

**MÁSTER: PROFESOR DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA OBLIGATORIA Y
BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS**

ESPECIALIDAD: BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA



Universidad de Valladolid

**EL DIBUJO COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA EN
LAS ASIGNATURAS DE CIENCIAS EN EDUCACIÓN
SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO.**

**Autor: Ascensión Vallejo Manrique
Tutor: Lucía Citores González**

Curso: 2019/2020

ÍNDICE

Resumen / Abstract.	2
1. Justificación y objetivos.	3
2. Marco legislativo.	6
3. Dibujo y ciencia.	9
4. Dibujo en el aula. Situación actual.	12
5. Evidencias científicas de las ventajas del uso del dibujo en educación.	14
6. Relación del dibujo con la motivación y el desarrollo personal del alumno.	21
7. Metodología para fomentar el uso del dibujo en la enseñanza de las asignaturas de ciencias.	22
8. Propuesta de actividades para asignaturas de ciencias en ESO y Bachillerato.	33
8.1. Primer curso de ESO.	34
8.1.1. Biología y Geología.	34
8.2. Tercer curso de ESO.	39
8.2.1. Biología y Geología.	39
8.3. Cuarto curso de ESO.	42
8.3.1. Biología y Geología.	42
8.3.2. Ciencias aplicadas a la actividad profesional.	45
8.3.3. Cultura científica.	45
8.4. Primer curso de Bachillerato.	47
8.4.1. Biología y Geología.	47
8.4.2. Anatomía aplicada.	52
8.4.3. Cultura científica.	54
8.5. Segundo curso de Bachillerato.	58
8.5.1. Biología.	58
8.5.2. Geología.	61
8.5.3. Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente.	64
9. Conclusión.	66
10. Bibliografía y Webgrafía.	68

Resumen

El presente trabajo trata de poner en valor el uso del dibujo en las asignaturas de ciencias en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato como herramienta didáctica para el docente y estrategia de aprendizaje para el discente.

Para argumentar esta premisa hacemos un recorrido por diferentes investigaciones que avalan el uso del dibujo en educación y un recordatorio histórico de su importancia en la ciencia a través de la ilustración científica y algunos de sus exponentes más representativos.

Terminamos este trabajo con una propuesta dedicada a los docentes para que incluyan el dibujo en su trabajo diario y una serie de actividades propuestas para los diferentes temas de las asignaturas de ciencias en ESO y Bachillerato.

Palabras clave: Dibujo, ESO, Bachillerato, Ciencias, Biología, Geología, Estrategia de aprendizaje.

Abstract

The present work tries to put in value the use of drawing in science subjects in Obligatory Secondary Education and High School as a didactic tool for the teacher and a learning strategy for the student.

To argue this premise we make a journey through different researches that support the use of drawing in education and a historical reminder of its importance in science through scientific illustration and some of its most representative exponents.

We end this work with a proposal dedicated to teachers so that they will include drawing in their daily work and a series of activities proposed for the different themes of science subjects in ESO and High School.

Keywords: Drawing, ESO, High School, Science, Biology, Geology, Learning strategy.

1. Justificación y Objetivos

En la educación actual española y en la sociedad de la que es reflejo, cada vez tiene mayor importancia el uso de **la imagen** frente a otras formas de comunicación como resultado de la intención clara de impulsar el uso de las TICs. Los nuevos medios digitales que vienen introduciéndose en las aulas desde hace años han relegado la construcción de dibujos en la pizarra a momentos de la explicación del docente a veces casi anecdóticos, ya no dibujamos en el aula y los alumnos ya no copian esos dibujos.

El avance de las **tecnologías de la información y la comunicación** ha supuesto un gran aliado en educación, obtenemos en un clic, la imagen o esquema que necesitamos y pasamos al siguiente con otro clic. Sin menospreciar las llamadas TICs y sin renegar de ellas en absoluto con este trabajo se quiere **recuperar la construcción del dibujo a mano** tanto por parte del alumno como por parte del docente como pieza esencial del aprendizaje y la enseñanza.

“Me lo contaron y lo olvidé. Lo vi y lo entendí. Lo hice y lo aprendí” (Confucio)

Aguilar y Hernández (2010) en su ponencia *“La importancia del dibujo para el desarrollo de las competencias para la investigación”* señalan que **el dibujo potencia la adquisición de las siguientes competencias:**

- Capacidad de observación a detalle.
- Desarrollo de la memoria visual.
- Entendimiento de la estructura implícita.
- Organización conceptual y espacial.
- Representación del espacio y los objetos.
- Capacidad de descripción de detalles.
- Capacidad de planificación.
- Visualización a futuro de fenómenos.
- Documentación de procesos.
- Capacidad de comunicación.

Si nos atenemos a las **competencias definidas por la LOMCE** y que demanda la Unión Europea encontramos que el dibujo puede ayudar en concreto a fomentar la adquisición de las siguientes competencias:

- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, como apoyan Aguilar y Hernández el dibujo favorece la capacidad de adquirir esta competencia en lo que se refiere a la aplicación del conocimiento científico.
- Competencia aprender a aprender, ayuda al alumno a dirigir su propio aprendizaje ya que es una herramienta que facilita el mismo y fomenta la capacidad de planificación que le ayudará además a gestionar eficazmente su tiempo de estudio.
- Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor, el dibujo ayuda a alcanzar esta competencia pues fomenta la habilidad para transformar las ideas propias en actos, pone en marcha la creatividad y la capacidad de innovar.
- Conciencia y expresiones culturales, al incorporar el dibujo en su trabajo diario el estudiante aprende a valorar la expresión creativa de ideas a través de este medio y se acerca por tanto a la cultura representada por el arte, la música o la literatura de su entorno social.

En los capítulos que siguen en este trabajo se desarrolla más ampliamente el marco legislativo e histórico que justifica **el uso del dibujo como herramienta didáctica en el estudio de las ciencias en educación**, más allá de los niveles iniciales de la misma. Este trabajo es en sí mismo un alegato en favor de potenciar el dibujo como vehículo del conocimiento en las aulas para el profesor y como estrategia de aprendizaje para el alumno, así, podemos enunciar como **objetivos de este trabajo fin de máster**:

- Recopilar los **argumentos históricos** que justifiquen suficientemente el fomento del uso del dibujo en las aulas en todos los niveles educativos.
- Poner en valor la **ilustración científica** desde un punto de vista histórico para despertar en el docente el interés en incorporar el dibujo en su trabajo diario.
- Revisar la legislación vigente en educación en nuestro país y concretamente en Castilla y León para analizar la **situación actual del dibujo en las aulas**, su uso o desuso fuera de las asignaturas en las que es protagonista del currículo.

- Recoger diferentes estudios científicos que avalen la **relación positiva entre dibujo y aprendizaje significativo**.
- Relacionar la práctica del dibujo durante el estudio con el **desarrollo de la memoria a largo plazo y la mejor asimilación** de conceptos y procesos científicos.
- Analizar el impacto positivo que tiene el dibujo en el **desarrollo personal del alumnado** y su relación con una mayor motivación de cara al estudio.
- Desarrollar **unas directrices básicas para animar al docente** a introducir el dibujo en sus clases y en su metodología de trabajo.
- Proponer una serie de **actividades en diferentes asignaturas de carácter científico** y diferentes niveles educativos para ayudar al docente y servirle de inspiración o primer ejemplo sencillo para que diseñe sus propias actividades con esta técnica.

2. Marco legislativo

La Orden de Educación nº 362 de 2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León derivada de la Ley Orgánica de Educación 2/2006, de 3 de mayo, define, en el apartado de Principios Metodológicos de Etapa, la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria como esencial en la formación de la persona, porque en esta etapa se afianzan las bases para el aprendizaje en etapas posteriores y se adquieren hábitos de trabajo, valores y habilidades que se mantendrán toda la vida.

No sólo se refiere al ámbito educativo, sino al personal y profesional, en definitiva, al conjunto de las características o aspectos que definen a cada individuo. Es por tanto de vital importancia que los docentes veamos esta etapa educativa como una época decisiva en la definición de la personalidad y las capacidades de nuestros alumnos.

Para desarrollar esas capacidades debemos ampliar nuestra visión, más allá de los contenidos de nuestras asignaturas queremos transmitir a los alumnos las herramientas necesarias para desarrollar su pensamiento crítico, su autonomía y capacidad de autocrecimiento. Les debemos preparar para su futuro académico o laboral y en parte también para todo lo que rodea estos escenarios, desenvolverse en la sociedad, autogestionar sus emociones y encontrar la motivación en los momentos difíciles.

Pues bien, el desarrollo de las capacidades relacionadas con el dibujo puede mejorar y mucho la superación de estas vicisitudes. Como encontramos en la legislación citada anteriormente, entre las finalidades de la asignatura de Dibujo Técnico figura, específicamente la de *“dotar al estudiante de las competencias necesarias para poder comunicarse gráficamente con objetividad”*. Esta es sin duda una de las más importantes razones para fomentar el dibujo en el aula, el dibujo facilita la comunicación, en sus dos niveles; primero ayuda a la comprensión o interpretación de la realidad observada y segundo; facilita la elaboración de nueva información que sea fácilmente comprensible por los destinatarios de la comunicación. Llegar a este nivel de comunicación doble requiere adquirir las

competencias que le llevan a poder interpretar los sistemas de representación que codifican el mundo que nos rodea, debe ser entonces capaz de abstraerse y poder ver los objetos tridimensionales que representa un dibujo bidimensional y viceversa. Es preciso que los alumnos adquieran la habilidad de representar en un papel lo que quieren comunicar y de entender las comunicaciones de otros.

