

Com fer servir l'estadística com a eina STE(A)M

Lourdes Rodero de Lamo

Departament d'Estadística i Investigació Operativa

Universitat Politècnica de Catalunya

lourdes.rodero@upc.edu

Resum

L'any 2010 el professor Pedro Delicado va importar un concurs d'estadística provinent de la Universitat Complutense de Madrid. En principi, l'objectiu del concurs era promocionar l'estadística en l'àmbit de la secundària i el batxillerat per tal d'apropar la disciplina i fer conèixer els alumnes de la carrera d'Estadística. Ben aviat es va demostrar que el concurs anava més enllà, molts professors de secundària i batxillerat van adonar-se de la potència de l'eina i es van començar a veure treballs on es creuaven disciplines i es feia servir l'estadística com a eina multidisciplinària.

L'any 2016 l'organització del concurs va passar a les mans de la professora Lourdes Rodero, que ha continuat treballant-hi fins a l'actualitat intentant que cada cop més aquest concurs es vegi com una eina STE(A)M, acrònim anglès que engloba les disciplines educatives següents: Science (ciència), Technology (tecnologia), Engineering (enginyeria), Art (art) i Mathematics (matemàtiques) per al foment de l'ús de l'estadística com a eina interdisciplinària a les aules.

En aquest document es mostraran exemples d'experiències d'aplicació de l'estadística com a eina STE(A)M que poden servir d'inspiració per aplicar-les a l'aula tot fent de l'aprenentatge de l'estadística una tasca divertida i amb utilitat quan es barreja amb altres disciplines.

Abstract

In 2010, Professor Pedro Delicado introduced a statistics competition from the Complutense University of Madrid. Originally, the aim of the competition was to promote statistics in secondary and high school to bring the discipline closer for these students. It soon proved that the competition went further, and many high school teachers soon realized the power of the tool and began to work in topics where other disciplines applied statistics as a multidisciplinary tool.

In 2016 Professor Lourdes Rodero succeeded Pedro in the organization of the contest, who carried on the development of the event. Today this contest is being positioned as a STE(A)M tool for the use of statistics as an interdisciplinary tool in classrooms around the country.

This paper will show examples of experiences of applying statistics as a STE(A)M tool that can serve as inspiration to apply them in the classroom by making learning statistics a fun and useful task when mixed with other disciplines.

1. Introducció

L'estadística és una ciència interdisciplinària que té com a objectius principals planificar la recollida de dades adients per respondre a una determinada qüestió i transformar aquestes dades en informació per a la presa de decisions, en concret per donar resposta a les preguntes formulades inicialment.

L'estudi de l'estadística està breument incorporada al currículum de secundària (també podríem trobar-la en el currículum de batxillerat), especialment la part de probabilitat i la definició d'estadístics descriptius. Moltes vegades aquesta part és menystinguda en les escoles perquè és la part del final del temari i moltes altre vegades ho és per la falta d'idees dels docents sobre com explicar aquest tema a l'aula.

Taula 1. Part del currículum de secundària amb referència a la probabilitat i l'estadística.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Gráficos y parámetros estadísticos. Recogida y clasificación de datos cualitativos y cuantitativos. Construcción de tablas de frecuencias absolutas y relativas. Iniciación intuitiva a las medidas de centralización: la media aritmética, la moda y el rango. Realización e interpretación de gráficos sencillos: diagramas de barras, poligonales y sectoriales. Análisis crítico de las informaciones que se presentan mediante gráficos estadísticos. Carácter aleatorio de algunas experiencias. Iniciación intuitiva al cálculo de la probabilidad de un suceso.	1. Recoger y registrar una información cuantificable, utilizando algunos recursos sencillos de representación gráfica: tablas de datos, bloques de barras, diagramas lineales, comunicando la información. 2. Realizar, leer e interpretar representaciones gráficas de un conjunto de datos relativos al entorno inmediato. 3. Hacer estimaciones basadas en la experiencia sobre el resultado (posible, imposible, seguro, más o menos probable) de situaciones sencillas en las que intervenga el azar y comprobar dicho resultado. 4. Observar y constatar que hay sucesos imposibles, sucesos que con casi toda seguridad se producen, o que se repiten, siendo más o menos probable esta repetición. 5. Identificar, resolver problemas de la vida cotidiana, adecuados a su nivel, estableciendo conexiones entre la realidad y las matemáticas y valorando la utilidad de los conocimientos matemáticos adecuados y reflexionando sobre el proceso aplicado para la resolución de problemas.	1.1. Identifica datos cualitativos y cuantitativos en situaciones familiares. 2.1. Recoge y clasifica datos cualitativos y cuantitativos, de situaciones de su entorno, utilizándolos para construir tablas de frecuencias absolutas y relativas. 2.2. Aplica de forma intuitiva a situaciones familiares, las medidas de centralización: la media aritmética, la moda y el rango. 2.3. Realiza e interpreta gráficos muy sencillos: diagramas de barras, poligonales y sectoriales, con datos obtenidos de situaciones muy cercanas. 3.1. Realiza análisis crítico argumentado sobre las informaciones que se presentan mediante gráficos estadísticos. 4.1. Identifica situaciones de carácter aleatorio. 4.2. Realiza conjeturas y estimaciones sobre algunos juegos (monedas, dados, cartas, lotería). 5.1. Resuelve problemas que impliquen dominio de los contenidos propios de estadística y probabilidad, utilizando estrategias heurísticas, de razonamiento (clasificación, reconocimiento de las relaciones, uso de contraejemplos), creando conjeturas, construyendo, argumentando, y tomando decisiones, valorando las consecuencias de las mismas y la conveniencia de su utilización. 5.2. Reflexiona sobre el proceso de resolución de problemas: revisando las operaciones utilizadas, las unidades de los resultados, comprobando e interpretando las soluciones en el contexto, proponiendo otras formas de resolverlo.

