet situar l'alumnat en contexts i situacions que emulen la recerca científica real. S'analitzen les situacions que es produeixen a l'aula en aplicar l'activitat, juntament amb orientacions per aplicar metodologies semblants.*

**Paraules clau:** indagació, treballs pràctics, mètode científic, serendípia

### INTRODUCCIÓ

En l'ensenyament de les ciències, és habitual que els alumnes percebin el mètode científic com una màquina perfecta en la que els resultats sempre s'ajusten a les hipòtesis, i les conclusions –veritats absolutes– sempre responen als objectius, sense que hi participin intuïcions, errors, contexts socials o aproximacions.

Aquesta visió mecanicista, rígida i cartesiana (gairebé podríem dir “esterilitzada”) del mètode científic entra en conflicte amb l'experiència quotidiana dels alumnes amb la ciència real, que ofereix conclusions provisionals que modifica sovint (el valor nutritiu de les lleties o les partícules subatòmiques que viatgen més ràpid que la llum), sol treballar a partir dels errors i té una forta base de creativitat, construcció democràtica i emotivitat (Acevedo, 2006, Fernández *et al*, 2002).

Les estratègies d'Ensenyament de les Ciències Basades en la Indagació (ECBI) posen precisament l'accent en formular activitats investigadores, fomentar el plaer de descobrir, i el diàleg, la serendípia i la creativitat com a fonts del coneixement científic (Osborne i Dillon, 2008; Caamaño, 2002 i 2012). En aquesta via, el projecte C3 té per objecte desenvolupar activitats on l'alumnat emuli diferents processos de Creació del Coneixement Científic, incloent disseny d'experiments, anàlisis de dades, recreació de seminaris científics i redacció d'ar-

ticles i sol·licituds d'ajuts i projectes. Dins d'aquest context s'han desenvolupat activitats, dirigides a l'escriptura d'articles científics amb el recolzament de bastides didàctiques (Domènech, 2013a) i la creació d'itineraris de pràctiques que facilitin l'empoderament i el disseny d'experiments per part de l'alumnat (Domènech, 2013b). En aquest marc, l'aplicació de l'activitat senzilla d'indagació *Mystery Boxes* a 75 alumnes de 2n i 4t d'ESO de l'INS Marta Mata va generar escenaris d'alt valor didàctic que discutim en aquest article.

### EXPERIÈNCIA

L'activitat *Mystery Boxes* es basa en proporcionar als participants (agrupats en equips) diverses capses tancades, que contenen cadascuna un objecte diferent. **Sense obrir la caixa**, els participants han de recollir les observacions que puguin sobre l'objecte i intentar establir quin objecte és. Les observacions i conclusions dels diferents equips es confronten com a clímax de l'activitat, al final de la qual és molt important que no s'obrin les caixes. L'experiència és una proposta confeccionada pel Science Museum Learning, i s'ha extret del curs de formació de professorat *Best Practices in Inquiry-Based Science Education (IBSE): Hands-on Explorations and Observations Enhanced by Computational Thinking* (Domènech, 2013c).

## Fase 1: Magnituds i mesures, models i nivells de certesa

Es van preparar 5 caixes –amb un objecte a cada caixa– a 5 equips de tres persones. Es va donar als equips instruccions d'esbrinar quin objecte hi havia a dins, sense obrir la caixa. Se'ls van proposar diverses línies de recerca sobre l'objecte: *De què està fet? Quant d'espai ocupa dins de la caixa? Com es mou a dins de la caixa? Quina forma creus que té? Pots dibuixar el seu aspecte?* Passats 4 minuts, cada caixa havia de ser passada al següent equip, de manera que, rotatòriament, cada equip va analitzar totes les caixes.



**Figura 1.** En la preparació de les caixes només cal tenir en compte que no siguin excessivament grans, ja que els sons de dins de la caixa quedarien distorsionats. Cal posar-hi objectes de diferents mides, materials i densitats, amb imaginació (goma d'esborrar, clip de paper, bossa de farina, recipient amb líquid...).

Es va proporcionar als participants una fitxa d'observacions on anotar, per a cada caixa, les percepcions o **observacions** (pesa / no pesa, sona com un metall / com un plàstic, és gran / és petit,...) per una banda i les **conclusions** per l'altra.