Es obvio pensar que el dibujo se debe enseñar en las materias que lo tratan en profundidad, la asignatura de Dibujo Técnico que ya he citado o la de Educación Plástica Visual y Audiovisual pero es sabido que el tratamiento académico estricto de esta materia suele alejar al alumno del interés por la misma en vez de fomentar su atractivo. Para que el dibujo sirva en la comunicación de la que hablamos no tiene que ser técnicamente perfecto o estéticamente atractivo, tiene que ser válido, representativo y entendible. Por esta razón este trabajo se centra en fomentar el uso del dibujo en la enseñanza/aprendizaje de las ciencias, porque busca su utilidad más allá de lo artístico y lo técnico, busca que sirva para aprender a aprender, para fomentar la memoria y la atracción por las materias de ciencias.

El uso del dibujo como herramienta didáctica en las asignaturas de ciencias fomentará el “*saber ver*” con el que el alumno podrá comprender aquello que le rodea, recibir la información que transmite esa imagen y analizarla de manera objetiva y crítica para después elaborar su propia respuesta o comunicación subsiguiente, lo que podemos enmarcar dentro del “*saber hacer*”.

Si ponemos el foco en las asignaturas de ciencias propiamente dichas y recorreremos el currículum de las mismas, sus criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables encontraremos varias referencias al dibujo, por citar algunos ejemplos:

- En la asignatura de Ciencias aplicadas a la actividad profesional de 4^a curso de ESO se habla de la necesidad de que el alumno use un cuaderno de dibujos, anotaciones etc. para registrar el trabajo de laboratorio.
- En Tecnología del mismo curso se habla de que el alumno podrá adquirir técnicas básicas de dibujo en el apartado de Expresión y comunicación técnica.
- En la asignatura de Biología y Geología de tercer curso de ESO se suele señalar, como criterio de evaluación la interpretación de dibujos y esquemas de diferentes temas como de los diferentes tipos de plantas. En Bachillerato, por poner otro ejemplo, se requiere ser capaz de interpretar

dibujos y esquemas de las estructuras anatómicas del cuerpo humano entre otros.

Es fácil pensar entonces que si demandamos a nuestros alumnos que sean capaces de reconocer partes, conceptos o estructuras en una representación esquemática o dibujo también debemos aportarles un mayor conocimiento del dibujo en sí, su utilidad y manejo en el campo de las ciencias. Debemos fomentar en el estudiante el uso del dibujo en todas las disciplinas donde tenga aplicación y las asignaturas de ciencias que nos competen son el vehículo perfecto para esta labor, pues en gran parte se basan en el reconocimiento de las características del mundo que nos rodea, sus elementos y la forma de los mismos tanto externamente como en sus componentes.

3. Dibujo y ciencia

Históricamente dibujo y ciencia han caminado de la mano. Aquellos que se han dedicado a la investigación y/o enseñanza de las ciencias se han valido del dibujo para la comprensión del objeto de estudio y para la transmisión de los resultados de sus investigaciones.

A continuación haremos un resumido **recorrido histórico** que muestra la importancia del dibujo en los avances científicos: el nacimiento y desarrollo de la ilustración científica:

- **Primeras manifestaciones del dibujo científico.** Los primeros humanos y las civilizaciones antiguas nos dejan un legado pictórico importante en sus paredes y utillaje. Las pinturas rupestres suelen representar animales en medio de escenas de caza, en manadas o en solitario. Sin conocer la intención con que fueron hechos podemos afirmar que los mismos nos ha ayudado a conocer la biología y antropología correspondiente a esa época. En la antigua civilización Egipcia y las precolombinas entre otras, se repiten este tipo de obras que nos han permitido conocer su modo de vida y las características del medio natural en que vivían.
- En oriente medio destaca Abu Ali al-Husayn ibn Abdullah ibn Sina, conocido como “**Avicena**” (980-1037) que realizó ilustraciones con la temática de la anatomía del cuerpo humano. No fue el único en hacerlo aunque las enseñanzas del Islam a menudo prohibían este tipo de obras. Esto hizo que los ilustradores árabes usaran una técnica muy esquemática para esquivar la censura por lo que los trabajos eran, en ocasiones, difíciles de interpretar.
- **Leonardo Da Vinci (1452-1519).** Su trabajo como ilustrador es bastante conocido, realizó disecciones de cadáveres humanos y animales y retrató también planos y bocetos de sus inventos. Parte de su trabajo sobre anatomía se publicaría años después de su muerte por lo que es más conocido ahora que en su propia época.
- **Andreas Vesalius (1514-1564)** dedicó su vida al estudio del cuerpo humano y llenó su obra “*De humani corporis fabrica*” de dibujos muy detallados del cuerpo humano, tanto es así que se le considera el fundador de la anatomía moderna (Grill, 2013).

- **Robert Hooke (1635-1703)** en su libro "*Micrographía*" describe su observación al microscopio de una lámina de corcho. Es el primero en usar la palabra célula y sienta las bases de la teoría celular.
- **Anton Van Leeuwenhoek (1632-1723)** perfeccionó el microscopio óptico y describió, usando también el dibujo, las primeras bacterias lo que le eleva a la categoría de padre de la Microbiología.
- **Alexander von Humboldt (1769-1859)** usó el arte para transmitir conocimientos específicos. Se le tiene por gran impulsor de esta metodología pues animó y se encargó de formar a un gran número de artistas para que dibujaran con una mirada científica. En sus viajes a América durante el siglo XIX realizó una gran cantidad de obras, en su mayoría de carácter paisajístico en las que daba gran importancia a la representación de la fisonomía de cada región. Con una técnica realista lograba la representación de la topografía exacta de cada lugar lo que ayudaba a hacer un estudio comparado muy pormenorizado de las diferentes regiones. En su obra "*Cuadros de la naturaleza*" de 1808 desarrolla su metodología de descripción artística y científica de la naturaleza, centrándose principalmente en el detalle de la botánica y organiza sus obras en tres planos diferenciados, el primero y protagonista principal de la obra representa el individuo objeto de estudio, normalmente una planta, en el segundo plano relaciona a este ejemplar con otros que le rodean, ya sean animales o vegetales y logra representar incluso la relación que les une y en un tercer plano, más general, más amplio se centra en representar la situación geográfica, altitud, etc.

La importancia de este autor en concreto, artista en primer lugar, no científico pero sí compañía de aquellos que viajaban al nuevo continente con afán de investigación, no solo radica en su labor de enseñanza del arte como herramienta de divulgación científica sino también en la importancia que tuvo su trabajo en los círculos académicos de la época. Sus representaciones se obtenían de la propia observación de la naturaleza a pie de campo, diferenciándolo de otros artistas europeos coetáneos que realizaban sus obras a partir de las descripciones que les hacían los investigadores con lo que el resultado final era una mezcla de verdad científica y añadido artístico que buscaba más agradar y mostrar belleza que ser riguroso. Von Humboldt

cambió así la visión que tenían los europeos del continente americano (Garrido, 2015).

- **Santiago Ramón y Cajal (1852-1934).** Son famosos sus dibujos, copias fidedignas de preparaciones histológicas propias, en las que usaba la tinción de cromato de plata invención de Camillo Golgi (1843-1926), que mostraban la organización microscópica del sistema nervioso. El trabajo de ambos sobre el estudio del sistema nervioso les valió compartir el premio Nobel de Medicina en 1906. Obviamente su trabajo de histología le llevó al conocimiento de las diferentes células del tejido nervioso y sus dibujos le valieron para registrar estos descubrimientos y comunicarlos a la comunidad científica.

Su trabajo fue, como ya conocemos, revolucionario, y como anécdota recordaremos que al presentar sus dibujos en un congreso de medicina en Alemania, en el año 1889, donde exponía su teoría de que las neuronas son células aisladas, separadas entre sí por lo que él llamó espacios sinápticos, muchos de los allí presentes no le creyeron. Tuvo que, indignado, obligarles a mirar por un microscopio las preparaciones teñidas con la técnica de Golgi que el mismo Ramón y Cajal depuró, donde por primera vez se podía observar cada célula aislada de las que le rodeaban.

Con la llegada de la fotografía, la ilustración científica fue perdiendo protagonismo. La fotografía es más rápida, objetiva y, muy importante, suele conservar mejor su calidad a pesar del paso del tiempo. Sin embargo carece del valor didáctico que tiene el dibujo y que quedará argumentado en los capítulos posteriores.

4. Dibujo en el aula. Situación actual

Nuestro sistema educativo promueve el uso del dibujo en clase en las etapas de infantil y primaria pero lo olvida, a excepción de las asignaturas de dibujo técnico, en etapas superiores. El dibujo es, para los niños de entre 2 y 12 años, un medio más de comunicación, tanto es así que sus producciones con esta técnica se usan con frecuencia en estudios psicológicos en este rango de población.

