

El mundo digital y el método científico

Figure 1: Introducción

Este documento resume el contenido de la ponencia “Método y estrategias de investigación en el ámbito de las Ciencias experimentales y naturales”, celebrada el día 6 de Abril de 2019 en Zaragoza incluida en las III Jornada “Método científico y estrategias de investigación en el aula, de lo analógico a lo digital. Seguridad y privacidad en el uso de las TIC” (<http://competenciasinformacionalydigital.catedu.es/iii-jornada-metodo-cientifico-y-estrategias-de-investigacion-de-lo-analogico-a-lo-digital-seguridad-y-privacidad-en-el-uso-de-las-tic/blq-3-tratamiento-de-la-informacion/>) perteneciente al Programa Experimental para el Desarrollo de las Competencias Informacional y Digital, organizado por el Gobierno de Aragón.

Ponente: Valentín Alba Aparicio (valentin.alba@pas.uned.es)

INTRODUCCIÓN:

Esta exposición está dirigida al profesorado de primaria y secundaria con el objetivo de compartir y mostrar, con algunos ejemplos sencillos, cómo la tecnología actual puede ser usada para acercar, facilitar y transmitir el método científico en el aula.

Recientemente se está despertando un creciente interés por ir introduciendo el método científico a edades muy tempranas de la enseñanza (Gerde, Schachter, and Wasik 2013), sobretodo, gracias al acceso a recursos pedagógicos a través de las nuevas tecnologías y a un coste muy reducido.

Con el fin de adecuar, tanto el contenido, como el lenguaje empleado en la elaboración de esta presentación, se entrevistó al equipo docente de algunos centros educativos que llevan años de experiencia haciendo uso de la pizarra digital interactiva (PDI) y de las tabletas digitales dentro del aula.

La mayoría de los recursos didácticos implementados en estos centros eran servicios comerciales de las editoriales educativas o bien de aplicaciones educativas independientes. Y a partir de dicha información, se seleccionaron algunas características pedagógicas de estas aplicaciones con el fin de enmarcarlas como posibles ejemplos de actividades que pudieran potenciar la curiosidad, la capacidad organizativa y la lógica de pensamiento, elementos imprescindibles en el método científico.

Siguiendo el criterio anterior, en esta exposición se ha priorizado el uso de aquellas herramientas de Código Libre y Abierto (FOSS)(FSF 2019) que funcionen en la mayoría de los sistemas operativos **GNU/Linux**, **MS-Windows**, **OSX** y **Android**, principalmente.

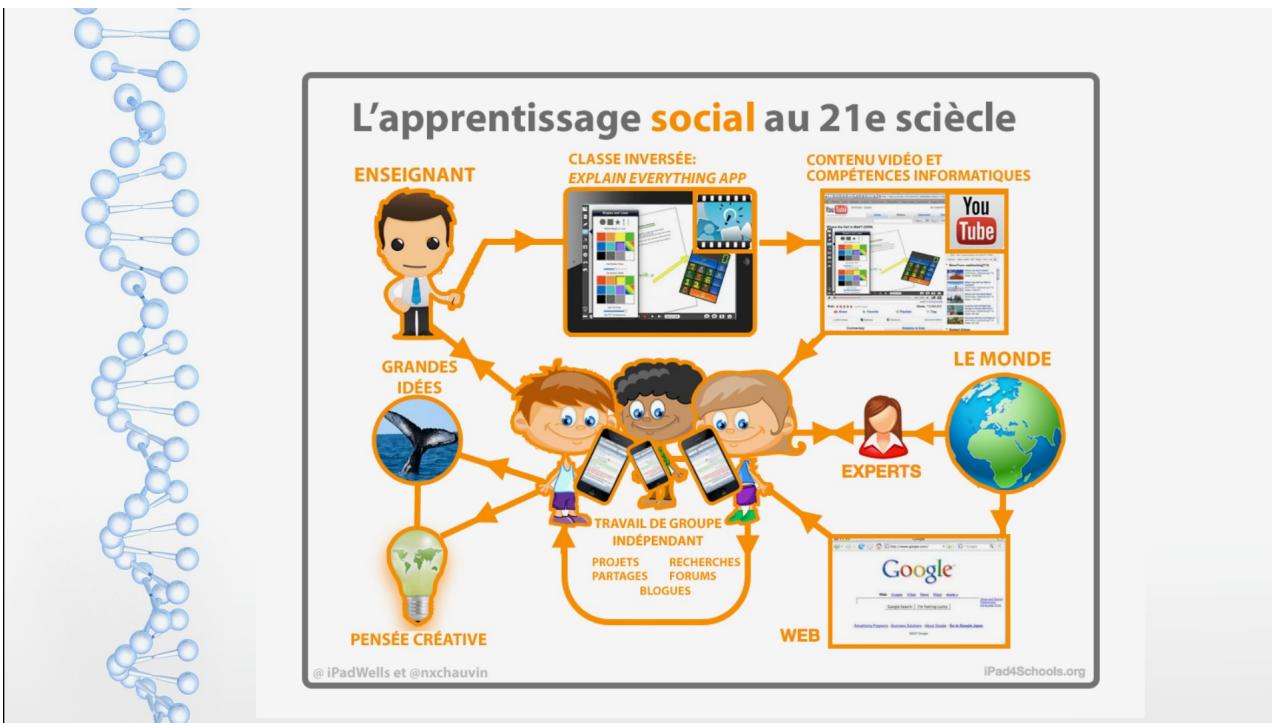


Figure 2: El aula digital. (imagen original de Wells (Wells 2012))

El esquema encontrado entre los distintos centros consultados coincide con el que muestra la figura 1 (Wells 2012).

Básicamente, **el profesor** se enfrenta a buscar y organizar una información digital para usar en la PDI y compartir con sus alumnos. **La información digital debe ser relevante** y adecuada al nivel de enseñanza.

El profesor de primaria suele hacer una selección muy estricta de la información disponible al alumno y la actividad de los alumnos dentro del grupo suele estar siempre moderada dentro del aula mientras se está desarrollando la actividad. Sin embargo, **el profesor de secundaria** suele recomendar algunas fuentes disponibles, pero permite a los alumnos seleccionar otras a su elección. La moderación de la actividad de los chicos suele ser posterior al desarrollo de la misma. Los alumnos se convierten así en **ACTORES CREATIVOS** de su propio aprendizaje al buscar y seleccionar la información.

Por otro lado, la tecnología digital permite que los **alumnos accedan a la información** no solo desde clase, sino **desde casa** y hace posible que trabajen en base a proyectos o lo hagan en formato colaborativo a distancia.

En el modelo de trabajo **basado en proyectos**, los alumnos deben buscar información adicional en internet y compartirlo entre ellos para redactar finalmente un pequeño informe o presentación que refleje la comprensión de la información.

Haciendo uso del **modelo colaborativo**, el profesor establece el rol de los alumnos en el desarrollo de una actividad. Él mismo ayuda de forma presencial a los alumnos a cumplir la función encomendada. El rol de los diferentes alumnos va rotando a medida que cambian las actividades. Se ha detectado que, en ocasiones, el abuso del uso exclusivo de este modelo podría provocar la pasividad de algunos alumnos. Por ello se aconseja ir alternando los 3 diferentes modelos (proyectos, individual y colaborativo).

El objetivo final de ambos modelos de enseñanza es conseguir que se generen conclusiones consensuadas dentro de los grupos y provoquen la aparición de nuevas ideas que fomenten la creatividad del alumno.

Además, el modelo de **clase invertida** permite al alumno introducirse previamente en la enseñanza y repetir las explicaciones cuantas veces necesite.

Por otra parte, se ha detectado una satisfacción en el profesorado debida a que la introducción de sistemas de gestión de enseñanza (LMS) ha agilizado la corrección de las actividades de los alumnos aportando además una estadística de las calificaciones.

El tiempo dedicado anteriormente por el profesor a corregir, se ha convertido ahora en tiempo dedicado a la búsqueda y selección de una variedad de recursos educativos, así como en tiempo para gestionar una base de datos que organice y actualice dichos recursos por niveles y características pedagógicas diferentes.

Según la experiencia de algunos centros, se recomienda no introducir el uso de la tableta digital antes de 3º o 4º de Primaria y el éxito de su implementación depende principalmente de la forma que el profesor haga uso de ella dentro del aula (Dalby and Swan 2019).

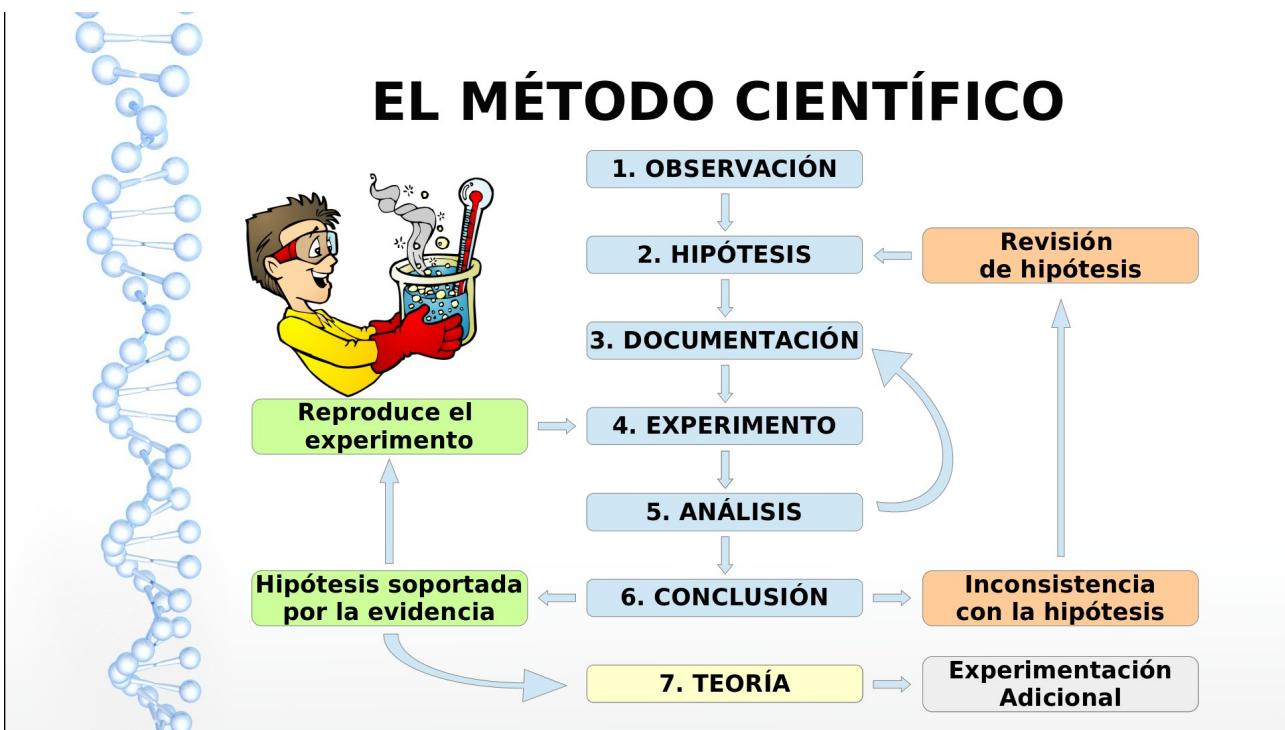


Figure 3: El método científico

La figura 3 muestra un diagrama de flujo del método científico (Gerde, Schachter, and Wasik 2013; CreationWiki.org 2011).

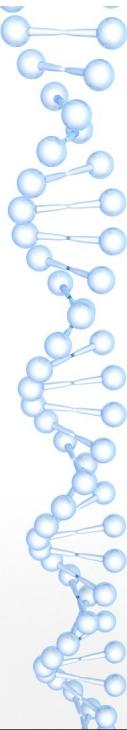
El método científico es el proceso adoptado por la comunidad científica para la creación y ampliación del conocimiento científico¹ y es el fruto de aportaciones de distintos científicos a lo largo de la historia de la Ciencia².

El método científico **no es un proceso lineal** y es posible que durante su proceso de aplicación se reformule la hipótesis de partida, cambie el tipo de experimento aplicable, así como el método de análisis de los datos obtenidos en los experimentos.