Però es pot arribar a assolir els objectius proposats de manera divertida i inclús aprofitar per ensenyar l'estadística com una eina interdisciplinària i, per tant, connectada amb la metodologia STE(A)M?

Això faria que, a més, es veiés l'estadística com una eina útil per donar resposta a qüestions relacionades amb el món real i, sobretot, que es veiés com una tècnica del mètode científic, com es pot veure a la figura 1. Com es diu a [1], l'estadística té el potencial per facilitar la integració de les diferents disciplines incloses en el concepte STE(A)M.

L'acrònim STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) és utilitzat per primera vegada per la Fundació Nacional de Ciències dels Estats Units d'Amèrica [2][3][4]. La definició exacta dels camps que estan inclosos en aquesta disciplina varia entre les diferents organitzacions, però inclou les matemàtiques i, sobretot, l'estadística i les seves aplicacions. Quan parlem d'educació STE(A)M (afegint-hi la A en referència a l'art), estem parlant de desenvolupar competències relacionades amb la ciència, la tecnologia, l'enginyeria, l'art i les matemàtiques i l'estadística entre els joves amb l'objectiu d'incrementar les seves habilitats i el seu gust per aquests camps.

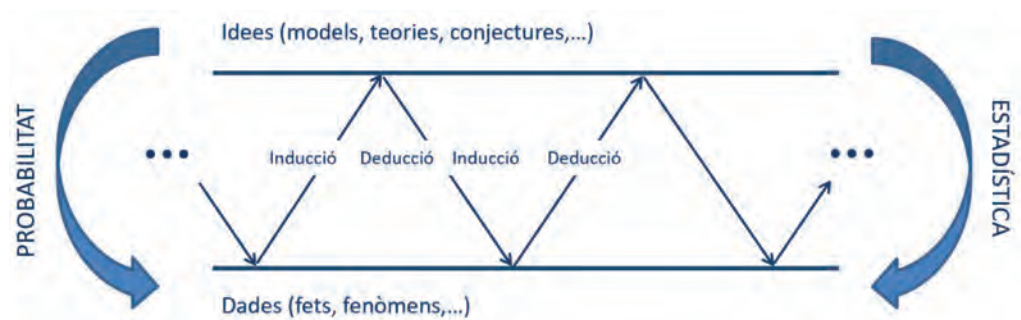


Figura 1. L'estadística i la probabilitat com a tècnica del mètode científic.

A continuació presentem experiències desenvolupades en el marc del concurs Planter i Sondeig d'Experiments que poden servir d'inspiració a l'hora de construir casos d'ús propi on es treballen conceptes estadístics a l'entorn d'un problema real que sovint està relacionat també amb una altra disciplina.

2. El concurs Planter de Sondeigs i Experiments

Des del curs 2006-2007 l'Escola Universitària d'Estadística de la Universitat Complutense de Madrid convoca el Certamen Incubadora de Sondeos, amb la professora María José Narros al capdavant. Hi participen grups d'estudiants d'ensenyament secundari amb treballs que consisteixen en l'elaboració d'una enquesta sobre un tema d'actualitat, l'anàlisi de les dades obtingudes i la presentació dels resultats. Les convocatòries han aconseguit un èxit de participació, tant pel nombre de treballs presentats com pel nombre d'estudiants involucrats.