La capacidad de dibujar es innata e inherente al ser humano, lo vemos en las pinturas rupestres que representan elementos naturales del entorno, escenas de caza y cotidianas y símbolos más abstractos referidos a creencias o al mundo de la imaginación.

Por medio del dibujo los niños mejoran su motricidad, su atención, sus capacidades comunicativas, y comienzan a desarrollar su pensamiento.

Pues bien, llegados a la educación secundaria, parece olvidarse la importancia de esta herramienta en el aprendizaje, quedando presente solo en aquellas asignaturas que se centran en el arte. Sin embargo instamos a los alumnos a dibujar anillos bencénicos en Química y poliedros en Matemáticas, dibujos sencillos sí, pero dibujos al fin y al cabo, que pierden su definición como tales al usarse como símbolos para representar palabras. Dibujar es simbolizar, en tanto en cuanto el dibujo nunca será una copia exacta en dos dimensiones de aquello que se quiere representar.

Debemos como docentes favorecer que los discentes practiquen diferentes tipos de simbolización, que puedan expresarse oralmente, por escrito, usando las TICs y también por medio del dibujo, no cercenemos desde las aulas una capacidad de comunicación con la que han nacido.

La implantación de las nuevas tecnologías en las aulas ha devuelto a la imagen su importancia en los materiales que usamos para enseñar. Se bombardea al alumno con fotografías y vídeos que apoyan la materia de sus libros de texto, cargados también de figuras. Pues bien, para poder conseguir el propósito de esa información visual debemos ayudar al alumno a comprender ese tipo de lenguaje. Qué mejor forma que instarle a confeccionar por sí mismo este tipo de herramientas. No olvidemos tampoco que para dibujar se puede usar una tableta u ordenador. Cada día son más y mejores los programas que ayudan a dibujar y con ellos

además se multiplican las posibilidades de modificación, animación y manipulación de esos dibujos, como ejemplo citaremos “*Tux Paint*”, “*Autodesk Sketch Book*” y “*Krita*” ya que se pueden descargar para diferentes sistemas operativos y además de forma gratuita. Su manejo sin embargo quizá deba enseñarse en el contexto de asignaturas relacionadas con la informática, el diseño de planos como Tecnología y en Dibujo Técnico o Artístico y Artes Plásticas.

Como docentes disponemos hoy en día de recursos TIC específicos para nuestro trabajo como las pizarras digitales interactivas y los paneles interactivos. Estas nuevas herramientas no estarán disponibles aun en la mayoría de centros educativos pero sin duda la tendencia actual va encaminada a ello. Son herramientas muy útiles que debemos conocer y requieren de una formación que debemos ir adquiriendo. Pues bien, estos recursos digitales nos pueden ayudar en nuestra misión de introducir el dibujo en las aulas de ciencias ya que aportan herramientas muy útiles a la hora de dibujar, usar colores, borrar, trabajar por capas etc. Si tenemos la suerte de contar con ellas en nuestro aula debemos exprimir las al máximo y usarlas en favor de un mejor aprendizaje, más interactivo, participativo y más visual. Otra ventaja de estos dispositivos es la posibilidad de guardar lo que se representa en pantalla para un uso posterior. También cuentan algunos con la capacidad de conectarse a los dispositivos de los alumnos y su conexión a internet puede ser muy útil a la hora de buscar recursos tales como videos o presentaciones en línea y también en escenarios como el actual donde una pandemia hace que la docencia no presencial se torne la única posible.

5. Evidencias científicas de las ventajas del uso del dibujo en educación.

A continuación se van a resumir diferentes estudios científicos que analizan el pensamiento visual y creativo, su utilidad en la enseñanza y su importancia en el ser humano.

Network structure and dynamics of the mental workspace (Schlegel, A., Kohler, P., Fogelson, S., Alesander, P., Konuthula, D. y Ulric, P., 2013).

Este estudio, cuyo título podemos traducir como “Estructura de red y dinámica del espacio de trabajo mental” estudia cómo actúa el cerebro del ser humano cuando manipula conscientemente las representaciones mentales, es decir, cuando imagina. Se justifica en el estudio del pensamiento creativo cuya aplicación en el aprendizaje o enseñanza de las ciencias cree requiere la capacidad de manipular las representaciones mentales con flexibilidad. A esto se refieren con el término de “espacio de trabajo mental” al que hace referencia el título de la investigación.

Plantea la hipótesis que cito textualmente a continuación: *“Las operaciones sobre representaciones visuales en el espacio de trabajo mental se realizan a través de la actividad coordinada de una red o regiones distribuidas que abarca, al menos, las cortezas frontal, occipital y parietal.”*

En el estudio se realizó un análisis de la actividad neuronal mediante el uso de la resonancia magnética en quince voluntarios mientras estos manipulaban mentalmente imágenes visuales que se les iban enseñando. Por ejemplo se les mostraban cuatro imágenes tridimensionales que conformaban una mayor al unirse como si de un puzle se tratara y también se les proponía el ejercicio contrario. Para identificar las regiones de interés en el cerebro se toma como criterio el aumento del nivel de oxigenación o de flujo sanguíneo cuando se realizaban los ejercicios de manipulación mental de imágenes frente al flujo observado en condiciones de mantenimiento o ausencia de ejercicios.

Este análisis dio a conocer once regiones bilaterales corticales y subcorticales lo que sugiere que una red generalizada media las tareas de manipulación consciente de las imágenes. Esta red incluye cuatro regiones principales o centrales: Corteza prefrontal dorsolateral, Corteza occipital, Corteza posterior parietal y Precuneus posterior. A estas cuatro se añaden otras que muestran actividad pero

sin la especificidad que sí muestran las cuatro principales, por eso se habla de la probabilidad de que exista una red extendida de regiones que participa en las operaciones mentales estudiadas.

Analizando cada una de las regiones principales encontraron que;

- La corteza frontoparietal (como unión de las cortezas prefrontal dorsolateral y posterior parietal) parece ser responsable de mantener la memoria de trabajo a través de la atención. Esta corteza puede organizar las reglas abstractas de modo flexible y luego aplicarlas a representaciones específicas, una capacidad común a muchos procesos cognitivos flexibles en el ser humano como el razonamiento analógico, la creatividad y la inteligencia fluida.
- La corteza occipital: en este estudio se amplía el conocimiento de otros estudios sobre la función de la corteza occipital, los resultados revelan nuevos hallazgos: la corteza occipital no solo es la región donde se forman las representaciones mentales sino que también es donde se operan o manipulan.
- Precuneus: Es una de las regiones de la corteza más conectadas lo que incita a pensar que puede ser una especie de centro de comunicación de varias redes corticales. En este estudio se concluye que el Precuneus desempeña un papel central en el procesamiento consciente de la información o trabajo mental ya que su actividad aumenta al practicar los ejercicios expuestos con anterioridad y lo hace simultáneamente al aumento de oxigenación de las cortezas frontoparietal y occipital que se han explicado antes. Es el Precuneus por tanto el nexo más importante entre estas regiones.

En cuanto al resto de zonas en las que se observa una actividad más secundaria en este estudio se describen los siguientes hallazgos:

- El cerebelo, hasta ahora reconocido solamente como responsable de la coordinación motora, se descubre ahora como conector de las cortezas parietales prefrontales y posteriores que son las mediadoras de los procesos de atención.
- La corteza posterior inferotemporal participa en el procesamiento de los objetos visuales.
- El tálamo es un centro de interacción entre las áreas corticales y parece ser que su papel en la conciencia es decisivo.

- El lóbulo temporal medial media en la recuperación de la memoria y en la formación de la misma.
- Campos oculares frontales controlan la atención visual.
- El opérculo frontal controla la atención hacia la memoria.
- La corteza Frontal medial es un centro que juega su papel en los procesos de atención autodirigida.

Un hallazgo a destacar de este estudio es que la conectividad de la red descrita cambia en los ejercicios en los que se manipulan representaciones con respecto a aquellos en los que sólo se mantienen u observan. Se observa actividad en las mismas regiones pero su grado de conectividad sí varía. En el segundo caso, cuando solo hay mantenimiento, es el lóbulo temporal medial el que actúa de centro y en el primero, la observación o mantenimiento, el centro es el precuneus posterior.

Este estudio demuestra que los patrones de actividad de la red neuronal descrita median la recombinación flexible de imágenes mentales.

De este estudio obtenemos la prueba de que la observación y el análisis de imágenes al punto de poder manipularlas y trabajar en ellas, como se hace al observar y dibujar lo observado, activa una amplia red neuronal cuyos componentes se relacionan con la memoria (principalmente relacionada con el lóbulo temporal) y el aprendizaje.

Otro estudio interesante en esta materia es el llevado a cabo en la **Universidad de Toronto (Vartanian O. y Skov M., 2014)**, en el se postula que el cerebro del ser humano está diseñado, biológicamente hablando, para apreciar el arte.

En este estudio se hace una revisión de investigaciones que analizan la actividad cerebral relacionada con el arte, tanto al observar obras artísticas como al realizarlas. Los investigadores observan en estos estudios que al observar o analizar pinturas se activan numerosas áreas cerebrales relacionadas con el aprendizaje y las emociones además de las más obvias relacionadas con la visión y el reconocimiento de objetos.