Aunque el método científico no garantiza el descubrimiento de una nueva teoría, sí proporciona un marco de trabajo estructurado a través del cual se puede llegar a **conclusiones objetivas** que pueden ser transmitidas a la comunidad científica a través de distintos medios de comunicación (revistas científicas, principalmente). Posteriormente, estas conclusiones pueden ser evaluadas por otros científicos mediante un **lenguaje común**, una **lógica común de pensamiento** y un **modo común de interacción con el universo**.

1 “Conjunto ordenado y coherente de conceptos, propiedades y relaciones empleados en el descubrimiento del universo.”

2 “La exploración de los objetos y fenómenos del universo para desarrollar conceptos, propiedades y relaciones que permitan expresar explicaciones lógicas y comprobadas de estos objetos y fenómenos.”



Acercamiento al pensamiento científico

Series Documentales divulgativas:

- [Cazadores de Mitos](#)
- [Tim's Vermeer](#)

Acceso libre a la información científica:

- [Open Access](#)
- [Internet Archive](#)

Acceso libre a la tecnología:

- [Open Source Hardware](#) (arduino, UDOO)
- [Free and Open Source Software](#) (GNU, FSF)

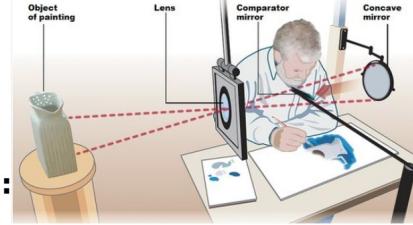




Figure 4: Acercamiento al pensamiento científico

Motivación adicional para fomentar el pensamiento científico dentro del aula

El papel actual de las redes sociales en la distribución de información y el acceso de los jóvenes a dicha información, a edades cada vez más tempranas, está provocando un sentimiento de preocupación colectiva relacionada con temas del medio ambiente y de la salud (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades 2019), principalmente.

Incluso, dentro de la comunidad científica hay actualmente cierta preocupación por la falta de rigor en la aplicación del método (Rubio 2019). Todo ello invita a una reflexión que haga evaluar la necesidad de fomentar desde edades más tempranas las bases del método científico en el aula.

En esta diapositiva, prefiero usar “**pensamiento científico**” como sinónimo de “**pensamiento crítico**”, que es la terminología encontrada normalmente la bibliografía.

Opinión crítica vs. pensamiento científico

La **opinión crítica** (como pensamiento desinformado) nace como una preocupación ante un tipo de información que proviene de una serie de expertos en los cuales la sociedad ha confiado.

Este tipo de pensamiento es común en aquella parte de la sociedad que normalmente evita involucrarse en la corrección de dicha información.

La actitud del receptor de la información es, en estos casos, **pasiva o de mero espectador**.

En el **pensamiento científico**, el receptor de la información desea profundizar más para conocer mejor el origen, veracidad y alcance de la misma. **La actitud del receptor** de la información, en este caso, tiende a adoptar un rol **activo o de actor**.

Actualmente tenemos a nuestro alcance diversos recursos educativos orientados a despertar el interés por el método científico y a su vez, facilitar el tránsito desde el pensamiento crítico al pensamiento científico:

- **Series documentales divulgativas** que describen cómo la aplicación del método científico ha resuelto la veracidad de leyendas y creencias de la cultura popular, o bien, ha resuelto incógnitas que llevaban años sin ninguna respuesta coherente:
 - Cazadores de Mitos (<https://es.wikipedia.org/wiki/MythBusters>)
 - Tim's Vermeer (https://en.wikipedia.org/wiki/Tim's_Vermeer)
- El **acceso abierto a la documentación científica**, bien a través de la iniciativa Open Access (<https://doaj.org/>) (DOAJ 2019) o a través de bibliotecas digitales de acceso público como Internet Archive (<https://archive.org/>) (Archive 2019, 1996)
- El acercamiento a la filosofía **Open Source**, tanto *hardware* (https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_open-source_hardware_projects), como *software* (https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_free_and_open-source_software_packages), que permite usar y desarrollar herramientas muy fiables porque ya han sido probadas por una comunidad de usuarios muy numerosa. Además, se fomenta el espíritu colaborativo donde las correcciones de los fallos pueden ser corregidas por cualquier persona con conocimientos adecuados (normalmente son proyectos que se han gestado en la universidad).

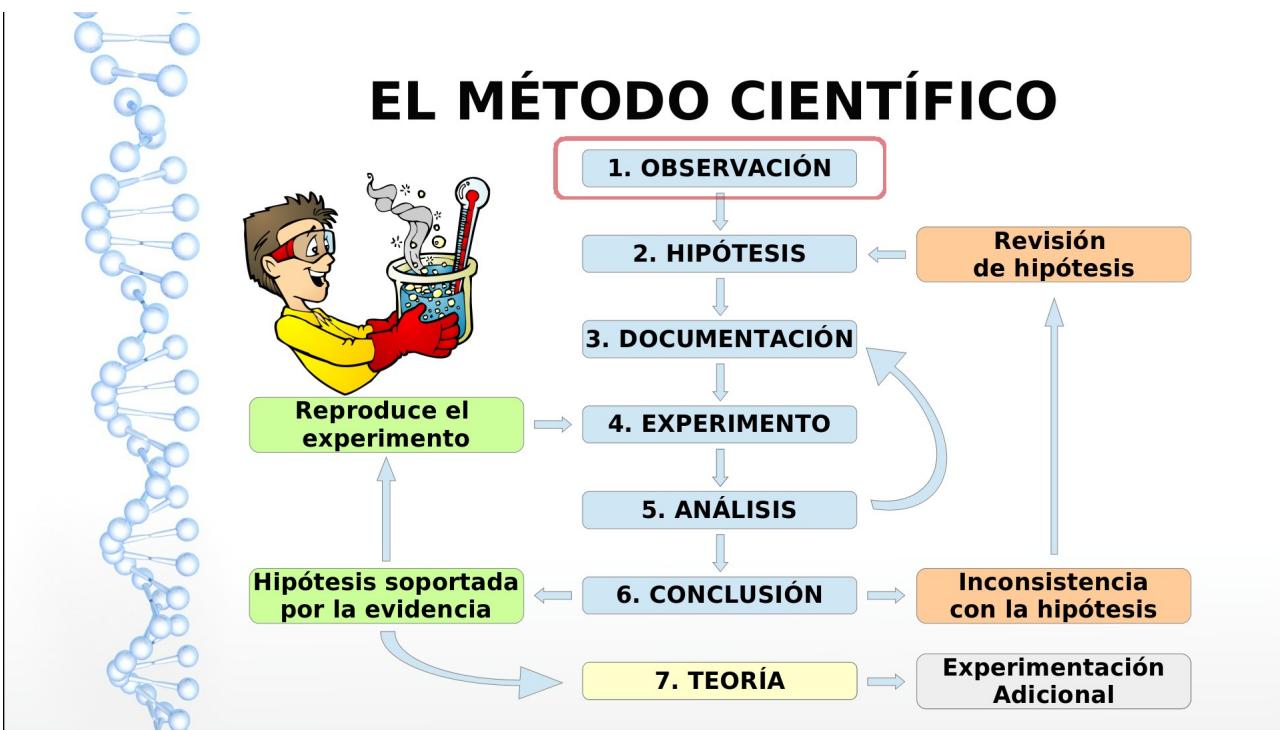


Figure 5: La etapa de Observación

La primera etapa del método científico es la Observación de la realidad.

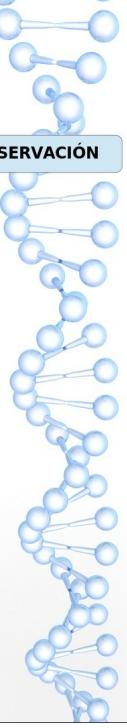
El **científico joven** suele iniciar su viaje considerando la realidad como algo que puede ser explicado y comprendido mediante un lenguaje lógico y razonado al que llamamos matemáticas. Cuando el **científico crece** suele cambiar de perspectiva y llega a considerar la realidad como una consecuencia de unas matemáticas subyacentes. Desde esta perspectiva, **la realidad que nos rodea** es considerada ahora **como un gran laboratorio matemático**.

De entre todas las cualidades que se gestan en la infancia, Einstein remarcó la capacidad de asombro cuando su padre le mostró una brújula a los 4 o 5 años y consideró dicha experiencia como una de las impresiones más profundas y duraderas en su niñez (Weinstein 2012).

Esta capacidad de **asombro es un proceso de sintonía** donde la sensibilidad del niño empatiza **con la realidad**, permitiéndole sentir la belleza y armonía que le rodea (L'Ecuyer 2014).

El alcance del asombro supera la curiosidad porque **asombrarse significa “nunca dar nada por sentado”** incluso aquello que ya se conoce (L'Ecuyer 2014).

El asombro es el centro de motivación del niño y es lo que le lleva a la curiosidad y a hacerse preguntas y por este motivo, **el asombro es la cualidad más importante para que se produzca la etapa de hipótesis**.



LA IMAGEN

1. OBSERVACIÓN

- Descripción principal del mundo real y su entorno.

HERRAMIENTAS:

- Realidad aumentada: [Virtuali-Tee](#)
- Editor de infografías: [Thinglink](#)
- Editor gráfico vectorial: [Krita](#)



Vermeer - Young Woman with a Water Pitcher

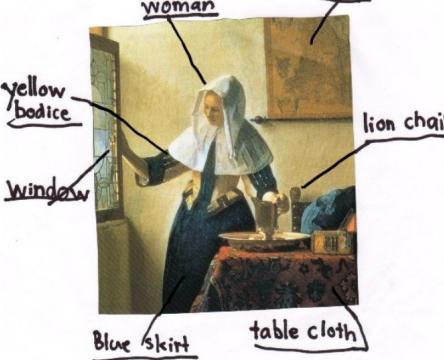


Figure 6: La imagen

No es de extrañar que la imagen sea el elemento descriptivo más común para comprender y explicar nuestra relación con el universo al ser la vista el sentido principal con el que percibimos la realidad que nos rodea.

A continuación, se enumeran algunas actividades que podrían aumentar la sensibilidad del alumno y que están diseñadas para potenciar esta etapa de Observación:

- Identificación de los objetos.
- Descripción de objetos de forma que el alumno amplíe su vocabulario y lo incorpore a su diccionario personal.
- Descripción de características de los diferentes objetos y zonas de la imagen (color, acción, posición...).
- Modificación de la imagen en caso necesario para resaltar un detalle.

Para todo ello, hay disponibles una serie de herramientas que permiten al alumno generar este tipo de pictogramas.

Algunos ejemplos de aplicaciones diseñadas **para alumnos de primaria** serían:

- Realidad aumentada: [Virtuali-Tee](#), [My Incredible Body](#).
- Editor de infografías: <https://www.thinklink.com>, <https://piktochart.com/>, <https://padlet.com/> .

Para alumnos de secundaria, podría usarse cualquier editor de gráficos vectoriales como [Krita](#) (<https://krita.org/>) para la elaboración de **Cuadernos de Campo** (**Field Guide Scrapbook**), por ejemplo.

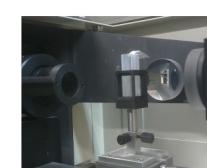
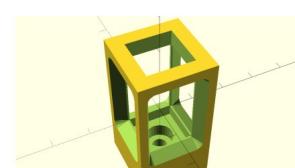


IMPRESIÓN 3D

1. OBSERVACIÓN

PROCESO:

```
1 // DEFINICIÓN DE PARÁMETROS //
2
3 // Dimensiones
4
5 window_length = 100;
6 window_width = 100;
7 window_width_repaired = window_width - 0.001;
8
9 // Otros parámetros
10
11 frame_thickness = 5;
12 frame_height = window_height / 2 * frame_thickness;
13 frame_width = window_width / 2 * frame_thickness;
14 frame_width_repaired = frame_width - 0.001;
15
16 // Altura de la base
17 chamber = 5;
18 level_width_base_thickened = chamber + frame_width;
19 level_height = 25;
20
21 // Cierre
22
23 // Salida
24
```



Código fuente → Objeto vectorial (STL) → Objeto impresora (gcode)

HERRAMIENTAS:

- Editor 3D vectorial: [OpenSCAD](#)
- Base de objetos: [Thingiverse](#)

Figure 7: La impresión 3D

La aparición de impresoras que permiten imprimir objetos tridimensionales ha abierto nuevas posibilidades en el currículum de la enseñanza en primaria y secundaria (Santos, Ali, and Areepattamannil 2019). ([Impresión 3D en la escuela](#))

El alumno puede ahora manipular objetos diseñados por el profesor, aprender a imprimirlas, modificar dichos objetos o diseñarlos desde el principio.