Durant el curs 2009-2010 a la Facultat de Matemàtiques i Estadística de la Universitat Politècnica de Catalunya es va considerar oportú convocar a Catalunya un concurs amb unes característiques similars i és per això que es va posar en marxa el primer concurs Planter de Sondeigs i Experiments sota l'organització del professor Pedro Delicado. I des del curs 2010-2011 van organitzar el Planter de Sondeigs i Experiments de manera conjunta les tres facultats de Catalunya que ofereixen estudis de grau d'estadística: la Facultat de Matemàtiques i Estadística (FME) de la UPC, la Facultat d'Economia i Empresa de la UB i la Facultat de Ciències de la UAB.

Aquest concurs té com a objectiu principal despertar en els alumnes la curiositat per l'estadística com a eina fonamental de recerca, tant en ciències experimentals com en ciències socials, i també incentivar la tasca educativa en aquesta àrea de coneixement que es porta a terme en els centres de secundària.

Ja n'hem fet dotze edicions i hi ha en marxa la de l'any 2022. El nombre de treballs presentats està entre els 50 (edició marcada per la pandèmia) i els 180, i impliquen entre 20 i 40 centres d'arreu del territori, que aporten la participació d'entre 150 a 500 estudiants i d'entre 20 a 60 professors.

3. La relació entre el concurs i l'eina STE(A)M

Es pot copsar que els treballs que es presenten al concurs Planter i Sondeig d'Experiments poden ser vistos com una eina STE(A)M per introduir l'estadística i la probabilitat de manera amena i divertida i, en molts casos, apropant-se a altres disciplines, ja que clarament és una eina transversal.

En aquest article veurem alguns exemples de treballs guanyadors del concurs que poder ser considerats com a exemples motivadors per ser aplicats a les aules o bé directament o bé amb alguna adaptació.

Com ja hem vist a la taula 1, el currículum de secundària, per exemple, toca diferents aspectes de la probabilitat i l'estadística. Es tracta, doncs, de veure com podem treballar aquests temes de manera divertida i amena.

Aquests exemples mostren el procediment observat a la figura 1 i ens poden servir d'inspiració a l'hora de preparar alguna activitat similar que ajudi, per exemple, a entendre els conceptes **probabilístics** (deducció estadística), així com l'anàlisi d'enquestes i la recollida de dades que porten a procediments **estadístics inductius**, que fan ús d'eines descriptives, de l'estimació de paràmetres i de representacions diverses.

També, en cas d'emprar el camí **experimental**, es pot creuar amb disciplines tècniques i pot ajudar també a comprendre resultats de la física, la química, la biologia, etc.

I, per acabar, es poden utilitzar dades ja recollides en l'àmbit de l'**estadística oficial**.

4. Experiències guanyadores en el concurs

4.1. Exemple d'aplicació per tractar conceptes probabilístics

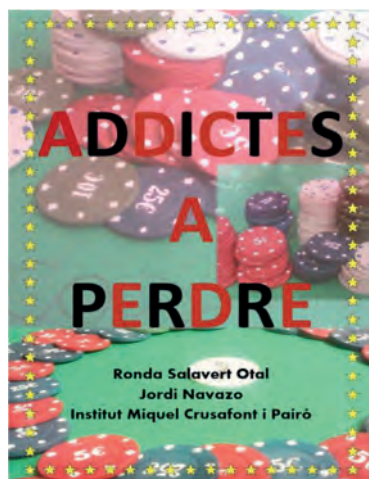


Figura 2. Treball *Addictes a perdre*, guanyador l'any 2015.

El treball mostrat a la figura 2 va ser el treball guanyador a la categoria de Batxillerat i va aconseguir una menció a la fase nacional del concurs. El va fer Ronda Salavert i el seu tutor va ser Jordi Navazo, de l'IES Miquel Crusafont i Pairó, de Sabadell.

La idea del treball és investigar si és possible trobar un mètode guanyador per guanyar en un casino. El punt de partida és la pel·lícula *Los Pelayos*, que ens mostra com una família va trobar la manera d'enriquir-se amb la ruleta.

L'activitat es pot iniciar amb el visionament de la pel·lícula per comentar tant la metodologia emprada com els càlculs probabilístics que caldria fer per calcular-ne les probabilitats de guany, com es pot veure a la taula 2.