Concluye que el arte mejora el funcionamiento del cerebro, al estimular diferentes áreas cerebrales estimula también la creatividad y la capacidad de aprender, se estimula también la capacidad de resolver problemas, la memoria y la capacidad de aprender. Además otro estudio indica que visitar museos de diferentes estilos para apreciar el arte mejora la tolerancia, aunque este sería otro tema de estudio diferente al que nos compete.

El arte, según los estudios analizados también es terapéutico, dibujar y pintar, entre otras actividades artísticas hace disminuir el estrés y aporta sosiego.

En este estudio de revisión bibliográfica se analizan también diferentes experiencias que unen arte y aprendizaje tomando como objeto de estudio personas con diferentes patologías cognitivas. En todos los casos el uso del arte mejora la capacidad de aprendizaje y aporta además una mejora comportamental debida a la influencia positiva que el dibujo y la pintura tienen sobre los niveles de estrés.

“Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado” (Gómez Llombart, V. y Gavidia Catalán, V., 2015). Frente a la potenciación que muestra el currículo educativo del lenguaje verbal y escrito como vehículo para el aprendizaje de las ciencias este estudio se centra en la defensa del lenguaje visual.

Una concepción tradicional del aprendizaje impone la descripción como la primera y más básica habilidad cognitivo lingüística que incluye la identificación de un objeto observado, la necesidad de categorizarlo por sus propiedades más significativas y, una vez cuantificadas estas, describirlo. En definitiva, así se busca la promoción del lenguaje científico entre los estudiantes olvidando que el lenguaje visual es igual de importante para lograr la construcción del conocimiento significativo en las materias de ciencias y para facilitar la tarea descriptiva.

En este estudio se defiende también que la memoria para las imágenes es más potente que para las palabras, es decir, la memoria visual se traduce en memoria a largo plazo.

Se apoyan en Ainsworth, Prain y Tytler (2011) que defienden que con el uso del dibujo los estudiantes conseguirán:

- Estar más motivados frente al estudio al sentirse más implicados en el mismo.
- Mejorar su capacidad de representación de los conceptos y procesos científicos y profundizar así mejor en aquello que han representado ellos mismos.
- Alcanzar un razonamiento multimodal y creativo que le ayudará a argumentar de una manera más eficiente.
- Desarrollar una nueva estrategia de aprendizaje a través del dibujo.
- Comunicar sus conocimientos y pensamientos a través del dibujo, que puede usarse para compartir y discutir ambos con otros alumnos.

Estos autores creen que el dibujo es clave para desarrollar estrategias de aprendizaje mediante la reorganización de ideas y la integración de nuevos conocimientos.

Gómez y Gavidia (2015) realizan un experimento interesante y sencillo entre los alumnos de magisterio, en la asignatura de "*Ciencia para maestros*". Eligen 127 alumnos al azar y los dividen en dos grupos de estudio, A y B. Se les pide a ambos que describan un insecto concreto: una hormiga. El grupo A debe usar la escritura para realizar esa descripción y el grupo B debe realizar un dibujo, lo más descriptivo posible de una hormiga.

Posteriormente se les permite, a ambos grupos, la observación de hormigas vivas a la lupa y se les pide que repitan el ejercicio (descripción escrita y dibujo respectivamente).

Por último se les proporcionan preguntas sobre el insecto a modo de guía, tales como: "¿Tiene la hormiga el cuerpo segmentado?, ¿Qué estructura bucal utiliza para alimentarse?, etc." y se les pide que repitan su descripción por tercera vez.

Se analizan las producciones de todos los alumnos, de cada uno de ellos por separado fijándose en lo completa y exacta, en términos científicos que era cada descripción desde el primero hasta el tercer ejercicio. Se concluye que aquellos alumnos que dibujaban consiguieron una mejora mayor en sus descripciones de la hormiga, es decir, consiguieron un mayor aprendizaje.

El interés de este estudio radica en el propio diseño del experimento pues mide el conocimiento de futuros maestros teniendo en cuenta tres momentos del aprendizaje por así decirlo; en el primer ejercicio se pedía una descripción basada en ideas previas, en el segundo lo mismo pero tras realizar una observación del espécimen a modo de trabajo de investigación autónoma y en el tercero se dirigía al estudiante mediante preguntas que hacían fijar la atención en diferentes características propias de la anatomía de la hormiga como su número de podos o su aparato bucal.

Así se observa el potencial del dibujo para detectar las ideas previas, para construir conocimiento tras la observación autónoma y para evaluar también el progreso de los alumnos si se tienen en cuenta los tres ejercicios en su secuencia de realización.

Los autores redactaron las conclusiones de su estudio que se resumen a continuación:

- EL dibujo mejora la integración de información visual, ayuda a construir conocimiento y por ello fomenta el aprendizaje significativo.
- Expresar imágenes mentales dibujando ayuda a evaluar los propios conocimientos y facilita el cambio conceptual.
- El dibujo es una muy buena herramienta para detectar ideas previas.
- Como comunicación de conocimientos es mejor herramienta que la descripción escrita.
- Si se plantean cuestiones de reflexión sobre lo que se está observando se mejora el resultado descriptivo de los dibujos.

Con estas conclusiones los autores ven necesaria la inclusión del dibujo en la formación del profesorado para que este pueda usarlo en su labor docente dadas las comprobadas ventajas que aporta al aprendizaje significativo.

Seguimos con el resumen del **estudio de Gómez-Galindo y Gastón** que relaciona el dibujo con el desarrollo de la memoria y el aprendizaje significativo:

“El trabajo con dibujos, enmarcado en procesos de modelización, permite una mejor explicitación de las concepciones y proceso cognitivos de los estudiantes, promoviendo una mejor comprensión de los modelos de los/as alumnos/as sobre temas de biología evolutiva” (Gómez-Galindo y Gastón, 2017).

Así de contundente es la propuesta del trabajo presentado en el X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias celebrado en Sevilla en 2017.

En este trabajo se busca solucionar los problemas de comprensión de los modelos evolutivos que presentan los alumnos latinoamericanos. Según la bibliografía, muchos de estos problemas vienen del lenguaje científico y los términos que competen al estudio de la evolución; palabras como “adaptación”, “mutación” o “selección” son memorizadas por los alumnos que las regurgitan en sus trabajos sin haber llegado a comprender realmente su significado en este contexto.

En este estudio se utiliza una metodología basada en la modelización (construcción de modelos para razonar fenómenos, estos modelos pueden ser dibujos o diagramas entre otros). Se implanta en un grupo de 72 estudiantes con edades que rondan los 15 años. Se explica la selección natural a partir del cambio de color de la capa de los lobos árticos a lo largo del tiempo y así se explica también el modelo de especiación alopátrica. Se hace énfasis en el uso de diferentes formatos de representación de las explicaciones de los alumnos y se les somete a

diferentes ejercicios. Para este estudio se tiene en cuenta el último de ellos donde deben explicar la evolución del largo de las extremidades de las “chitas” (guepardos) y un caso de especiación de un coleóptero en Chile y Argentina. El objetivo es ver los modelos que construyen los alumnos y se le pide a cada uno que exprese las respuestas en dos formatos; escrito y dibujo.

Los autores concluyen que al comparar las explicaciones construidas con texto con las dibujadas, el dibujo permite explicar términos que se utilizan en el texto de manera que la representación gráfica completa al uso de la palabra y evidencia una mejor comprensión de los términos científicos que el uso del texto solamente.

En el ensayo “**Aprender a pensar, dibujando**” (Olaizola, 2007) trata el tema del aumento hoy en día del número de imágenes a nuestro alrededor. Se refiere a este hecho como “*un mundo dominado por imágenes*” y apunta que es necesario ayudar al estudiante a que desarrolle su capacidad de analizar esas imágenes y los conceptos que representan para generar ideas y pensamientos propios. Habla entonces del dibujo como posibilitador de esta tarea ya que expresar las ideas mediante bocetos ejercita la observación y la capacidad de revisión de las propias ideas.

El dibujo contribuye a que el alumno aprenda a pensar correctamente porque la información por sí misma no genera conocimiento, es necesario acercarse a lo pensado para llegar a conocerlo. Por lo tanto, usar el dibujo como herramienta para formar el pensamiento busca obtener mejores pensadores, no mejores dibujantes, estudiantes con una mayor capacidad de observación. Para este fin se propone diseñar ejercicios para ayudar al estudiante en la labor de observación y en la de esquematización de lo que ha visto, poniendo hincapié en la necesidad de que sus producciones sean explicativas y no artísticamente perfectas.

A la hora de observar hay que hacerlo a varios niveles, ir de lo general a lo particular o viceversa, debe obtener interrogantes al observar para poder generar una reflexión que conduzca a una mayor comprensión del objeto observado para conseguir así una producción en forma de dibujo esquemático que sirva realmente para comunicar de forma comprensible a otros observadores.

Olaizola recomienda el uso del cuaderno de bocetos a modo de diario del pensamiento, para que el estudiante adquiera el hábito de dibujar con frecuencia lo que piensa y aclare así sus ideas. En este cuaderno debe haber también texto que será apoyado por los esquemas o bocetos.