En la actualidad, la impresión 3D es un proceso relativamente lento, aunque de fácil adquisición y coste reducido.

El proceso completo de impresión 3D requiere de 3 fases:

- **Conceptualización:** A través de un programa CAD se construye el modelo usando figuras geométricas más sencillas. En esta fase se obtiene un fichero de texto o código fuente.
 - **Diseño:** El código fuente es compilado (traducido) dando como resultado un fichero STL que representa un objeto vectorial tridimensional que puede ser posteriormente, girado, trasladado, modificado (aumentado, disminuido, distorsionado...) o, incluso, mezclado con otros objetos STL para construir diseños STL más complejos.
 - **Laminado:** Al objeto STL final (simple o compuesto) se le añaden unos parámetros estructurales (densidad interna, entramado, grosor de capa, materiales a usar...) que definirán su rigidez y propiedades físicas. Este proceso genera un nuevo fichero vectorial gcode que contiene todos los parámetros de impresión necesarios. El formato de este fichero suele incorporar características propias de la impresora que usamos y no suele ser apropiado para otras impresoras.

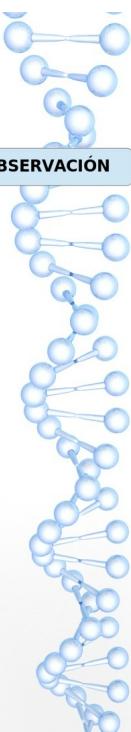
Herramientas:

Aunque existen muchas aplicaciones y comunidades, se destacan aquellas herramientas que más apuestan por un modelo colaborativo con licencia GPL:

- Editor 3D vectorial: [OpenSCAD](http://www.openscad.org/) (<http://www.openscad.org/>)
 - Base de objetos: [Thingiverse](https://www.thingiverse.com/) (<https://www.thingiverse.com/>)

Otras herramientas:

- Comparación de editores CAD: https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_computer-aided_design_editors
 - Listado de comunidades de impresión 3D: <https://www.printspace3d.com/10-alternative-websites-to-thingiverse-com/>



MODELADO 2D

1. OBSERVACIÓN

- Representación matemática de la realidad.

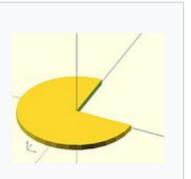
2D examples [edit]



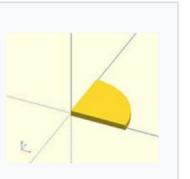
union (or)
circle + square



difference (and not)
square - circle



difference (and not)
circle - square



intersection (and)
circle - (circle - square)

```
union()      {square(10);circle(10);} // square or circle
difference() {square(10);circle(10);} // square and not circle
difference() {circle(10);square(10);} // circle and not square
intersection(){square(10);circle(10);} // square and circle
```

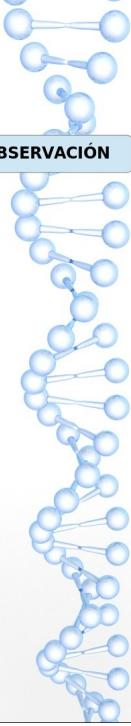
Figure 8: El modelado 2D

Aunque esta tecnología usa la terminología 3D en su denominación, es completamente adecuada para el diseño e impresión de objetos 2D.

Estos objetos "planos" podrían servir como soporte de actividades manuales, elementos de juegos lógicos, representaciones de la relación entre objetos y/o sucesos (diagramas de flujo, diagramas conceptuales, secuencia de eventos...)

A continuación se destacan algunos tipos de actividades:

- **PRIMARIA** (el profesor ha impreso las piezas 2D previamente):
 - Puzzles, Tangram...
 - Rompecabezas
 - Apoyo a las matemáticas (aritmética, teoría de conjuntos...)
 - Bases para Collages
- **SECUNDARIA** (los alumnos modelan las piezas 2D y las imprimen):
 - Operaciones booleanas
 - Estudio de la Geometría
 - Diseño de Piezas más complejas
 - Equivalencia y aritmética de áreas
 - [Actividades flatland](#)

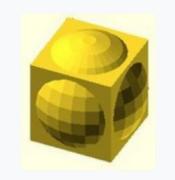


MODELADO 3D

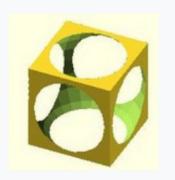
1. OBSERVACIÓN

- Representación matemática de la realidad.

3D examples [edit]



union (or)
sphere + cube



difference (and not)
cube - sphere



difference (and not)
sphere - cube



intersection (and)
sphere - (sphere - cube)

```

union()      {cube(12, center=true); sphere(8);} // cube or sphere
difference() {cube(12, center=true); sphere(8);} // cube and not sphere
difference() {sphere(8); cube(12, center=true);} // sphere and not cube
intersection(){cube(12, center=true); sphere(8);} // cube and sphere

```

Figure 9: El modelado 3D

Aunque el atractivo principal de la impresión 3D en un niño es la obtención de un objeto de tipo recreativo, el profesor puede mostrarle otra utilidad diferente generando objetos cuyo uso principal favorezca el entendimiento de un concepto matemático o físico más abstracto.

A continuación se destacan algunos tipos de actividades:

- **PRIMARIA** (el profesor imprime las piezas 3D previamente):
 - Identificación de objetos geométricos.
 - Creación de dados para juegos especiales (letras, números, figuras geométricas...)
- **SECUNDARIA** (los alumnos modelan las piezas 3D):
 - Geometría de los cuerpos sólidos.
 - Diseño de piezas más complejas usando otras más simples.
 - Equivalencia y aritmética de volúmenes.
 - Operaciones booleanas.
 - Teoría de conjuntos.

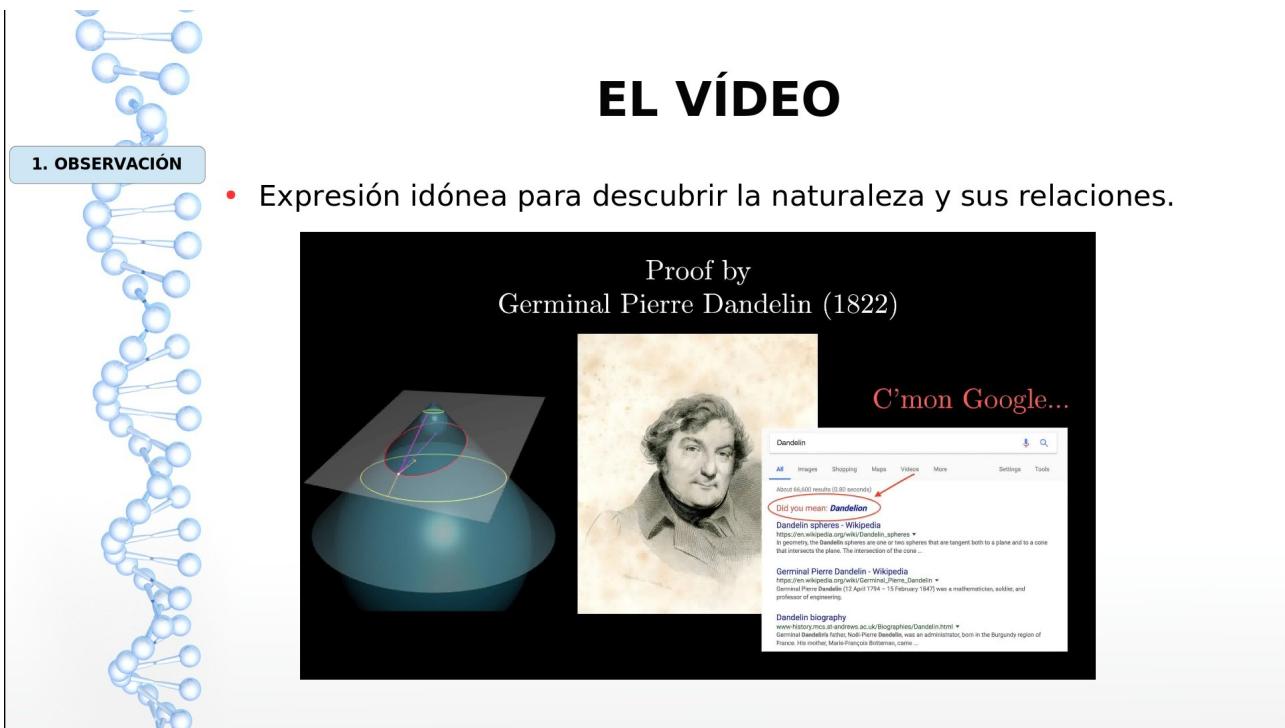


Figure 10: El vídeo educativo

Gracias a la gran capacidad gráfica de los chips actuales y al avance de las librerías gráficas de código abierto (OpenGL, por ejemplo), la elaboración de animaciones no requiere recursos hardware especiales. Este tipo de animaciones suele desarrollarse a partir de un lenguaje de programación.

Por otro lado, la financiación de proyectos educativos a través de crowdfunding, posibilita la colaboración, dedicación y continuación de iniciativas educativas de libre acceso.

Estos recursos proporcionan una excelente fuente para **explorar** las matemáticas.
Las matemáticas **se descubren**; no se inventan. **Inventamos una notación** para entenderlas mejor.

El vídeo original de esta diapositiva es el siguiente: https://www.youtube.com/watch?v=pQa_tWZmIGs

A continuación se destacan algunos recursos.

Matemáticas:

- [Brilliant](https://brilliant.org) (<https://brilliant.org>) :
 - YouTube: <https://www.youtube.com/channel/UCpR62MSOeBOVXub13xwZ8aA/>
- [3Blue1Brown](https://3blue1brown.com) (<https://3blue1brown.com>) :
- [Why U](https://whyu.org) : (<https://whyu.org>) :
 - YouTube: <https://www.youtube.com/user/MyWhyU>
- Numberphile : <https://www.youtube.com/user/numberphile/>
- Think Twice : <https://www.youtube.com/channel/UC9yt3wz-6j19RwD5m5f6HSg/>

Astronomía:

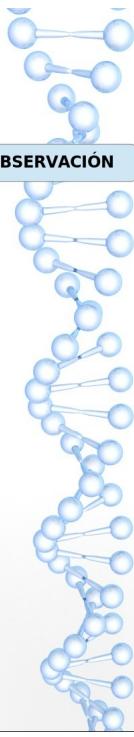
- Proyecto CESAR (ESA) : <http://cesar.esa.int/>
- Biblioteca visual NASA : <https://images.nasa.gov/>

Biología:

- Knowing Neurons : <https://knowingneurons.com/>
- Inaturalist : <https://www.inaturalist.org/>

Ciencia en general:

- Listado de webs con vídeos educativos:
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_educational_video_websites&oldid=884810278
- Listado de enciclopedias online:
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_online_encyclopedias&oldid=884033105
- Khan Academy (<https://www.khanacademy.org/>) :
 - YouTube : <https://www.youtube.com/user/khanacademy/>



EL VÍDEO (como experimento virtual)

1. OBSERVACIÓN

- Preferiblemente como material de apoyo adicional.



Figure 11: El vídeo como experimento virtual

El vídeo como experimento virtual es otro recurso que puede suscitar **asombro**. Es preferible usarlo como material complementario debido, principalmente, a que al alumno le resulta más impactante hacer el experimento que verlo.

Este tipo de vídeos complementan muy bien la etapa de Experimentación porque se pueden combinar los elementos tradicionales de aprendizaje. Por ejemplo, la inclusión de libros científicos que puedan leerse en alto ayudan al niño a usar el lenguaje científico y a usar los libros para ampliar la información y responder a sus preguntas (**blended learning**).

Existen otras situaciones donde es adecuado utilizarlo:

- Cuando el tiempo es una variable determinante del experimento.
- Cuando se trabaja con alumnos discapacitados.

En YouTube o Vimeo hay infinidad de vídeos con experimentos.