Taula 2. Càlcul de probabilitats en l'entorn d'una ruleta.

Si s'ha apostat per un color, parells o imparells, de 1 a 18 o de 19 a 36.	Si toca es donarà al guanyador la mateixa quantitat de diners que ha apostat. ($18/36 = 1/2$)
Si s'ha apostat per una columna o per una dotzena.	Si toca es donarà al guanyador el doble del que hagi apostat. ($12/36 = 1/3$)
Si s'aposten per 4 números adjacents.	Es dona al guanyador vuit vegades el que havia apostat. ($4/36 = 1/9$)
Si apostem a dos números adjacents.	Es dona al jugador premiat 17 vegades el que havia apostat. ($2/36 = 1/18$)
Si s'aposta a un únic número.	El premi són 35 vegades el que havíem apostat. ($1/36$)

Després de treballar els conceptes probabilístics, en aquest exemple es va decidir resoldre el problema simulant els resultats del joc a partir d'una estratègia d'apostes donada. Aquesta estratègia, també coneguda com a *estratègia martingala*, consistia a començar a jugar amb 1.000 € i a partir d'una primera aposta de 100 € anar doblant la quantitat que calia apostar fins a, o bé tornar a tenir els diners inicials, 1.000 €, o bé perdre-ho tot.

Per definir el programa de simulació calia establir exactament els conceptes de jugada, partida, èxit, fracàs, benefici i preu per partida, així com construir un arbre probabilístic de possibilitats. En aquest cas, el programa es va formular amb el programari R, per la qual cosa, a més, es va poder treballar l'aprenentatge d'aquesta eina. Es van simular fins a 10.000.000 de partides a la ruleta.

Què aprèn l'estudiant?

Conceptes probabilístics, concepte de simulació i de diferents escenaris o estratègies. Valor esperat de guany (benefici). Execució de simulacions. Programari R. Aplicació d'una simulació per a la presa de decisions (surt a compte jugar?).

Que no surt a compte, jugar en un casino!

4.2. Exemple d'aplicació per respondre preguntes partint de dades

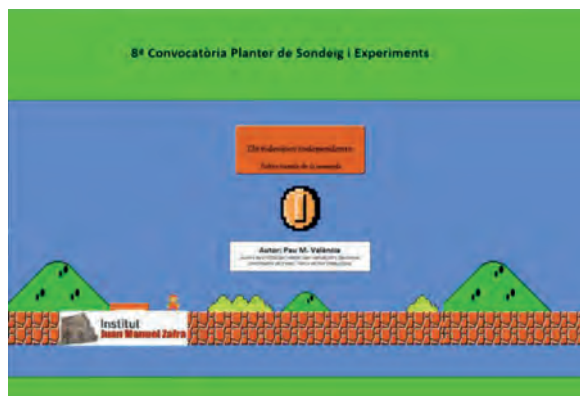


Figura 3. Treball *Els videojocs independents*, guanyador l'any 2017.

El treball mostrat a la figura 3 va ser el guanyador a la categoria de 3r i 4t d'educació secundària obligatòria (ESO) l'any 2017. El va fer Pau M. València i la seva tutora va ser Maria del Pilar Menoyo, de l'IES Juan Manuel Zafra, que actualment es denomina IES Caterina Albert, de Barcelona.

En aquest treball la idea és donar resposta a una pregunta: tenen cabuda en el mercat els videojocs independents davant els altres? Aquesta pregunta va plantejar-la l'estudiant, que tenia un gran interès en el tema perquè volia encaminar el seu futur cap a aquesta disciplina: la programació de videojocs.

Com es pot respondre a la pregunta? Partint de dades. Hi ha dues possibilitats a l'hora d'obtenir dades:

1. Consultar una base de dades sobre videojocs STREAMSPY, molt coneguda en el camp dels videojocs.
2. Construir una pròpia base de dades a partir d'enquestes realitzades a gent de l'entorn.

Amb les dades ja existents de la base de dades STREAMSPY es va poder respondre a preguntes sobre el percentatge de propietaris de videojocs independents, així com sobre les vendes en euros de cadascun d'ells i les plataformes més emprades per jugar a aquest tipus de jocs. Es van fer servir indicadors estadístics com la mitjana i les desviacions tipus, els percentatges i també gràfics descriptius com els diagrames de barres o de sectors per resumir la informació i donar resposta a les preguntes plantejades.