6. Relación del dibujo con la motivación y el desarrollo personal del alumno.

Sorprendentemente es común en el diseño curricular de las diferentes comunidades autónomas de nuestro país y otros la falta de atención hacia las competencias referidas al pensamiento visual y la cognición viso-espacial mientras que se incluyen con bastante importancia en programas educativos de estimulación cognitiva dirigidos a alumnos con necesidades de apoyo educativo (Álvarez, 2007).

El dibujo se utiliza en la docencia con alumnos con necesidad de adaptación curricular significativa en varios momentos de la misma, en la explicación de la materia, los ejercicios que debe realizar el discente y en la evaluación, tanto para apoyar la materia que se enseña como para que el alumno exprese su conocimiento, es decir, como un medio de comunicación que complementa o sustituye al habla.

Además la expresión artística se usa, en todas sus formas, entre los educadores que trabajan con personas con discapacidad intelectual para fomentar el aumento de la autoestima.

Por otra parte la mejora de la autoestima a través del cultivo de las artes se extiende a toda la población. Un ejemplo relativamente reciente del uso del dibujo en este campo es su aplicación en dinámicas de mindfulness dirigidas al mejor conocimiento de uno mismo y al control de las emociones en situaciones de estrés. Normalmente la práctica del mindfulness se aplica en educación infantil y en grupos de alumnos de otros niveles con alguna necesidad de adaptación educativa por ejemplo en alumnos de altas capacidades, aunque ya existen planes didácticos que lo incorporan a lo largo de todo el curso y para todo tipo de alumnos.

7. Metodología para fomentar el uso del dibujo en la enseñanza de las asignaturas de ciencias.

El dibujo será una buena estrategia de aprendizaje para el alumno siempre y cuando cumpla que ayuda a este a:

- Observar; para ello debemos dirigir al alumno ante la realización de un dibujo para la asignatura. Debemos definir el propósito de ese dibujo, si queremos que se represente una estructura concreta o el todo de lo observado, debemos puntualizar o más bien guiar el foco hacia los elementos o características más destacables del modelo.

Para tales labores podemos comunicar al alumno los conceptos a tener en cuenta directamente o a través de preguntas que dirijan su atención a esos conceptos y facilitar un trabajo más crítico y autónomo.

Debemos también recomendar el material más adecuado para conseguir el propósito del dibujo y el detalle que requiera, a veces utilizar color, etc.

Si se habían detectado ideas previas desacertadas sobre el objeto del dibujo debemos recordarlas para evitar que se sigan reproduciendo y mejorar el aprendizaje a partir de la identificación y corrección del error.

Recuerdo el ejemplo de dibujar una hormiga como representante de los insectos en una de las investigaciones tratadas con anterioridad.

- Modelizar: En el caso de la representación de fenómenos o procesos naturales es importante la simplificación de los mismos en modo de esquemas, diagramas y ciclos, así se pasa del dibujo de un objeto o individuo al dibujo del proceso en el que interviene o el fenómeno al que se ve sometido. En este tipo de producciones se combinan acertadamente texto y dibujo para expresar un hecho científico.

Aquí es importante destacar que este tipo de ejercicios ayudan al alumno a comprender los diagramas que suelen aparecer en sus libros de texto y el significado de su simbología; las flechas, los círculos concéntricos que agrupan elementos etc.

Un típico ejemplo de modelización es construir un dibujo que represente el ciclo del agua.

- Recordar: El objetivo del uso del dibujo en nuestras clases es favorecer el aprendizaje, no se trata de embellecer el cuaderno de laboratorio o de hacer más llevadera una sesión en el aula, cada dibujo debe proponerse como una estrategia de aprendizaje y debe elegirse cada ejercicio con este fin, por ejemplo no tiene sentido hacer dibujar al alumno cinco células vegetales de cinco vegetales diferentes si el objetivo es que recuerden los componentes principales de toda célula vegetal, se propondrá el dibujo detallado de una sola.
- Comunicar: La realización de un dibujo puede ser una ayuda ideal para transmitir el conocimiento que se ha adquirido en clase, llegamos a lo que se puede considerar el último paso en el aprendizaje, se ha aprendido realmente algo cuando se es capaz de transmitirlo a otros.

Hablamos entonces de dibujar para realizar la presentación de un trabajo individual o grupal o para contestar a una pregunta de examen.

Un último aspecto para reflexionar sobre el dibujo; esta estrategia de aprendizaje nos permite visualizar lo invisible, es decir, permite al alumno crear una imagen mental de aquello que su ojo solo vería a través de un microscopio, más aun, permite visualizar la relación entre individuos, el paso de una forma a otra, el proceso en sí. Por ejemplo al representar el transporte activo de sustancias a través de una membrana celular.

Una vez comprendida la intención de fomentar el dibujo en los alumnos, al profesor le puede asaltar una duda: ¿Debo convertirme en profesor de arte también? ¿Si quiero fomentar el dibujo en mis clases debo ser un gran dibujante?

La respuesta a ambas preguntas es no. No olvidemos que el dibujo del que hablamos no se centra en su calidad artística, se trata de que sea representativo de la tarea propuesta y útil para el aprendizaje. Es cierto que un profesor que sepa dibujar estará más predispuesto a hacerlo en sus clases pero no es imprescindible, el dibujo, como casi todo, mejora con la práctica. A continuación se sugieren unos ejercicios sencillos dirigidos a los docentes para romper el miedo a la hoja en blanco y animarse a dibujar.

Ejercicios para la iniciación del docente al dibujo simplificado.

Según la RAE, el Dibujo es “*la representación gráfica de lo que vemos, percibimos, recordamos e imaginamos*”. Esta es una definición sencilla y general. Si queremos usar el dibujo en clase como estrategia de enseñanza nos centraremos en el dibujo simplificado, una combinación entre dibujo a mano alzada y dibujo geométrico que nos ayude a conseguir una modelización rápida de lo que queremos representar con el fin de mejorar la comunicación con nuestros alumnos. Hay que tener en mente que cualquier objeto o fenómeno natural que podamos observar, con o sin microscopio u otros instrumentos, puede simplificarse en una figura geométrica o una combinación de ellas, la línea será nuestro elemento básico.

¿Por dónde empezamos? Para empezar elijamos los materiales a usar; papel, lápiz y goma de borrar, más sencillo imposible. Empezamos con el lápiz porque su manejo es más sencillo incluso que el de una tiza, porque podemos llevarlo encima siempre y porque se puede borrar, corregir nuestros errores al dibujar es primordial, sobre todo al empezar. Más adelante podemos animarnos a usar otros útiles como bolígrafo o carboncillo para explorar la variedad de matices que pueden aportar a nuestras producciones. Por supuesto debemos pensar también en practicar con la pizarra de clase ya sea esta tradicional o digital pues será el lienzo que usaremos en clase.

¿El buen dibujante nace o se hace? Se hace, no hay duda, por encima del talento natural que tenga cada persona para esta tarea, la práctica hace la perfección. Aunque hayan pasado años desde tu último garabato, aunque nunca te haya atraído o incluso guardes un mal recuerdo de tus clases de Educación Plástica, no debes desesperar, a dibujar se aprende dibujando.

¿Cómo puedo practicar? Has de tener en cuenta el porqué de tus dibujos, quieres dibujar para comunicar, para transmitir ideas y conceptos científicos, quieres dibujar biología y geología y es justo esa temática en la que debes buscar modelos. Vamos a partir de una fotografía, un elemento en dos dimensiones que puedes tener impreso junto a tu hoja en blanco y dónde vas a poder medir, marcar referencias etc.

Ejercicio 1:

Representar un espécimen biológico. Elegimos por ejemplo una flor de lirio pensando en representar las estructuras reproductivas de las plantas para clases futuras.

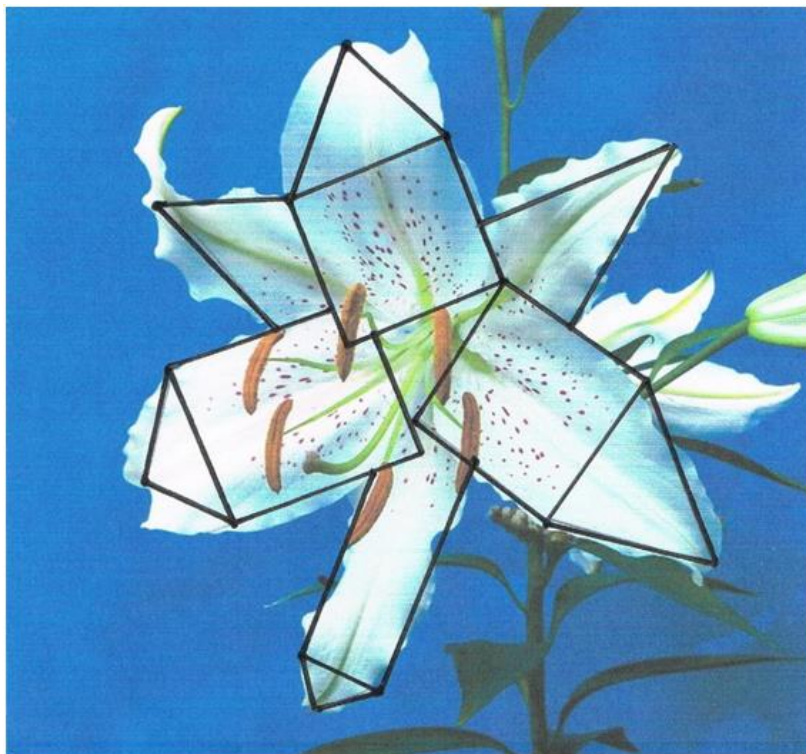


Para este trabajo se ha utilizado una imagen sin licencia extraída de la web pero se recomienda utilizar, en general, modelos reales que se tengan a mano, una flor de interior que tengamos en casa o de un lugar cercano. Igual para cuando realicemos dibujos en clase, si hay que elegir un modelo y este es conocido para los alumnos les resultará más interesante.