El vídeo original de esta diapositiva es el siguiente: <https://www.youtube.com/watch?v=5BeFoz3Ypo4>

Se destacan algunos canales interesantes:

FÍSICA:

- MinutePhysics: <https://www.youtube.com/user/minutephysics/>
 - En español: <https://www.youtube.com/user/minutodefisica/>
- Clases con Walter Lewin (MIT): <https://www.youtube.com/channel/UCiEHVhv0SBMpP75JbzJShqw>
- Instituto de Física Teórica (fit): <https://www.youtube.com/channel/UCl95x4zYdMx4LhqEwhcPng>
- Experimentos de Electricidad : <https://www.youtube.com/channel/UCrgd8qj7CE97PSaPjySR6wA>

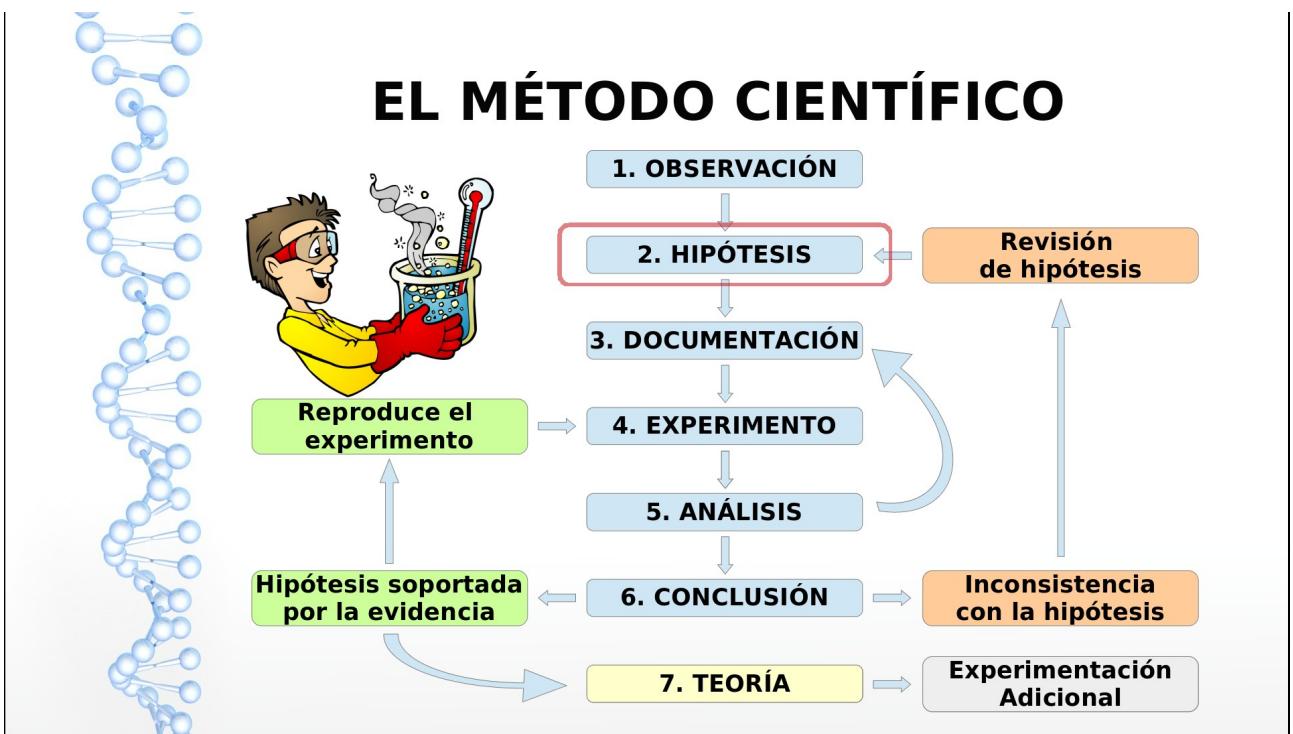
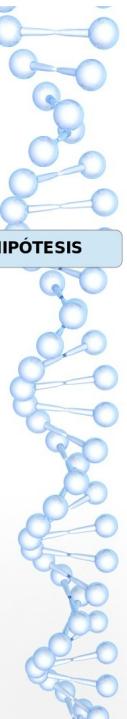


Figure 12: La etapa de Hipótesis

Esta etapa es el resultado de haber generado interés en la etapa anterior.

El interés del alumno por indagar acerca de lo que ha observado será más eficaz si parte de su **propia voluntad**.

Por regla general, cuanta más sensibilidad tenga el niño más preguntas se hará.



2. HIPÓTESIS

2. HIPÓTESIS

- Labor exclusiva del profesorado.
- Motivación voluntaria del alumno.
- Juegos de acertijos y concursos.

HERRAMIENTA:

- [Kahoot!](#)



Figure 13: La Hipótesis

El papel del profesor en esta etapa es de proporcionar al niño una estructura lingüística adecuada y hacerle reformular la pregunta para favorecer su interés por una posterior investigación. El profesor incentiva a su vez al alumno para que este comparta con sus compañeros la descripción de sus observaciones.

Es fundamental la labor del profesorado en esta etapa para motivar al alumno, bien a través de acertijos, concursos, etc.

Para los profesores de **primaria** una buena idea es la **máquina de hacer preguntas**:

<http://escuelaenmovimiento.educarchile.cl/videos-e-infografias/infografias/crea-tu-propia-maquina-de-hacer-preguntas>

, o bien, concursos diseñados por el propio alumno:

- [Kahoot!](#) (<https://kahoot.com>)

Existen diferentes web especializadas en acertijos:

- [Archimedes-Lab](http://www.archimedes-lab.org/) (<http://www.archimedes-lab.org/>)
- [Brilliant](https://brilliant.org) (<https://brilliant.org>)

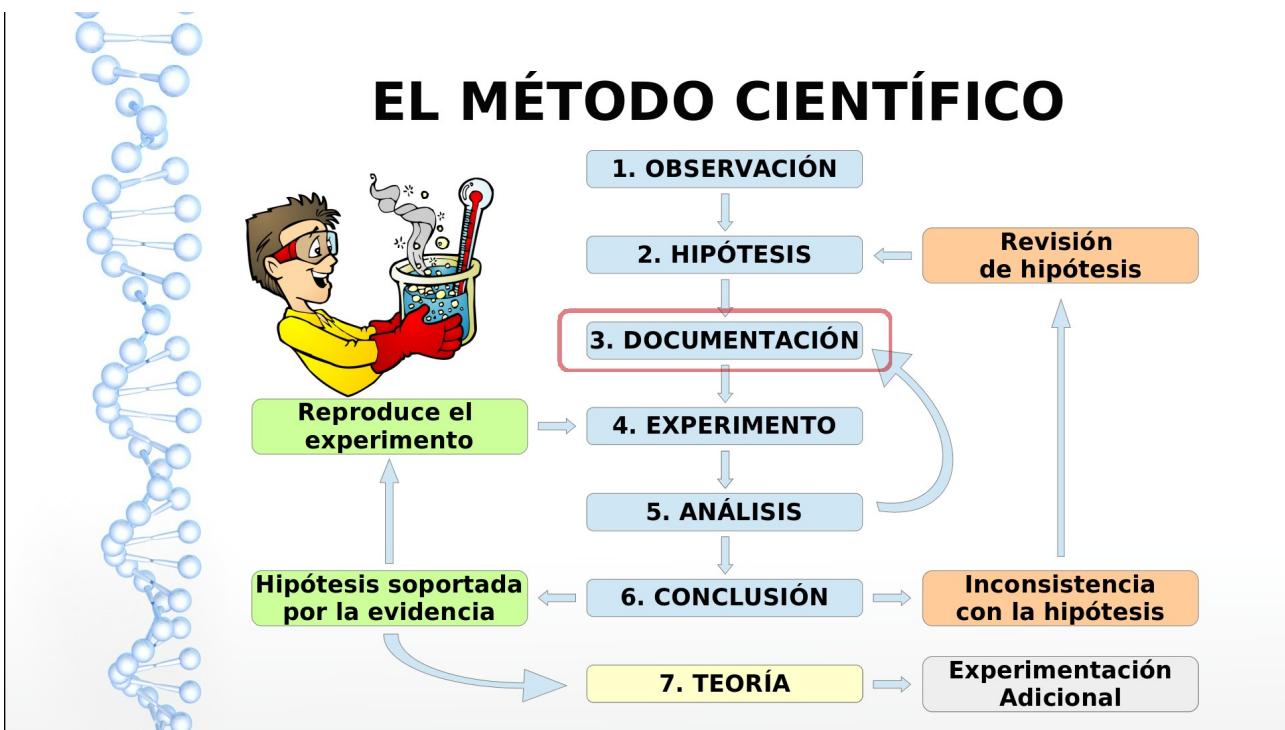


Figure 14: La etapa de Documentación

Esta etapa de Documentación es la que consume más tiempo en el desarrollo del método científico. Puede suponer hasta tres cuartas partes del tiempo de investigación.

Es aquí donde **el alumno de primaria no tiene criterios suficientes para buscar y** sobretodo **seleccionar correctamente la información**. El papel del profesor es fundamental para definir la idoneidad de la misma.

El alumno de secundaria, por el contrario, está en situación de poder **realizar una búsqueda** más detallada del tema de interés. El papel del profesor es proporcionar una fuente de información de partida para delimitar el tema de investigación sobre el que se va a trabajar y además guiar al alumno en el proceso de selección del material.

Para guiar al alumno en su proceso de selección, **se le proporcionará un test de evaluación** que tendrá por objeto **ponderar de forma objetiva (cuantitativamente)** cada una de las fuentes seleccionadas.



3. DOCUMENTACIÓN

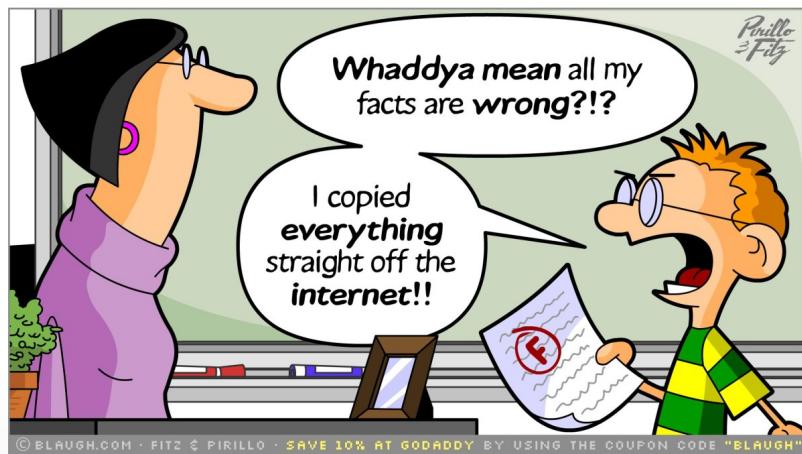


Figure 15: La Documentación (imagen original de Pirillo (Pirillo 2007))

Este chiste refleja la realidad que cualquier profesor se encuentra habitualmente en el aula.



Test CRAAP

3. DOCUMENTACIÓN

Test de evaluación para analizar la fiabilidad y credibilidad de la fuente de información:

- Vigencia (Currency)
- Relación (Relevance)
- Autoridad (Authority)
- Exactitud (Accuracy)
- Propósito (Purpose)

Figure 16: El Test CRAAP

El test CRAAP fue desarrollado por un equipo de bibliotecarios de la Universidad Estatal de California, Chico (http://www.csuchico.edu/lins/handouts/eval_websites.pdf) para verificar la fiabilidad de las fuentes de información y es aplicable a todas las disciplinas académicas y noticias falsas (Debczak 2017).

Este test facilita la medición de confianza de la gran variedad de fuentes de información disponibles online mediante la ponderación de un cuestionario objetivo y común para todas ellas.

Este marco de evaluación común reduce la probabilidad de utilizar información no fiable.

CRAAP es un acrónimo de Vigencia, Relación, Autoridad, Precisión y Propósito.

Fonéticamente, CRAAP suena igual que el término *crap* en inglés, que significa *porquería*, por lo que **el acrónimo CRAAP suscita** una asociación semántica con **separar la porquería**, es decir, **separar la paja del grano**.

Existe otro test de evaluación bastante parecido, llamado RADAR (<http://libguides.lmu.edu/aboutRADAR>) (Mandalios 2013; LMU 2019), pero no está tan extendido como CRAAP.



VIGENCIA (Test CRAAP)

3. DOCUMENTACIÓN

- ¿Cuándo se publicó o apareció la información?
- ¿Se ha revisado o actualizado la información?
- ¿El tema buscado requiere información actual o las fuentes más antiguas también funcionan?
- ¿Los enlaces son funcionales?
- ¿Coincide la fecha de actualización del sitio con la vigencia del contenido?