Aquesta fase de l'experiència va provocar que els diferents membres de cada equip contrastessin les seves observacions. Vam detectar que:

- 1) obliga l'alumnat a mobilitzar vocabulari específic en les discussions sobre les observacions. En proposar com a eines per a la discussió vocabulari específic com “densitat”, “fregament”, “volum”, aquests van ser ràpidament instrumentalitzats i inclosos per l'alumnat en la seva discussió.
- 2) fa una distinció clara entre el que són observacions (empíriques) i el que són inferències d'aquestes observacions, les conclusions. Així mateix, l'alumnat percep els diferents graus de concreció en les conclusions (des de dir simplement que és un objecte petit, quadrat i de plàstic a dir que es tracta d'una maquineta).
- 3) Implica un cicle ràpid i creatiu de generació i contrast d'hipòtesis i disseny d'experiments breus (sospesar, fer sonar...) per comparar una hipòtesi amb un model i per consensuar un model (per exemple: en un equip, una part de la discussió va girar al voltant de quina forma i mida tenien les tisores escolars per decidir si les seves observacions s'ajustaven a aquest model).

En l'aplicació de l'activitat, el professor s'anava desplaçant entre els diversos grups a mesura que arribaven a conclusions, ajudant-los a diferenciar aquelles conclusions de les que estaven raonablement segurs i aquelles que eren conjectures.

**p.-** Teniu les conclusions? Ja sabeu què hi ha, a dins?

**alumne 1.-** És una maquineta!

**p.-** N'esteu segurs?

**a1.-** Jo crec que sí.

**a2.-** Sí, *buenu...* Sinó, no sabem què més pot ser.

**p.-** Quant n'esteu de segurs? Molt segurs o poc segurs?

**a1.-** Bastant segurs.

**a2.-** Poc segurs.

**a3.-** També pot ser una peça de plàstic del *lego*.

**p.-** Heu descobert alguna cosa de la que estigueu molt segurs?

**a1.-** Que és petit i de plàstic.

**a2.-** I quadrat.

**a3.-** Sí, això és segur.

**p.-** Com de petit? Quadrat o cúbic?

**a1.-** Com un cub allargat, més o menys així... (ho indica amb els dits).  
**p.-** D'això, n'esteu molt o poc segurs?  
**a1 i a2.-** Molt segurs.  
**a3.-** Sí, això sí.  
**p.-** Ja no penseu que sigui una maquineta?  
**a3.-** Sí, o una peça del *lego*, però no és tant segur.

**Figura 2.** Recreació sintetitzada d'una conversa del professor (p) amb un equip de 3 alumnes durant l'experiència. Al llarg de la conversa, s'arriba a determinar que com més concreta és una conclusió, menys fiabilitat té. La conversa constitueix un interessant punt de partida per a discutir "nivells" i "àmbits" de certesa de les conclusions per a ser usats com a metàfora per a teories parcials, com ara la dualitat-ona partícula o la complementarietat de la gravitació universal i la mecànica quàntica.

## Fase 2: Distingint entre resultats i discussió



**Figura 3.** Els alumnes continuen mesurant i contrastant les seves mesures **mentre** parlen i arriben a acords, acords que canvien els objectius de les mesures. Juntament amb els alumnes s'han identificat moments de l'activitat en què el que deia un company o el que hem mesurant en mesures anteriors ha modificat les nostres estratègies (p. ex.: com que a la caixa anterior ens ha semblat que hi havia dos objectes i no un, a la caixa següent ens hi hem començat a fixar). Aquesta dimensió influenciable, serendípica i no del tot metòdica de la ciència ha donat peu a comentar casos reals, com el descobriment de la radiació còsmica de fons o de la penicil·lina.

En haver acabat les rondes d'anàlisi de les caixes, s'han deixat uns minuts perquè cada equip sistematitzés les seves observacions i conclusions. Això ha estat útil, perquè en el procés alguns equips s'han adonat que les conclusions que extreien no es derivaven forçosament de les observacions anotades. En la majoria de casos, es tractava d'observacions que recordaven i no havien anotat, però en d'altres no sabien quina observació els mancava. (Davant d'això no se'ls ha permès tornar a analitzar la caixa).

Al llarg de l'activitat, s'ha construït una diferenciació rudimentària<sup>1</sup> entre les observacions i les conclusions: les observacions podem considerar que són certes avui i per a tots, i ho seran també demà (si avui sona metàl·lic, demà també hi sonarà), i en canvi les conclusions que traiem d'aquestes observacions poden variar (avui pensem que és un bolígraf, però demà podem estar segurs que es tracta d'una cànula de vidre). Juntament amb els alumnes s'ha elaborat una llista de les coses que poden fer que canviïn les conclusions, que hem agrupat en dos aspectes: **noves observacions addicionals** (que poguéssim mirar la caixa amb raigs X), o nous objectes o conceptes externs (**nous models**) que puguin explicar millor les observacions (si mai hem vist una cànula de vidre i en veiem una al laboratori)...i s'ha comparat això amb el funcionament de la ciència, fent referències al desenvolupament de telescopis i l'astronomia en el primer cas i a l'ús medieval de disseccions animals per a entendre la fisiologia humana en el segon.