Trabajaremos a partir de una fotografía en primera instancia, con la práctica nos será más sencillo hacerlo desde el modelo real.

1º.- Mirar con intención, observar y predisponer nuestra mente a la abstracción, es decir, mirar la estructura de la flor y descomponerla en figuras geométricas. Dibujar esas figuras sobre la fotografía para empezar, más adelante esto no será necesario ya que seremos capaces de descomponer el objeto real en geometrías en nuestra imaginación.

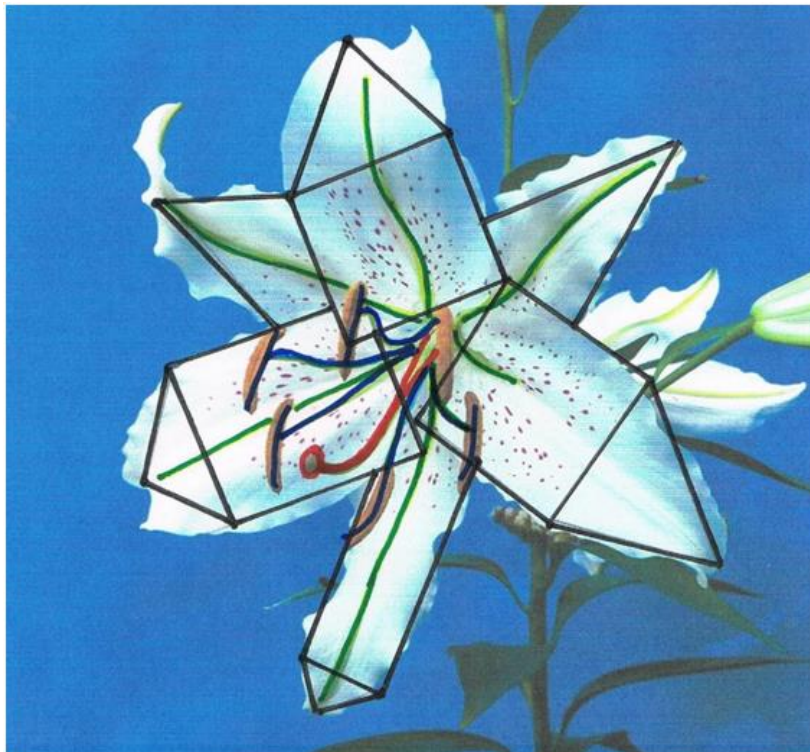
En la imagen siguiente se puede ver solo una de las infinitas posibilidades de descomposición geométrica de esta imagen en concreto. Al empezar este tipo de ejercicios suele haber tendencia a simplificar solo a medias la tarea, por ello en tu primer intento puedes obtener una figura como la que sigue.



2º.- Completar con líneas algunos de los detalles (estambres, pistilo...).

Este segundo grupo de referencias marcan la situación de algunos elementos importantes. Al cruzarse con las figuras geométricas nos dan idea de la situación espacial de cada una de las partes que nos interesan del dibujo. Nos van a ayudar a mantener las medidas proporcionales de la figura.

En esta etapa es importante recordar el propósito de nuestro dibujo; queremos mostrar una figura representativa de la realidad con un fin didáctico y no estético. Con esto queremos decir que podemos sentirnos libres de modificar la colocación de algún estambre por ejemplo si este nos limita la visión de otra estructura.



3º.- Trasladar el esquema de figuras y líneas a la hoja en blanco.

Podemos empezar calcando directamente, con ayuda de papel para este fin o apoyando nuestro folio en la ventana para ayudarnos con la luz natural. Según vayamos realizando más ejercicios de este tipo iremos tomando confianza y pasando las figuras geométricas al folio en blanco a mano alzada.

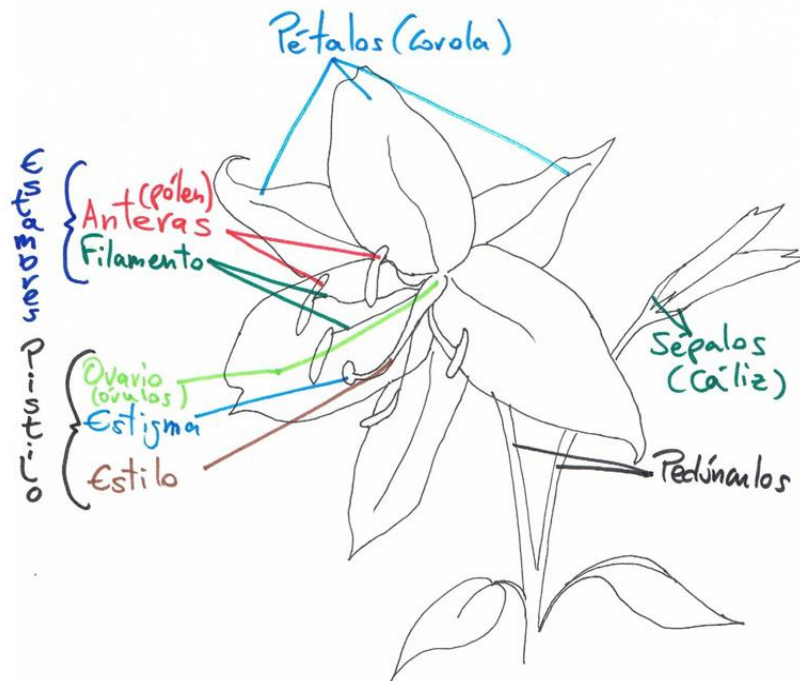


4º.- Completar el dibujo sobre las figuras y borrar estas.



5º.- Añadir detalles y texto con nomenclatura o aclaraciones.

Ya tenemos una ilustración, ahora falta darle carácter científico, divulgativo. Usaremos flechas, bocadillos, anotaciones al margen y usaremos colores si eso hace que el resultado nos resulte más claro y explicativo.



Durante la realización del trabajo recordar siempre:

- Dibujar es un proceso de investigación así que está permitido corregir, es más, es recomendable, si somos exigentes con las proporciones en nuestros primeros intentos mejoraremos nuestra técnica con mayor velocidad.
- Los detalles siempre al final, no vaya a ser que después de conseguir unos estambres fieles a los originales descubramos que están desproporcionados con el resto del dibujo.
- No perder de vista el fin de nuestro dibujo, vamos a dibujar para comunicar, si hay que eliminar un elemento que aparece en la fotografía porque está repetido o dificulta la observación de un elemento que está detrás podemos eliminarlo o modificarlo. Por ejemplo dibujar sólo los estambres que hay detrás o a los lados del pistilo pero no los de delante o desviar estos.
- Imaginar está permitido. Quizá hayamos ocupado solo una parte pequeña del folio, podemos añadir más estructuras interesantes, ¿Qué tal el tallo y las hojas con un detalle aumentado de los estomas?

Por último destacar que este ejercicio es solo un ejemplo, es importante empezar a dibujar con algo que te motive realmente, quizá la estructura interna de la tierra o la imagen de la célula vegetal con sus orgánulos. Empieza a partir de una foto si es posible, mejor que de un dibujo y sigue los mismos pasos.

Para continuar practicando se recomienda el uso de la temática de nuestras clases, no solo dibujarás con más calidad cada día sino que adquirirás velocidad y otra ventaja muy importante, si interiorizas la realización de un dibujo a base de repetirlo te será más fácil realizarlo en la pizarra del aula mientras hablas explicando la lección y te giras cada poco tiempo para centrar la atención de los alumnos.

Ejercicio 2:

Ahora vamos a analizar una representación diferente, queremos plasmar en la pizarra **un proceso, un fenómeno que ocurre en la naturaleza**, cuyas etapas están definidas y ordenadas.

Tomemos por ejemplo el ciclo litológico o de las rocas.

Buscaremos, al igual que antes, una fotografía, esta vez, obviamente encontraremos con mayor facilidad dibujos de otros autores, es recomendable huir del dibujo presente en el libro de texto, demos a nuestros alumnos que se puede representar de otra forma, pensemos que ellos van a copiar en sus cuadernos nuestro esquema y les va a venir bien tener más de una perspectiva.



1º.- Observar con intención, aquí la perspectiva no importa tanto, no se trata de dibujar objetos proporcionados, se trata de construir un esquema sobre un dibujo que está en segundo plano.

2º.- Dibujar las estructuras más básicas representadas: Volcán, ladera, mar y falla.