HERRAMIENTA:

- [Wayback Machine](#)



Figure 17: La Vigencia de la información

Las preguntas de esta parte del test CRAAP están relacionadas con la **coherencia temporal de la información** y tienen como objetivo provocar una **reflexión sobre el momento de publicación de la información con respecto al presente**.

Es muy posible, que desde que se publicó la información hasta su consulta, algunas fuentes de referencia hayan cambiado la URL y esto afectaría a las respuestas de algunas preguntas de esta parte del test. Para evitar en lo posible esta discordancia, se podría usar un servicio web llamado [WayBackMachine \(<https://archive.org/web/>\)](https://archive.org/web/). WayBackMachine es una “máquina de regreso temporal” que permite visualizar una URL a lo largo del tiempo y comprobar si dicha información existía anteriormente y puede usarse para conocer cuando desapareció la URL buscada.

Otras herramientas podrían ser la búsqueda de contenido inverso en internet:

- [Tin Eye](#) : (<https://tineye.com/>)
- Google : <https://images.google.com/>
- Yandex : <https://yandex.ru/images/>
- Listado de buscadores de contenido inverso: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_CBIR_engines



RELACIÓN (Test CRAAP)

3. DOCUMENTACIÓN

- ¿La información está relacionada con su tema o responde a su pregunta?
- ¿Quién es la audiencia prevista?
- ¿Está la información a un nivel apropiado (es decir, no es demasiado elemental o avanzado para sus necesidades)?
- ¿Ha mirado otras fuentes antes de determinar si es la que usará?

HERRAMIENTAS:

- [Web of Science](#)
- [Google Scholar](#)
- [Kiddle](#)

 Clarivate
Analytics

 Google Scholar

 Kiddle

Figure 18: Evaluación de la Relación de la información

En algunas páginas web se traduce el término inglés “relevance” por relevancia o importancia.

En realidad, la palabra inglesa “relevance” tiene más una connotación de **relación, pertinencia o adecuación**, que de importancia.

Las preguntas de esta parte del test CRAAP van encaminadas a **evaluar el nivel de relación del contenido** de la información **con el tema de estudio**.

Esta parte del test provoca una búsqueda de otras fuentes similares para poder contrastar su enfoque y el tipo de audiencia al que va destinado.

Aunque existen numerosos motores de búsqueda genérica ([listado de buscadores genéricos](#)), es posible acceder a otros buscadores especializados para el mundo académico y científico ([listado de buscadores académicos](#)).

Existen incluso otros “megabuscadores” que permiten hacer búsquedas simultáneas en varias bases de datos como es el caso de [Web of Science](#), pero no es de libre acceso y se requiere una cuenta académica o de una biblioteca para poder acceder a ella.

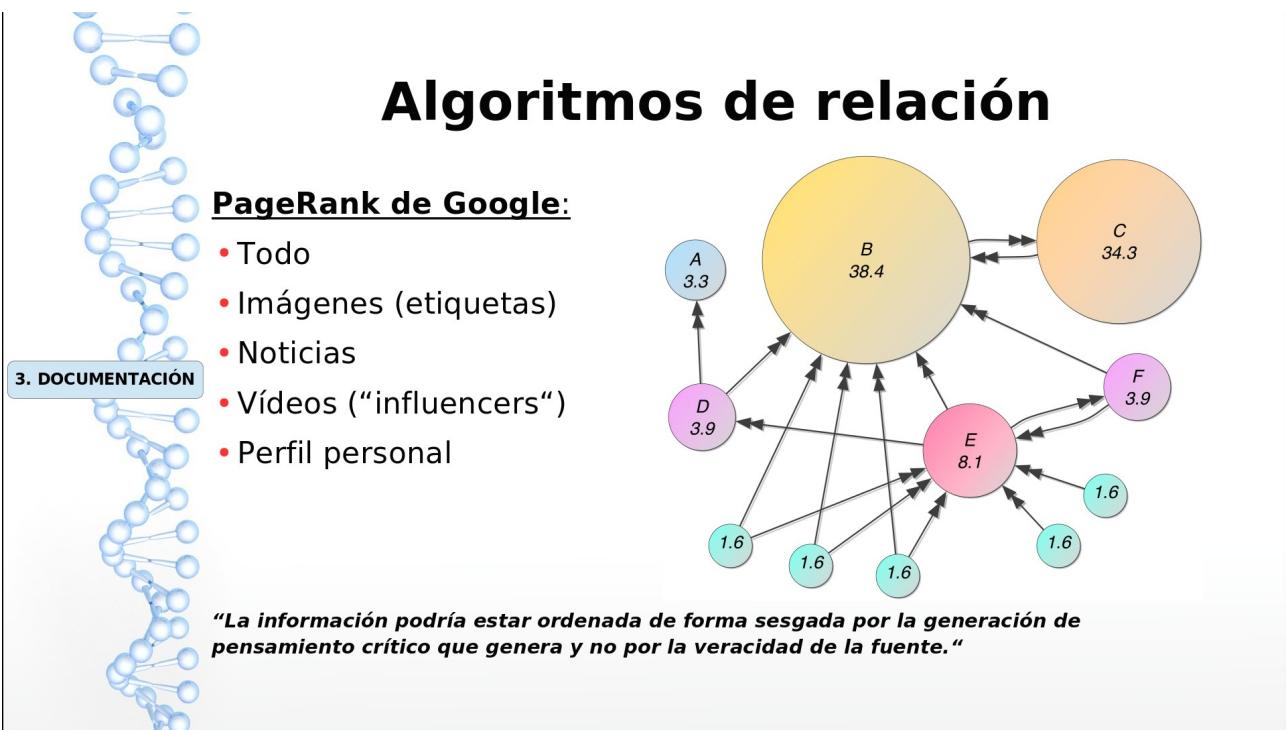


Figure 19: Los algoritmos de relación

A diferencia de los buscadores académicos, **los buscadores genéricos** suelen emplear algoritmos diferentes para evaluar el grado de relación de la información.

Es importante comunicar a los alumnos cómo funcionan dichos algoritmos para explicarles la prioridad del listado resultante.

Uno de los algoritmos que usa Google se llama PageRank y es uno de los más conocidos.

La siguiente explicación está extraída de Wikipedia (<https://en.wikipedia.org/wiki/PageRank>):

*“PageRank funciona contando el número y la calidad de los enlaces hacia una página para determinar una estimación aproximada de la **popularidad** del sitio web. El algoritmo supone que los sitios web “**más relacionados**” recibirán más enlaces de otros sitios web “**menos relacionados**”.*

En el ejemplo de la figura 19, la página C tiene un PageRank más alto que la página E, aunque hay menos enlaces a C; como el único enlace a C proviene de una página importante E, su PageRank es de gran valor.

Google usa internamente una escala logarítmica para medir el valor de PageRank y viene expresado como un porcentaje.

Por ejemplo, volviendo a la figura 19, si los internautas que comienzan en una página aleatoria tienen un 85% de probabilidad de elegir un enlace aleatorio de la página que están visitando actualmente, y un 15% de probabilidad de saltar a una página elegida al azar de toda la web, llegarán a la Página E, el 8.1% del tiempo. (El 15% de probabilidad de saltar a una página arbitraria corresponde a un factor de amortiguación del 85%). Sin dicha amortiguación, todos los usuarios de la red terminarían en las páginas A, B o C, y todas las demás páginas tendrían un PageRank cero. En presencia de amortiguación, la página A enlaza efectivamente a todas las páginas en la web, aunque no tiene enlaces salientes propios.”

Por tanto, frente a esta forma de evaluación, **aquellas páginas que saben comunicar muy bien la información, obtendrán valores de PageRank muy altos** (porque recibirán muchos enlaces de otras páginas). Esta valoración es la que se aplica a los “influencers” en YouTube, por ejemplo.

Para cambiar el sesgo de prioridad en la lista de resultados, se pueden utilizar varios métodos:

- Realizar la búsqueda haciendo login dentro de la web del buscador con un usuario personal.
- Modificar los términos de búsqueda con operadores lógicos.
- Buscar por imágenes o por categorías de imágenes (activan filtros a los resultados).
- Cambiar de motor de búsqueda.



3. DOCUMENTACIÓN

AUTORIDAD (Test CRAAP)

- ¿Quién es el autor / editor / fuente / patrocinador?
- ¿Cuáles son las credenciales del autor o las afiliaciones organizativas?
- ¿Está el autor cualificado para escribir sobre el tema?
- ¿Hay información de contacto, como un editor o una dirección de correo electrónico?
- ¿La URL revela algo sobre el autor o la fuente?

HERRAMIENTAS:

- [WHOIS](#)



Figure 20: Evaluación de la Autoridad de la información

Las preguntas de esta parte del test CRAAP tratan de llevar la atención **al autor y al editor** de la fuente de información.

En ocasiones, la distribución de la información se realiza por una persona u organización que defiende una preocupación colectiva de alto impacto a nivel social y es necesario conocer más sobre la cualificación del comunicador.

Por ejemplo, las siguientes líneas de preocupación son de actualidad:

- Calentamiento global, Gran Mínimo Solar
- Chemtrails, Geoingeniería, Haarp
- Pseudociencias y pseudoterapias
- Protección de ondas electromagnéticas (EMF protection)
- Eficacia de las vacunas

Cuando no resulta fácil conocer la autoría del sitio web se puede recurrir al servicio WHOIS (<https://whois.icann.org/>) que podría darnos información del registro del nombre del dominio web, por ejemplo.

Empiezan a aparecer otras iniciativas para desmentir falsas noticias:

- [Snopes](https://www.snopes.com/) (<https://www.snopes.com/>)
- #coNprueba (<https://www.conprueba.es/>)
- SINC (<https://www.agenciasinc.es/>)



EXACTITUD (Test CRAAP)

3. DOCUMENTACIÓN

- ¿De dónde proviene la información?
- ¿La información está respaldada por alguna evidencia?
- ¿La información ha sido revisada o arbitrada?
- ¿Se puede verificar alguna información de otra fuente o de conocimiento personal?
- ¿El lenguaje o el tono parece imparcial y libre de emociones?
- ¿Hay errores ortográficos, gramaticales o tipográficos?

HERRAMIENTAS:

- [CrossRef](#)



Figure 21: Evaluación de la Exactitud de la información

Las preguntas de esta parte del test CRAAP motivan al receptor de la información a profundizar más en **la fundamentación** de la misma.

La ausencia de referencias en muchas páginas web obliga a realizar una búsqueda más en profundidad del tema tratado para contrastar la información.

Muy probablemente, la información haya sido verificada en un momento temporal, con unos medios concretos y en un entorno diferente al que se trata de aplicar.

En las bases de datos científicas se emplea un sistema de identificación digital ([DOI](#)) que se utiliza para realizar referencias cruzadas entre artículos científicos. La entidad registradora de tales referencias cruzadas es la organización [Crossref](#).

El autor de este documento no conoce una herramienta similar para conocer las referencias cruzadas entre páginas web que pueda ser consultada online.



PROPÓSITO (Test CRAAP)

- ¿Cuál es el propósito de la información?
- ¿Es para informar, enseñar, vender, entretenér o persuadir?
- ¿Los autores / patrocinadores dejan claro sus intenciones o propósitos?
- ¿Es la información un hecho, opinión o propaganda?
- ¿El punto de vista parece objetivo e imparcial?
- ¿Existen sesgos políticos, ideológicos, culturales, religiosos, institucionales o personales?

Figure 22: Evaluación del Propósito de la información

Esta última parte del test CRAAP motiva al receptor a una **reflexión sobre las intenciones de la información recibida.**

El receptor deberá analizar si la información es imparcial o es un medio para conseguir otro objetivo diferente relacionado con la organización que comunica o edita dicho mensaje.