Els alumnes no han identificat altres possibles fonts de canvi com pot ser un **canvi general en el paradigma** (descobrir, per exemple, que per dins les caixes són més petites que de fora), i malgrat proposar-los exemples com el canvi de model heliocèntric a geocèntric, han mostrat dificultats per a veure-hi relació.

La distinció observacions / conclusions ha estat molt útil per fer-hi referència a l'hora d'explicar com fer un informe científic: a l'apartat de *resultats* s'hi escriuen les observacions (allò amb pretensió d'objectivitat que no canvia) i la *discussió i conclusions*, allò que és susceptible d'interpretació / ampliació. Això ha estat molt útil per a la redacció d'articles científics, una altra activitat que es duu a terme al centre (Domènech, 2013a)

1 Aquesta diferenciació no és del tot correcta, i es pot millorar en grups de més edat, en el sentit que les mateixes percepcions tampoc són neutres i objectives, sinó que són també mediatades per les concepcions prèvies i la subjectivitat.



### Fase 3. La discussió: un espai de construcció de coneixement

Cada equip va copiar en fulls autoadhesius les seves observacions i conclusions per a cadascuna de les caixes, i les enganxà en un espai comú, amb una casella per a les observacions i conclusions per a cada caixa.



**Figura 4.** L'ús de fulls autoadhesius agilitza molt l'activitat i permet que en fer la posta en comú, les aportacions siguin més horitzontals: caixa per caixa, no grup per grup, permetent les diferents aportacions no quedin marcades per la persona o equip que les feia, ja que les llegia algú altre.

Els resultats es van discutir en gran grup, caixa per caixa, demanant als equips que justificuessin les seves aportacions. Aquesta és la fase que es van produir més situacions d'interès com a punt de partida del debat sobre la naturalesa de la ciència i es fa difícil fer-ne una descripció completa.

N'esmentarem només alguns exemples:

- Sobre la caixa número 4, alguns grups estaven d'acord que es tractava d'un objecte en part metàl·lic en part plàstic, de forma allargada, excepte un grup, que deia que era únicament metàl·lic i tenia una forma general de triangle arrodonit. Pel que fa a les conclusions, malgrat que algun equip especulava que podia ser un bolígraf, no hi havia una conclusió ferma. En la discussió conjunta, en "mesurar" de nou l'objecte es va acceptar que de fet, era triangular i tenia una part metàl·lica i una altra de plàstic. Un cop arribats a aquest consens, tots els equips van identificar l'objecte com unes tisores escolars, una conclusió amb uns nivells de concreció i certesa

superiors a les que havia obtingut cada equip per separat; i no additiva, ja que no resulta de la suma de les aportacions, sinó de la seva interacció constructiva. Això és especialment important perquè, a més a més del valor del treball en comunitat de coneixement, evidencia per a l'alumnat les conclusions científiques com a "acords" que són *la millor explicació possible amb les dades que tenim* (un resultat molt allunyat de la definició sacralitzada de conclusió científica).

- En acabat de construir les conclusions generals, i com era d'esperar, l'alumnat va demanar d'obrir les caixes i confirmar els resultats. En aquest moment –i no abans– se'ls va comunicar que les caixes no s'obririen. Tot i que inicialment és una decepció per a ells, és important remarcar que la ciència real és així: el màxim que s'obté és el millor acord possible, mai la certesa absoluta. És important que el professor no sàpiga què hi ha a dins de les capses, o almenys això és el que haurien de creure els alumnes: cal generar una situació d'estar davant quelcom desconegut i evitar concretar a l'inici si obrirem o no les capses al final.
- En algun equip es va evidenciar que "l'autoritat" d'un alumne arrossegava l'equip a observacions incompletes o conclusions poc segures.
- Els objectes identificats en algunes caixes (maquineta, goma...) feia suposar (erròniament) alguns equips que les altres caixes també havien de contenir material d'escriptori.
- Excepte casos molt concrets –i malgrat no existir cap prohibició expressa– cap equip va col·laborar amb un altre, de manera que es van desenvolupar dinàmiques competitives, excepte en la fase 3, quan es demanava explícitament de col·laborar.
- La manca de rigor en anotar les observacions o el número de caixa a què feien referència va fer que es perdessin dades.

## CONCLUSIONS

L'experiència presentada s'adapta molt bé al que hauria de ser la seqüència didàctica d'indagació (Bogner, Boudalis, Sotiriou, 2012):

- 1) Formular preguntes investigables
- 2) Donar prioritat a l'observació
- 3) Analitzar l'observació

- 4) Formular una explicació basada en les observacions
- 5) Connectar l'explicació amb els models o coneixements científics
- 6) Comunicar i justificar l'explicació
- 7) Reflexionar sobre el procés.