3º.- Situar los "bocadillos" donde pondremos los nombres de los tipos de roca y otros conceptos. Conviene usar formas de bocadillo o colores distintos para escribir los nombres de las rocas y los de los procesos que han sufrido, así el alumno distinguirá conceptos de proceso y de producto. Es importante usar el mínimo de colores posibles para evitar distracciones, 2 colores suele ser suficiente

4º.- Dibujar las flechas, repetir con uno de los colores usados antes, sólo marcar más las líneas.

Bien, este es el proceso que proponemos para realizar un ciclo como el de las rocas siempre que lo vayas a usar como ejercicio para entregar a los alumnos, es decir, este método está indicado para dibujar en un papel. A la hora de realizar este tipo de dibujos en la pizarra seguiremos un orden, el de nuestra explicación, iremos de una roca a la siguiente explicando el proceso por el que se forma, así, construiremos el dibujo paso a paso, cambiando el orden propuesto en este ejercicio, por ejemplo:

1º.- dibujo del volcán y el magma

2º.- dibujo de la ladera y procesos de erosión transporte, sedimentación etc.

3º.- dibujo del mar, roca sedimentaria etc. Así hasta completar el ciclo.

Debemos pensar que nuestro dibujo en la pizarra suele ser más claro que el que viene en el libro de texto por su simplicidad y puede ser una herramienta más útil para el alumno. Construir un ciclo como este en una de nuestras sesiones de clase marcará una gran diferencia en la comprensión del tema por parte de los alumnos, toma tiempo pero consigue el objetivo. Quizá sean este tipo de producciones las más interesantes para usar en clase y debamos priorizarlas frente al dibujo de objetos o estructuras anatómicas de seres vivos si acaso pensamos que nos faltará tiempo para completar nuestra programación.

Como reflexión final debes recordar que comunicar apoyándote en tus propios dibujos te hará mejor docente y a dibujar se aprende dibujando, nada más.

"Cuando se dibuja algo, el cerebro y las manos trabajan juntos" - Tadeo Ando (1941), arquitecto.

8. Propuesta de ejercicios de dibujo en la enseñanza de las ciencias para ESO y Bachillerato:

"Si no puedo dibujarlo, es que no lo entiendo" - Albert Einstein

Ahora que estamos decididos a incorporar el dibujo en nuestro trabajo diario para transmitir conocimiento y para guiar al alumno en su uso para adquirir ese conocimiento vamos a recorrer el currículo de la asignatura de Biología y Geología y otras susceptibles de ser impartidas por los mismos profesores en las etapas de ESO y Bachillerato para elaborar una lista de ejercicios que podemos instar a los alumnos a realizar. Ya sea como tarea en clase, para casa, para incorporar en sus proyectos o cuadernos de prácticas, para ayudarles a estudiar o como ejercicio evaluable.

La idea es proponer el mayor número de ejercicios posibles para que el docente pueda elegir los que va a implementar en sus clases o para inspirarle a proponer otros distintos una vez analizadas las necesidades de aprendizaje de sus alumnos. En ningún caso se trata de una metodología completa pensada para instaurarse punto por punto en el aula.

Recordar, por último que el mismo ejercicio puede proponerse como evaluación previa para conocer el nivel de conocimientos de los alumnos al principio de la unidad o sus ideas previas de un concepto científico, como ejercicio de repaso o para el estudio, como ejercicio evaluable al final de una unidad o como medio de comunicación del resultado de un trabajo.

8.1. Primer curso de ESO

8.1.1. Asignatura: Biología y Geología.

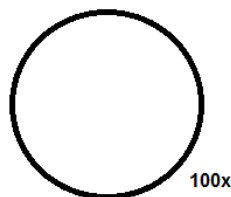
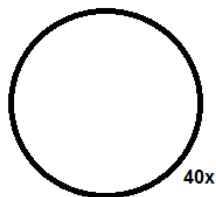
Bloque 1. Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica.

- Observación de muestras en el laboratorio. Manejo del microscopio óptico y de la lupa binocular.

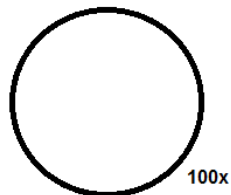
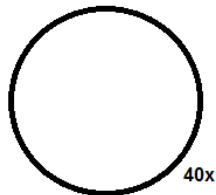
Actividad propuesta; Para mejorar el manejo de microscopio y lupa se dan al alumno diferentes preparaciones de tejidos y otros materiales para observar (rama con líquenes por ejemplo, minerales etc.). Se pide que registren lo que han visto mediante un dibujo sencillo a lapicero. Para facilitarle la tarea se les proporciona una plantilla que será corregida por el profesor como parte del trabajo de laboratorio que van a desarrollar los alumnos a lo largo del curso.

Escribe el nombre del espécimen observado en cada muestra y después dibuja lo que has observado utilizando los aumentos que se te indica al microscopio o a la lupa.

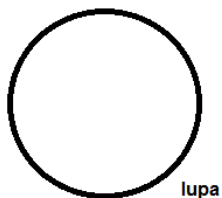
Muestra 1: _____



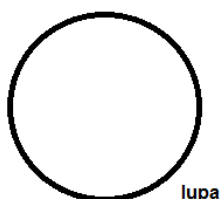
Muestra 2: _____



Muestra 3: _____



Muestra 4: _____



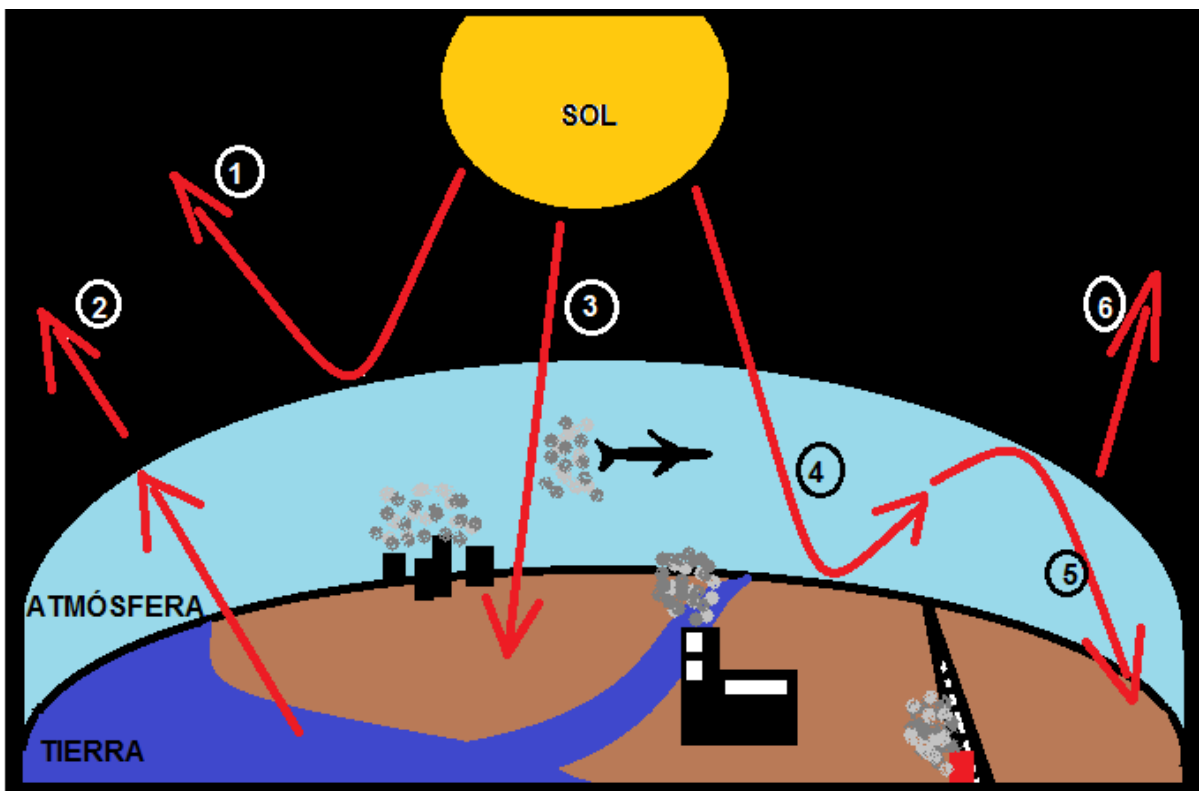
Bloque 2. La Tierra en el Universo.

- La geosfera. Estructura y composición de la corteza, manto y núcleo.

Actividad propuesta; Dibuja un “gajo” o sección del planeta Tierra donde se representen las capas de la geosfera. Dibuja también un perfil de la corteza oceánica y otro de la continental nombrando las diferentes características del relieve que has representado (Montaña, llanura, isla, valle, sima, fosa etc.)

- Efecto invernadero.

Actividad propuesta; Realiza un esquema del proceso por el que se da el llamado “Efecto invernadero”, debes dibujar los causantes del mismo y el recorrido que realizan los rayos de luz solar infrarroja indicando los fenómenos que sufre (Absorción, reflexión, emisión etc.). A continuación se muestra un ejemplo realizado con Paint del resultado esperado.



- 1: Radiación Solar (RS) reflejada por la atmósfera.
- 2: Radiación Infrarroja (RI) que atraviesa la atmósfera.
- 3: RS que penetra la atmósfera y llega a la Tierra y la calienta.
- 4: RS que calienta la tierra y se refleja en forma de RI
- 5: RI que no sale de la atmósfera por los gases de efecto invernadero
- 6: RI que sí sale de la atmósfera

- El ciclo del agua.