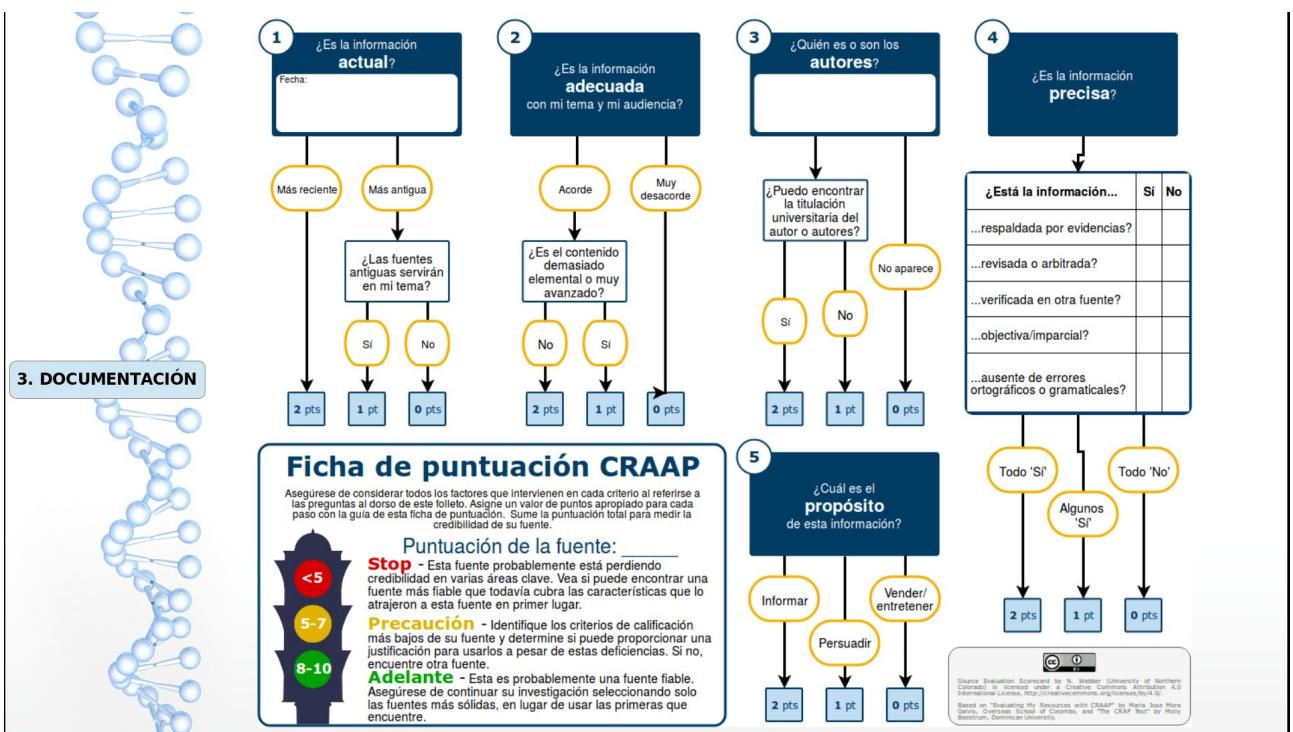


Figure 23: Ficha de puntuación CRAAP

El profesor puede ponderar cada una de las partes del test CRAAP de la forma que considere oportuno, creando una tarjeta o ficha de puntuación que el alumno debe llenar y evaluar.

A través de estas fichas, el alumno dispondrá de un criterio objetivo para ordenar todas las fuentes por grado de credibilidad y descartar aquellas que no le transmitan confianza.

La ficha de evaluación original se puede encontrar en la siguiente URL: <https://digscholarship.unco.edu/infolit/19/> y es una traducción de la ficha original de Nicole Webber (Webber 2018).



3. DOCUMENTACIÓN

- [Zotero](#)
- [Mendeley](#)
- [Citavi](#)
- [EndNote](#)
- [Otros...](#)

Gestores de Referencias Bibliográficas

Zotero

Mendeley

Citavi

EndNote X9

“Cualquier contenido digital (local o remoto) puede ser enlazado, catalogado y referenciado.”

Figure 24: Los gestores de referencia bibliográfica como base de datos de recursos educativos

Las herramientas que inicialmente nacieron como gestores de referencias bibliográficas se han convertido ahora en gestores de bases de datos de recursos digitales que pueden compartirse en la nube, exportarse a múltiples formatos y ser reutilizados para documentar posteriores artículos.

Los procesadores de texto actuales reconocen el formato de estas bases de datos para generar de forma automática la bibliografía utilizada en un documento o artículo científico.

Tanto el profesor como el alumno pueden beneficiarse de estas herramientas.

El **profesor** puede usarlo como herramienta de gestión de todos los recursos digitales que usará en el aula.

El **alumno** puede usarlo igualmente para referenciar todos sus trabajos.

Aunque existen múltiples gestores de referencias ([lista de gestores de referencias bibliográficas](#)), destaco aquellos más actualizados:

- [Zotero](https://www.zotero.org/) : (<https://www.zotero.org/>)
- [Mendeley](https://www.mendeley.com/) : (<https://www.mendeley.com/>)
- [Citavi](https://www.citavi.com/) : (<https://www.citavi.com/>)
- [EndNote](https://endnote.com/) : (<https://endnote.com/>)

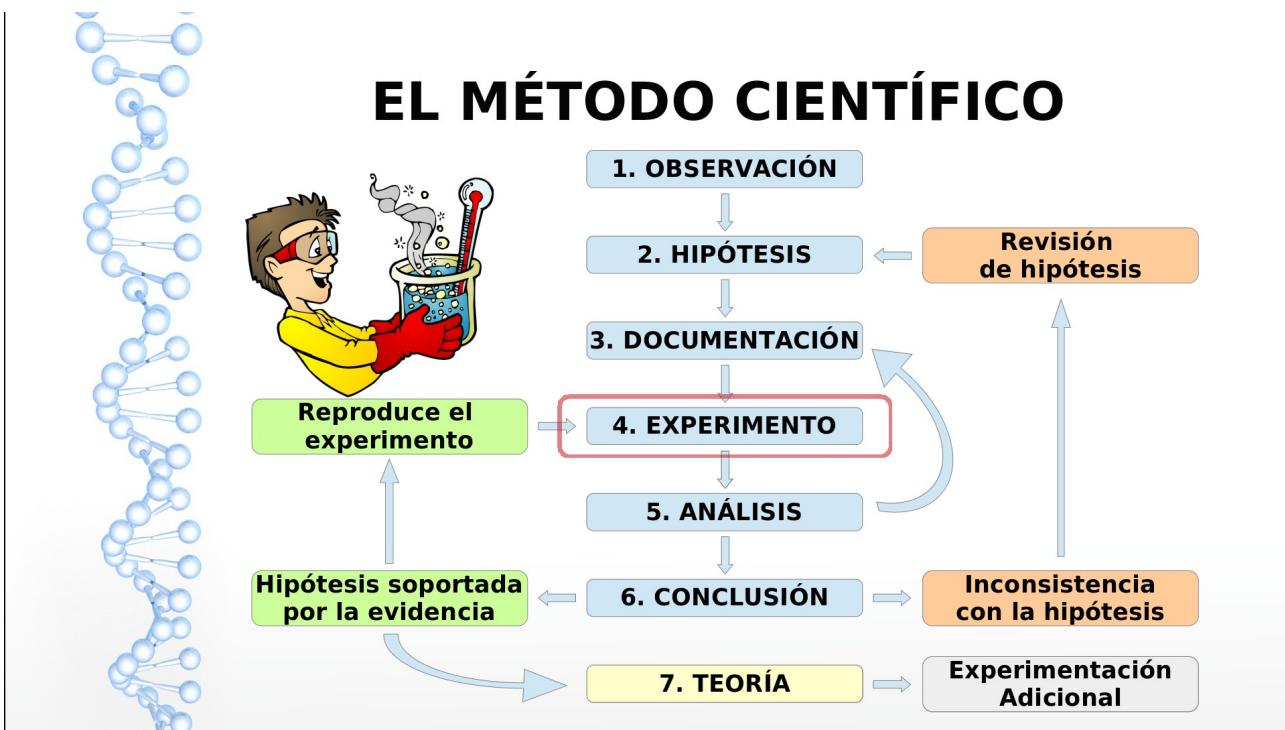


Figure 25: La etapa de Experimentación

Esta etapa de Experimentación es la más difícil de llevar a cabo porque muchas veces los experimentos están sujetos a variables que se desconocen.

Los profesores deben involucrar a los niños en describir, encontrar patrones, comparar, organizar, medir y ordenar (Gerde, Schachter, and Wasik 2013).

Uno de los factores más importantes en todo experimento es **saber medir correctamente**.

En esta etapa se unen otras habilidades, como puede ser la paciencia, la sistematización del procedimiento utilizado y la habilidad en resolver algún contratiempo no planificado.

Durante el experimento, los niños deberían ser capaces de manipular objetos y observar los fenómenos que se produzcan. Es muy importante que el niño participe directamente y no se convierta en un observador del profesor que dirige el experimento, y pueda desarrollar sus propias capacidades de entendimiento (Gerde, Schachter, and Wasik 2013).

Motivar a que los niños graben sus experimentos es una forma muy útil para compartir dicho material con sus compañeros y poder reutilizarlo posteriormente.

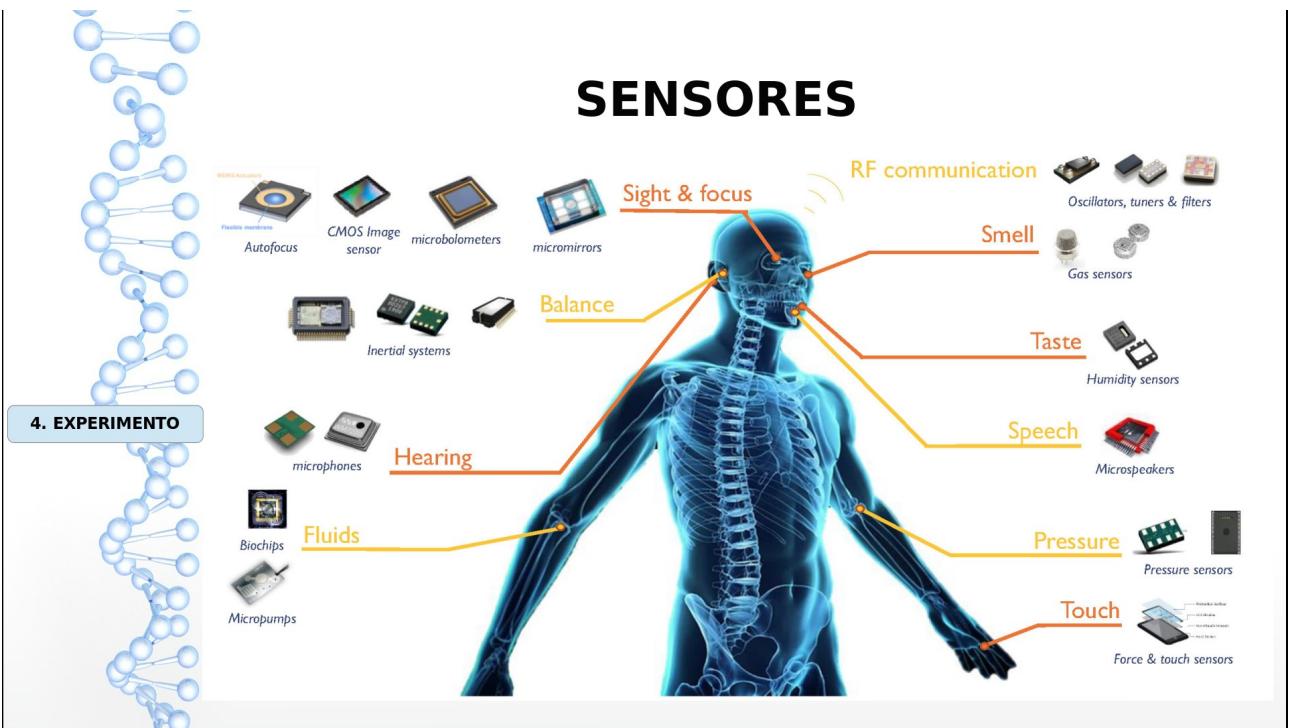


Figure 26: Posibles sensores en los dispositivos electrónicos actuales (imagen original (Yole 2015))

Actualmente, muchos dispositivos portátiles poseen sensores que pueden proporcionarnos información. Los teléfonos móviles actuales, tipo smartphone, suelen ser los que más dispositivos incluyen. No es de extrañar que en un futuro próximo el número de estos sensores aumente considerablemente.

Existen numerosas aplicaciones que nos permiten acceder a la información generada por estos sensores.

Otra opción muy extendida para realizar experimentos con sensores consiste en usar kits con [Arduino](#).

Existen webs especializadas en proyectos hardware que usan dispositivos asequibles y de los cuales se puede extraer muchísima información.