Per construir la base de dades pròpia, en primer lloc cal calcular el nombre d'enquestes que s'han de dur a terme. Es fa servir la teoria del mostreig estadístic per calcular quina mida mostral cal per poder fer les estimacions pertinents amb un determinat marge d'error. A partir d'aquí es dissenya un qüestionari i es passa al nombre de persones determinat pels càlculs. Amb les dades recollides es va poder respondre a preguntes sobre el coneixement del públic general sobre els videojocs independents, fent servir les mateixes eines estadístiques que en l'apartat anterior.

Què aprèn l'estudiant?

Estadístics descriptius bàsics: percentatges, mitjanes, desviacions tipus. Gràfics descriptius de barres i de sectors. Càlculs de les mides mostrals, representativitat de la mostra, construcció de formularis i recollida de dades.

Que hi ha futur, en la creació de videojocs independents!

4.3. Exemple d'aplicació emprant una estratègia experimental



Figura 4. Treball *Cargols silvestres versus cargols de granja*, guanyador l'any 2018.

El treball mostrat a la figura 4 va ser el treball guanyador a la categoria de 1r i 2n d'ESO l'any 2018 i va ser també guanyador a la fase nacional del concurs. El van fer Queralt Santacreu, Raquel Martín, Pau Buscall i Aran Capdevila i la seva tutora va ser Sílvia Salvador, de l'Institut Serra de Noet, de Berga. En trobareu una descripció al número 47 de *NouBiaix* [5].

En aquest treball es van unir conceptes de tres assignatures diferents: **ciències**, on s'estava estudiant la funció de relació en els éssers vius, en concret com responien els cargols davant de diferents estímuls; **física**, on s'estava treballant el tema de la cinemàtica, i **matemàtiques**, on tocava començar a fer estadística. D'aquests tres conceptes va sortir la idea de fer un estudi estadístic experimental sobre la velocitat de desplaçament dels cargols davant un estímulo (enciam).

El primer que es va fer va ser definir un procediment experimental consistent a:

1. Buscar cargols silvestres i cargols de granja i etiquetar-los convenientment.
2. Pesar els cargols per saber-ne «la mida».
3. Posar els cargols dels dos tipus en una safata davant l'estímul (enciam).
4. Cronometrar el temps que triga cada cargol a arribar a l'enciam.
5. Calcular la velocitat del cargol.

Procediment experimental

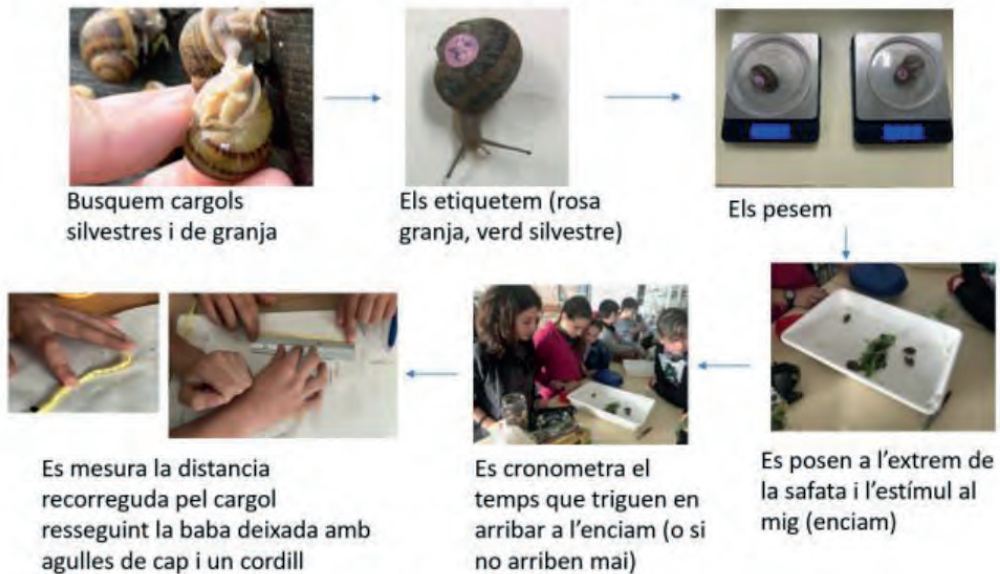


Figura 5. Procediment experimental de recollida de dades dels cargols.