Al mateix temps fa que els alumnes visquin un procés científic complet i representatiu de la ciència real.

Algunes preguntes que podem fer per a promoure la reflexió són: Com has sabut de quin material estava fet? Heu treballat en silenci? Heu investigat totes les caixes de la mateixa manera? Com heu pres una decisió conjunta? Has provat una idea que hagi proposat algú altre?

Així mateix, com a síntesi de l'activitat, promoure l'escriptura de textos descriptius (observacions) i argumentatius (conclusions) a partir de la fitxa d'observació, associant-los als diferents tipus de connectors de cada text, seria una via de treball per a establir una retroalimentació entre el que els nostres alumnes pensen, escriuen i observen, una via que promouen amb èxit des de fa molt de temps altres autors (Jorba *i al.*, 1998; Sanmartí *i al.*, 2003, Trinidad, 2010).

El *Science Museum Learning* i ofereix documents de suport per aquesta activitat i altres activitats senzilles sobre la naturalesa de la ciència que resultaran útils al lector interessat.

## ENLLAÇOS

ENSI (Evolution and The Nature of Science Institutes). *Nature of Science Lessons*.  
<http://www.indiana.edu/~ensiweb/natsc.fs.html>  
 (Activitats d'Indagació)

Science Museum Learning. *Talk Science, contemporary science discussion for the classroom*.  
<http://www.talkscience.org.uk/>

Projecte C3 de Creació del Coneixement Científic  
<https://sites.google.com/a/xtec.cat/c3/>

Curs de formació "Best Practices in Inquiry-Based Science Education (IBSE): *Hands-on Explorations and Observations Enhanced by Computational Thinking*"  
<http://www.ea.gr/ep/pathway-summer-school/>

## REFERÈNCIES

- ACEVEDO DÍAZ, José Antonio (2006). Investigación científica, naturaleza de la ciencia y enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (2), 306-311
- BOGNER, Franz, BOUDALIS, Athanassios, SOTIRIOU, Sofoklis. (Eds.) (2012). *Pathway. Best Practices of Inquiry-Based Science Education. Methods and Activities*. Epinoia, Pallini Attikis, Greece.
- CAAMAÑO, Aureli. (2002). ¿Cómo transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos? *Aula de Innovación Educativa*, 113. 21-26
- CAAMAÑO, Aureli. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? Los trabajos prácticos investigativos. *Alambique*, 70, 83-91.
- DOMÈNECH, Jordi (2013a). Aprenent a escriure i pensar al laboratori. *Articles, Didàctica de la llengua i la literatura*, 59, 95-100.
- DOMÈNECH, Jordi (2013b) Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de las prácticas de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, acceptat, en edició.
- DOMÈNECH, Jordi (2013c). Indagación en el aula mediante actividades manipulativas y mediadas por ordenador. Aportaciones del curso de verano Pathway. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, acceptat, en edició.
- FERNÁNDEZ, Isabel; GIL, Daniel; CARRASCOSA, Jaime; CACHAPUZ, Antonio i PRAIA, João. (2002). "Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza". *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- OSBORNE, Jonathan i DILLON, Justin. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. Report to the Nuffield Foundation.
- JORBA, Jaume, GÓMEZ i Isabel, PRAT, Àngels. (1998). *Parlar i escriure per aprendre*. Barcelona. ICE.
- SANMARTÍ, Neus. (Coord.) (2003) *Aprendre ciències tot aprenent a escriure ciència*. Edicions 62, Barcelona.
- TRINIDAD; Óscar. (2010) Producción de argumentaciones escritas en las clases de física. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales* 63, 50-56

## AGRAIMENTS

Experiència realitzada en el marc del grup LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències), grup de recerca consolidat (referència 2009SGR1543) per l'AGAUR (Agència d'Ajuts Universitaris i de Recerca) i finançat per la Dirección General de Investigación, Ministerio de Educación y Ciencia (referències EDU-2009-C02-02 i EDU-2012-38022-C02-02). L'autor també agraeix la concessió de l'ajut Comenius 2012-1-ES1-COM02-46432 per a l'assis-

tència al curs *Best Practices in Inquiry-Based Science Education (IBSE): Hands-on Explorations and Observations Enhanced by Computational Thinking (Comenius GR-2012-174-001 Summer Course)* i el recolzament dels formadors del curs, entre ells la Dra. Fani Stylianidou i el Dr. Robert Pannoff, a més dels organitzadors del curs, el Dr. George Neofotistos i el Dr. Sofoklis Sotiriou. Aquest article ha estat redactat com a part de les activitats de desenvolupament d'accions didàctiques a partir dels aprenentatges del curs (*Action Plan*).