- <https://hackaday.io/>
- <https://hackaday.com/>

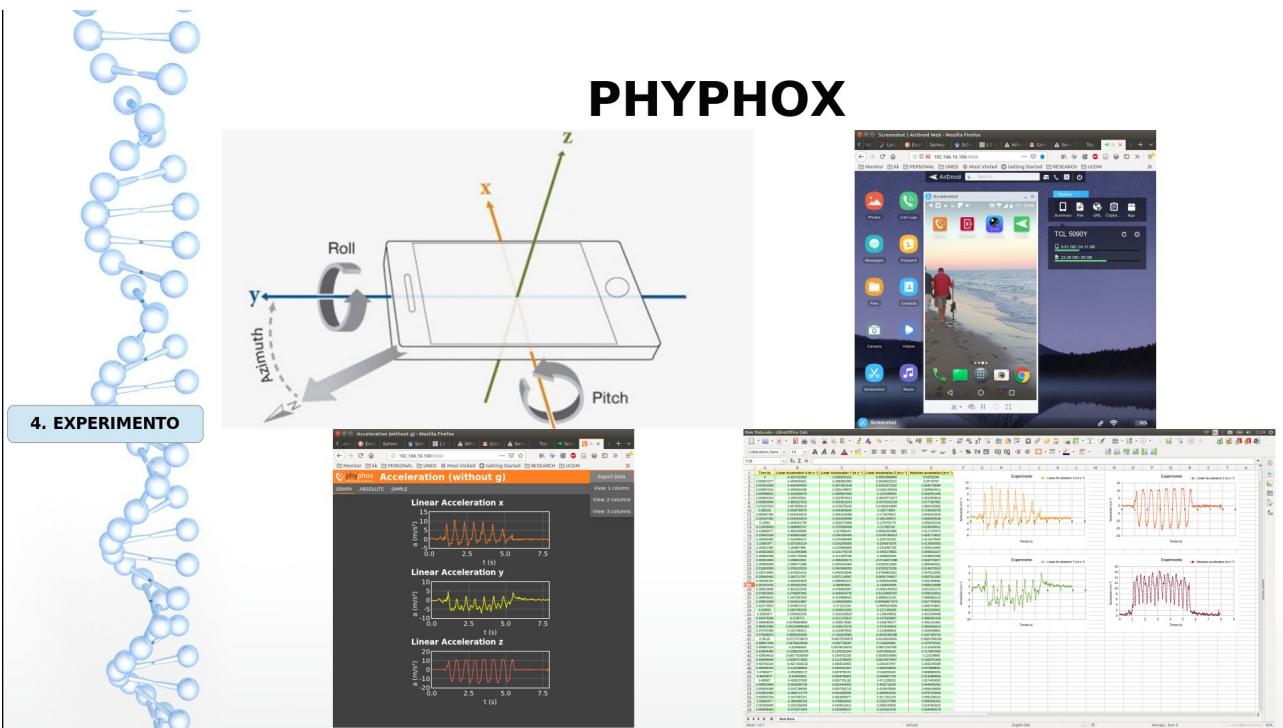


Figure 27: Experimento en directo con phyphox.

En el experimento realizado al final de la ponencia se utilizó la aplicación phyphox (<https://phyphox.org/>) que detecta la mayoría de los sensores en un dispositivo Android.

Phyphox permite que cualquier PC se conecte a ella, a través de un Navegador Web, y pueda descargarse la información en formato hoja de cálculo.

En el salón de actos, se utilizó un pequeño router wifi como sistema de conexión entre el PC portátil y el teléfono móvil. Para visualizarlo en la pantalla del salón de actos, se usó la aplicación AirDroid (<https://www.airdroid.com/>) en el teléfono móvil y el navegador Firefox en el PC portátil.

Se usó el experimento “Acceleration (without g)” de la aplicación phyphox para registrar los datos en vivo.

Para volcar los datos registrados al PC, se activó la opción “Allow Remote Access” en phyphox en el teléfono móvil y se abrió otra pestaña del navegador Firefox en el PC portátil.

Los datos recogidos fueron tratados con una hoja de cálculo y se representaron las mismas gráficas que en la aplicación.

También se hizo una demostración de la aplicación PhotoMath (<https://photomath.net/>) que integra un sistema OCR + CAS para el aprendizaje de las matemáticas.

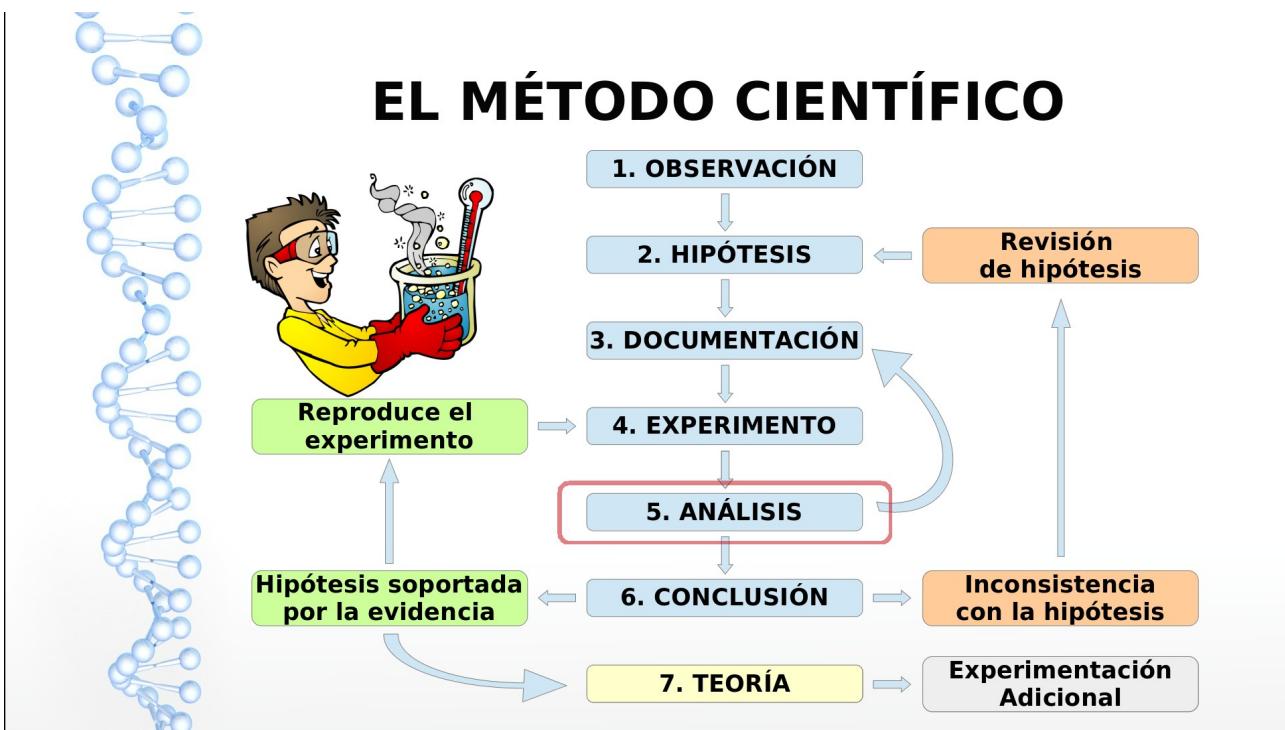


Figure 28: La etapa de Análisis

En esta etapa de Análisis, el alumno estudia los datos del experimento para justificar su hipótesis inicial. Según sea la naturaleza de los datos experimentales (números, fotografías, descripción de eventos, etc.), se aplicarán en esta fase distintos métodos de estudio (estadístico, comparación, clasificación de eventos, etc.).

Si el resultado de esta etapa no concuerda con la hipótesis inicial, lo primero que habrá que hacer será verificar que el método de análisis utilizado se haya aplicado correctamente, o bien, habrá que documentarse para rediseñar el experimento nuevamente.

LA IMAGEN

- Medio natural para comparar objetos.

HERRAMIENTAS:

- Collage: [BeFunky](https://befunky.com/)
- Comparador de imágenes:
[ImageMagick](https://imagemagick.org/)

5. ANÁLISIS

Figure 29: La imagen digital como herramienta de análisis

Con alumnos de primaria, la comparación de imágenes aporta habilidades imprescindibles para esta etapa de análisis. El alumno puede clasificar, ordenar, comparar, describir las imágenes por distintos criterios, enriqueciendo su vocabulario y estructurando su mente.

Hoy en día, es muy sencillo realizar un collage o un mural donde se describan las semejanzas y/o diferencias de un conjunto de imágenes que el alumno ha seleccionado.

Herramientas como BeFunky (<https://befunky.com/>), permiten realizar esto, bien desde una aplicación Android instalada en su tableta o bien desde un navegador a través de la página web.

Para los alumnos de secundaria, existen herramientas, como ImageMagick (<https://imagemagick.org/>), más específicas que permiten detectar de forma automática, las diferencias encontradas entre dos imágenes diferentes. Esta aplicación detecta la zona de la imagen que ha cambiado y ayuda al alumno a llevar su atención a esa zona en particular.



Figure 30: Scratch como 1er Lenguaje de Programación en la infancia (1)

Aunque existen muchísimas herramientas matemáticas que permiten representar y analizar datos matemáticos, la mejor forma de **evitar que el alumno se convierta en un mero usuario de una aplicación** matemática o de un sistema de clasificación determinado, es mediante el empleo de lenguajes de programación.

Cuando un alumno emplea un lenguaje de programación, **está creando** su propia aplicación y esto le obliga a entender los pasos necesarios para realizar los cálculos y a ser organizado.

Existen lenguajes de programación cuya estructuración y gramática están resaltadas y son muy atractivos para los niños.

En primaria, puede emplearse el lenguaje [Scratch](https://scratch.mit.edu/) (<https://scratch.mit.edu/>) como entorno inicial de desarrollo. El lenguaje Scratch muestra inicialmente una interfaz para crear animaciones con un gato como protagonista. El niño escribe los movimientos que quiere que haga el gato, **programando** así una serie de viñetas que generan una historia.

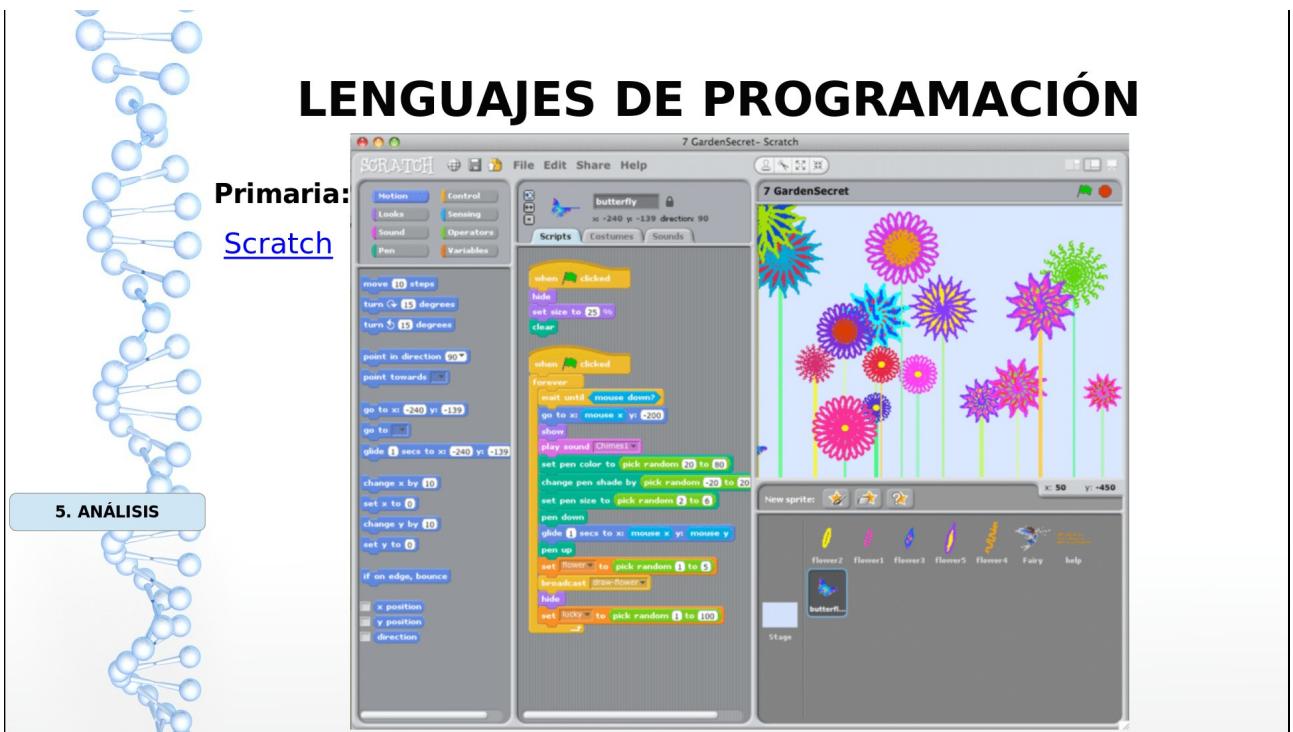


Figure 31: Scratch como 1er Lenguaje de Programación en la infancia (y 2)

Las herramientas gráficas del lenguaje Scratch y su interfaz de desarrollo son muy atractivas para los niños.