En aquest procediment experimental, que es pot veure a la figura 5, va caldre reflexionar sobre com s'havia de mesurar la distància recorreguda pels cargols en el temps determinat (punt 5 del procediment), ja que els cargols no anaven el línia recta, i es va arribar a la conclusió que es resseguiria amb agulles de cap i un cordill la baba deixada pels cargols.

Un cop recollides les dades, es va intentar verificar una sèrie d'hipòtesis; en concret, que els cargols silvestres són més ràpids, més grans i que responen tots a l'estímul, a diferència dels cargols de granja. Hi ha algunes hipòtesis que no es van poder validar, com, per exemple, que el pes del cargols no determina si són més o menys ràpids.

Per contrastar les hipòtesis plantejades es van calcular estadístics descriptius bàsics per a la velocitat dels cargols, com ara la mitjana, la mediana, la moda, la desviació tipus, el coeficient de variació i el rang per als dos tipus de cargols.

Què aprèn l'estudiant?

Construcció d'un experiment des de zero per prendre dades que serveixin per validar certes hipòtesis plantejades. Que mesurar no és fàcil i que s'han de pensar procediments tan objectius com sigui possible per recollir les dades necessàries. Estadístics descriptius bàsics: percentatges, mitjanes, medianes, modes, desviacions tipus, rangs i coeficients de variació.

Que els cargols silvestres són més ràpids per menjar-se l'enciam que els de granja!

4.4. Exemple d'aplicació per a l'anàlisi de dades oficials



Figura 6. Treball *El nom dels 1000 cognoms*, guanyador l'any 2013.

El treball mostrat a la figura 6 va ser el guanyador a la categoria IDESCAT. Va ser fet per Neus Bock, Meritxell Heras, Sara Trabado i Miquel Parera i la seva tutora va ser Lucía Bayo, de l'Institut Sant Quirze del Vallès.

En aquest treball es presenta l'anàlisi d'una base de dades d'estadística oficial provinent o bé de l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT) o bé de l'Instituto Nacional de Estadística (INE). En concret, en aquest treball es volia conèixer si la distribució dels noms i cognoms en un poble era similar o no a la de Catalunya, establint un procediment per trobar pobles «amb distribucions atípiques de cognoms» respecte a la mitjana catalana. Es van emprar diagrames de barres i de sectors i també estadístics descriptius bàsics i percentatges per fer les comparatives.

Què aprèn l'estudiant?

Consultar i analitzar bases de dades oficials que es poden descarregar des de les pàgines web dels instituts d'estadística (IDESCAT i INE). Estadístics descriptius bàsics: percentatges, mitjanes, desviacions tipus. Gràfics descriptius de barres i de sectors.

Que a Sant Quirze els cognoms no són tan diferents dels de Catalunya!

5. Conclusions

Es poden plantejar treballs interdisciplinaris que cobreixin les competències especificades en el currículum d'ESO fent que l'assoliment dels conceptes estadístics sigui divertit i aportant una visió realista de l'ús de l'estadística. En moltes ocasions es poden treballar també altres disciplines. Això fa d'aquests treballs uns bons exemples d'eines amb metodologia STE(A)M.

Els treballs es poden plantejar des d'una vessant més experimental, des de l'anàlisi d'una base de dades o inclús amb la recollida de dades mitjançant el disseny d'un qüestionari propi. Es poden tractar també temes probabilístics i fer-los igualment divertits.

Cal fomentar l'estadística com a part important del coneixement científic i veure-la com una eina interdisciplinària que dona resposta a problemes reals.

Si voleu més informació sobre el concurs i també més experiències guanyadores, consulteu [5].

Bibliografia

- [1] Watson, J.; Fitzallen, N.; Chick, H. (2020). «What Is the Role of Statistics in Integrating STEM Education?». A: Anderson, J.; Li, Y. (eds.). *Integrated Approaches to STEM Education. Advances in STEM Education*. Nova York: Springer.
- [2] Pàgina web de la National Science Foundation: www.nsf.gov.
- [3] White, D.W. (2014). «What Is STEM Education and Why Is It Important?», *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1-9.
- [4] Smith, C.; Fitzallen, N.; Watson, J.; Wright, S. (2019). «The Practice of Statistics for STEM: Primary Students and Pre-Service Primary Teachers Exploring Variation in Seed Dispersal», *Teaching Science*, 65(1), 38-47.
- [5] Argerich, I.; Salvador, S. (2020). «l'estadística, què?», *NouBiaix*, 47, 4-18.
- [6] Pàgina web del concurs Planter de Sondeig i Experiments: fme.upc.edu/ca/concurs_Planter.

.....