El ámbito de aplicación no está limitado a mover solamente el gato.

El niño puede, además, verse atraido a programar gráficos, por ejemplo, a través del juego.

Para iniciarse en la programación, existen numerosas webs con repositorios de código fuente:

- [Code.org](https://code.org/) (<https://code.org/>)
- [Hour of Code](https://hourofcode.com/es) (<https://hourofcode.com/es>)
- [GitHub](https://github.com/) (<https://github.com/>)
- [GitLab](https://about.gitlab.com/) (<https://about.gitlab.com/>)
- Comparación de servicios de hosting de código fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_source-code-hosting_facilities



Figure 32: Snap! como 2º Lenguaje de Programación en la infancia

Otro lenguaje de programación orientado a alumnos de primaria es el lenguaje [Snap!](https://snap.berkeley.edu/) (<https://snap.berkeley.edu/>).

Este lenguaje está basado en el lenguaje LISP y su alcance es de ámbito general pero conserva la interfaz empleada en el lenguaje Scratch y permite importar programas escritos en dicho lenguaje.



Figure 33: Los lenguajes de programación en la enseñanza secundaria

Las necesidades del alumno de secundaria exigen usar lenguajes de programación más generales, entre ellos destacan [Ruby](https://www.ruby-lang.org/) (<https://www.ruby-lang.org/>) y [python](https://www.python.org/) (<https://www.python.org/>).

El lenguaje Ruby se caracteriza por simplicidad en su sintaxis, su limpieza y facilidad.

El lenguaje python es más antiguo pero muy popular a nivel científico.

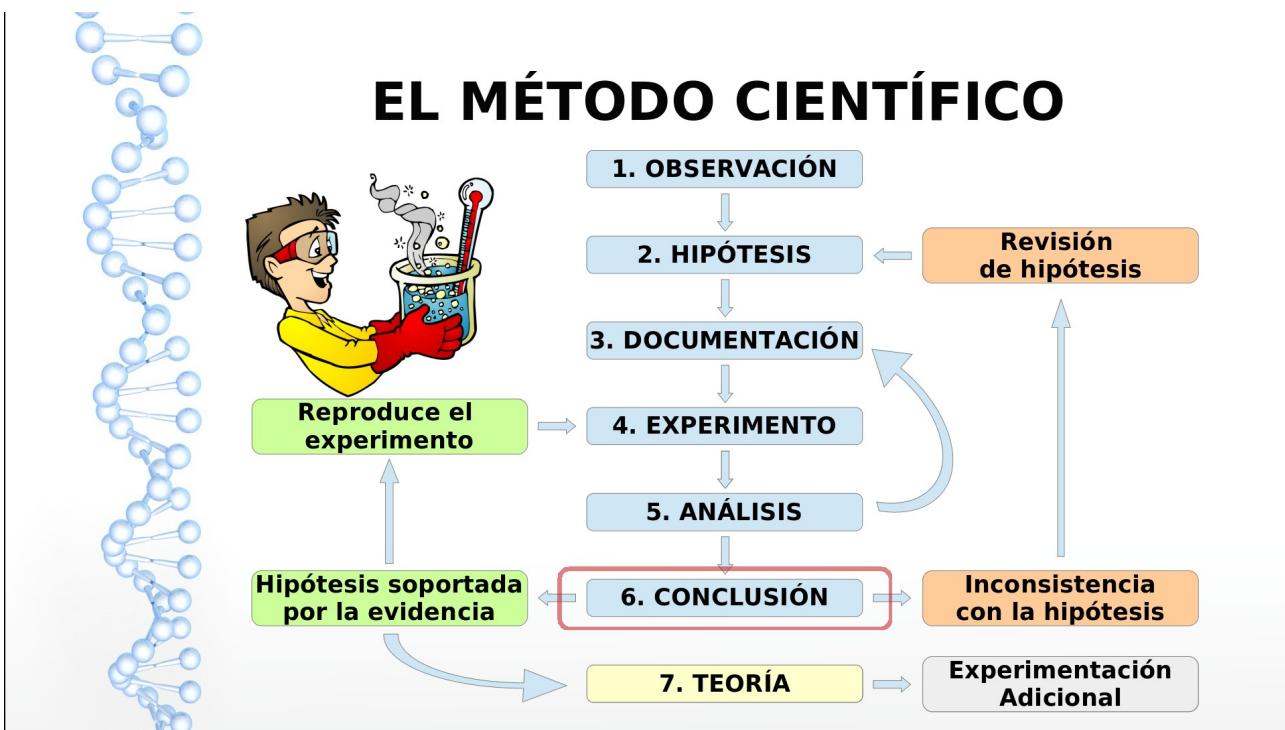


Figure 34: La etapa de Conclusión y Comunicación

En esta etapa de Conclusión, el alumno debe decidir si los resultados del análisis coinciden con su hipótesis inicial. Si lo hace, una repetición del experimento debe conseguir resultados similares. Si no lo hace, habrá que reformularse la hipótesis inicial.

Un alumno de primaria podrá explicar o exponer a sus compañeros lo que ha comprendido después del estudio de su experimento. Sin embargo, necesitará el apoyo del profesor a la hora de tomar una decisión respecto de la hipótesis inicial. Para este tipo de alumnado, el método científico concluirá con dicha exposición que podrá ser grabada a través de la PDI y compartida a través de la nube del aula.

Un alumno de secundaria ya puede tomar decisiones por su cuenta, ciertas o erróneas, y podrá replantearse la hipótesis inicial en caso necesario. El alumno presentará siempre un informe final, sea oral o escrito, exponiendo los pasos realizados y las conclusiones.

6. CONCLUSIÓN

6. CONCLUSIÓN

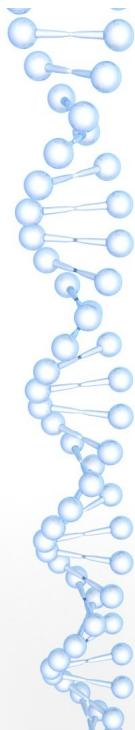
Primaria:

- [OpenBoard](#)
- [Explain Everything](#)

Figure 35: Herramientas para la comunicación de la conclusión

Como apoyo para los alumnos de primaria, existen herramientas que realizar presentaciones, pósters, diagramas temporales, historias, grabaciones en formato video-log (VLOG) o bien, en formato reportaje (podcast):

- [Glogster](http://edu.glogster.com/) (<http://edu.glogster.com/>).
- ReadWriteThink
(<http://www.readwritethink.org/classroom-resources/student-interactives/timeline-30007.html>)
- VideoScribe (<https://www.videoscribe.co/en/>).
- StoryJumper (<https://www.storyjumper.com/>).
- [OpenBoard](https://openboard.org) (<https://openboard.org>).
- Explain Everything (<https://explaineverything.com/education/>)
- Comparación de aplicaciones screencast: https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_screencasting_software



AGRADECIMIENTOS

Educación Primaria:

- Bárbara Cru Guillén
Profesora de Primaria ([Colegio Vallmont](#)).

Educación Secundaria:

- María Sánchez Zurdo
Directora de Innovación Tecnológica (iVallmont).
Profesora de Secundaria y Bachillerato ([Colegio Vallmont](#)).
- Pablo José Muñoz Martínez
Profesor de Secundaria y Bachillerato ([Colegio Reinado del Corazón de Jesús](#))
- Macarena Gamoneda López
Profesora de Secundaria y Bachillerato ([IES Margarita Salas de Majadahonda](#))

Educación Primaria:

- Bárbara Cru Guillén
Profesora de Primaria ([Colegio Vallmont](#))

Educación Secundaria:

- María Sánchez Zurdo
Directora de Innovación Tecnológica (iVallmont)
Profesora de Secundaria y Bachillerato ([Colegio Vallmont](#))
- Pablo José Muñoz Martínez
Profesor de Secundaria y Bachillerato ([Colegio Reinado del Corazón de Jesús](#))
- Macarena Gamoneda López
Profesora de Secundaria y Bachillerato ([IES Margarita Salas de Majadahonda](#))

Bibliografía

- Archive, Internet. 1996. "Internet Archive - Wikipedia." 1996. https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Archive.
- . 2019. "Internet Archive: Digital Library of Free & Borrowable Books, Movies, Music & Wayback Machine." 2019. <https://archive.org/index.php>.
- CreationWiki.org. 2011. "File:ScientificMethodflowchart.Jpg - CreationWiki, the Encyclopedia of Creation Science." 2011. <http://creationwiki.org/File:ScientificMethodflowchart.jpg>.
- Dalby, Diane, and Malcolm Swan. 2019. "Using Digital Technology to Enhance Formative Assessment in Mathematics Classrooms." *British Journal of Educational Technology* 50 (2): 832–45. <https://doi.org/10.1111/bjet.12606>.
- Debczak, Michele. 2017. "American Library Association Updates Its CRAAP Test for Spotting Fake News." March 10, 2017. <http://mentalfloss.com/article/93161american-library-association-updates-its-craap-test-spotting-fake-news>.
- DOAJ. 2019. "Directory of Open Access Journals." 2019. <https://doaj.org>.
- FSF. 2019. "Free and Open-Source Software." In *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Free_and_open-source_software&oldid=886902604.
- Gerde, Hope K., Rachel E. Schachter, and Barbara A. Wasik. 2013. "Using the Scientific Method to Guide Learning: An Integrated Approach to Early Childhood Curriculum." *Early Childhood Education Journal* 41 (5): 315–23. <https://doi.org/10.1007/s10643-013-0579-4>.
- L'Ecuyer, Catherine. 2014. "The Wonder Approach to Learning." *Frontiers in Human Neuroscience* 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00764>.
- LMU. 2019. "RADAR Framework - Evaluating Sources: Using the RADAR Framework - LibGuides at Loyola Marymount University." 2019. <http://libguides.lmu.edu/aboutRADAR>.
- Mandalios, Jane. 2013. "RADAR: An Approach for Helping Students Evaluate Internet Sources." *Journal of Information Science* 39 (4): 470–78. <https://doi.org/10.1177/0165551513478889>.
- Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2019. 2019. "#coNprueba." 2019. <https://www.conprueba.es/>.
- Pirillo, Chris. 2007. 061013_internet_citing1. Photo. <https://www.flickr.com/photos/lockergnome/500471584/>.
- Rubio, Isabel. 2019. "'El método científico está siendo cuestionado.'" *El País*, March 26, 2019, sec. Ciencia. https://elpais.com/elpais/2019/03/21/ciencia/1553166680_194511.html.
- Santos, Ieda M., Nagla Ali, and Shaljan Areepattamannil. 2019. *Interdisciplinary and International Perspectives on 3D Printing in Education*. IGI Global. <https://www.igi-global.com/book/interdisciplinary-international-perspectives-printing-education/202348>.
- Webber, Nicole. 2018. "Activity: Source Evaluation Scorecard." *Information Literacy*, January. <https://digscholarship.unco.edu/infolit/19>.
- Weinstein, Galina. 2012. "Einstein: Wondering about Space and Time like a Child." *My Albert Einstein Posts* (blog). September 25, 2012. <https://myalberteinstein.com/2012/09/25/einstein-wondering-about-space-and-time-like-a-child/>.
- Wells, Richard. 2012. "Poster: 21stC Mobile Social Learning." *EDUWELLS* (blog). November 19, 2012. <https://eduwells.com/2012/11/19/poster-21st-century-mobile-social-learning/>.
- Yole. 2015. "Mimicking the 5 Senses." 2015. <https://www.electronicsspecifier.com/cms/images/Mimicking%20the%205%20senses...%20and%20more.jpg>.