Actividad propuesta; Trabajo grupal, en grupos de 4 alumnos. Realizar un dibujo (cartulina Din A3) que represente el ciclo del agua, debéis situarlo en un lugar que

conozcáis personalmente y colocar en vuestro dibujo carteles con el nombre de los procesos que sufre el agua y flechas de dirección que indiquen cómo se mueve.

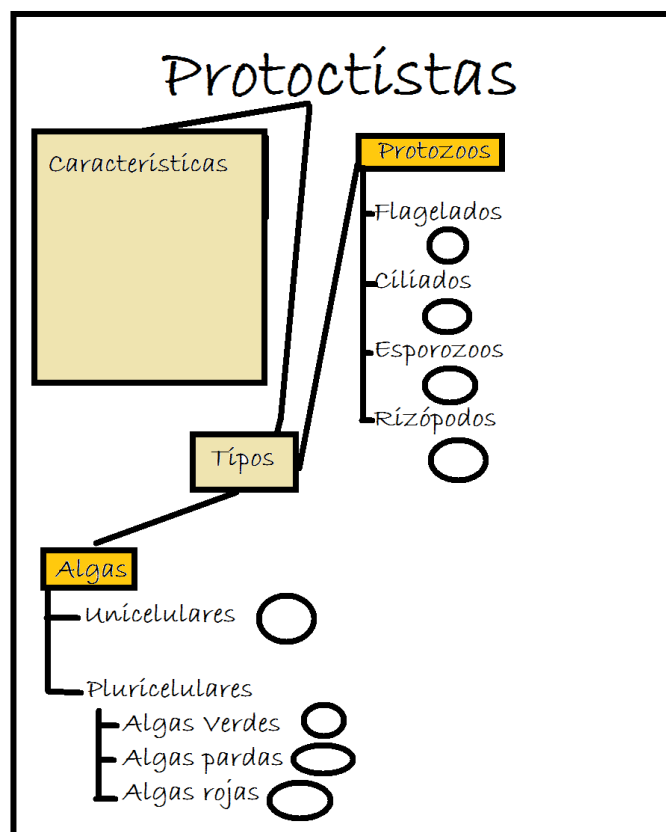
Bloque 3. La biodiversidad en el planeta Tierra.

- La célula. Características básicas de la célula procariota y eucariota, animal y vegetal.

Actividad propuesta: Trabajo grupal. Grupos de 4 alumnos. Realizar un póster con el dibujo de una célula procariota o eucariota señalando sus partes, orgánulos principales y demás características que diferencien unas de otras.

- Reinos de los Seres Vivos: Móneras, Protoctistas, Fungi, Metafitas y Metazoos.

Actividad propuesta: Trabajo grupal. Dividimos la clase en 5 grupos, cada uno de ellos hará mediante el trabajo colaborativo un póster sobre uno de los reinos de los seres vivos. En cada póster se debe incluir: Título (nombre del reino asignado al azar), cuadro de características principales del reino (Tipo de célula, mono o pluricelular etc.), ejemplos más representativos del reino (hacer un dibujo de cada uno y señalar sus partes más representativas). En la imagen se muestra un ejemplo posible de uno de los pósteres con los “dibujos” representados por círculos:



- Invertebrados: poríferos, cnidarios, anélidos, moluscos, equinodermos y artrópodos.

Actividad propuesta: Trabajo grupal. Dividimos la clase en 6 grupos y a cada uno de ellos se le asigna un tipo de invertebrados, deberán dibujar cada alumno un ejemplar del tipo asignado y señalar sus características más representativas. Todos los dibujos se incluirán en un póster grupal de cada tipo de invertebrado.

- Vertebrados: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

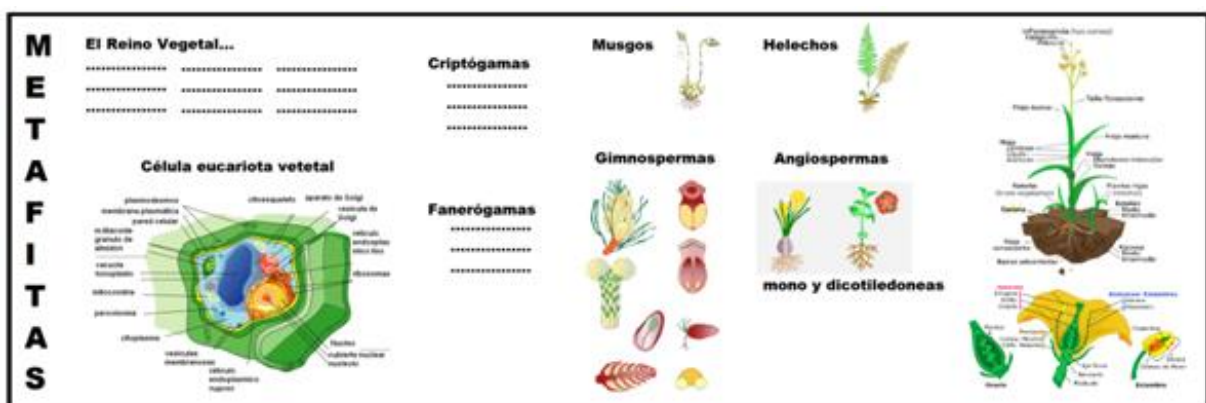
Actividad propuesta: Todos los vertebrados, según la teoría de la evolución, tienen un antepasado común, representa en un dibujo sencillo a ese antepasado y cómo derivaron el resto de vertebrados de él. Representalos unidos mediante flechas.

- Los hongos. mohos, levaduras y hongos con setas.

Actividad propuesta: En un folio apaisado escribe las principales características del reino Fungi, dibuja una de sus células señalando sus partes principales y también dibuja un ejemplar de hongo saprófito, otro parásito y otro simbiote.

- Plantas: musgos, helechos, gimnospermas y angiospermas.

Actividad propuesta: Realización de un póster grupal sobre el reino Metafitas (Plantas), debe incluir: Título, cuadro con características principales, dibujo de una célula vegetal con sus partes señaladas, dibujo de cada uno de los tipos de plantas con sus características señaladas (musgos, helechos, gimnospermas y angiospermas...), dibujo de una planta con raíz, tallo, hojas y flores y principales conceptos señalados. Dibujo de algunas flores de gimnospermas y angiospermas y sus semillas, usad ejemplos de plantas de vuestro entorno. Ejemplo de resultado:



Bloque 4. Los ecosistemas.

- Ecosistemas, Factores abióticos y bióticos.

Actividad propuesta: Trabajo individual, se asigna a cada estudiante un tipo de ecosistema de los principales que señala el libro de texto, puede haber varios estudiantes a los que se les asigne un mismo ecosistema. Cada estudiante debe representar ese ecosistema en un folio apaisado dibujando las principales características del biotopo de ese ecosistema y al menos dos representantes de la biocenosis que sean productores, consumidores (primarios, secundarios y terciarios o cuaternarios si los hubiera) y descomponedores.

- Estructura trófica del ecosistema. Cadenas, redes y pirámides tróficas.

Actividad propuesta; Relacionada con la anterior, Trabajo grupal, se hacen grupos de 4 alumnos y a cada uno se le asigna el dibujo de un ecosistema elegido de entre los del ejercicio anterior. Cada grupo debe representar en otro folio y mediante el uso del dibujo y la colocación de flechas la red trófica que relaciona a los individuos representados en el ecosistema.

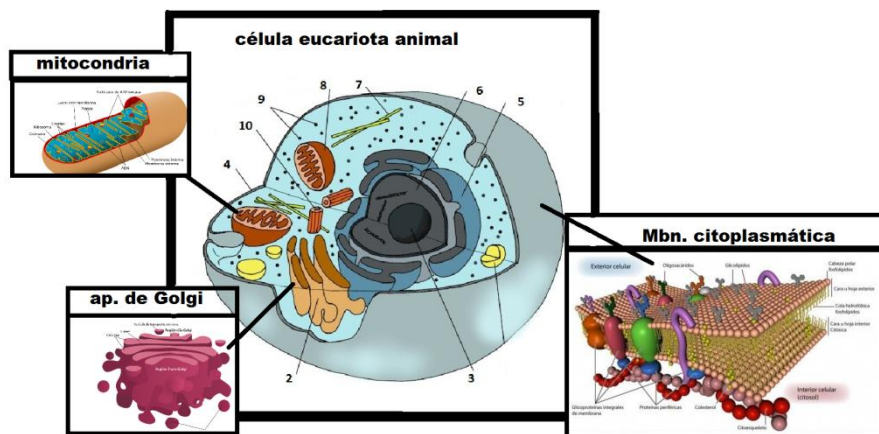
8.2. Tercer curso de ESO

8.2.1. Asignatura: Biología y Geología.

Bloque 1. Las personas y la salud. Promoción de la salud.

- La célula eucariota animal. Funciones de los principales orgánulos celulares.

Actividad propuesta; Trabajo grupal colaborativo, dibujar en una cartulina DIN A3 una célula eucariota animal, en varias cartulinas DIN A 4 dibujar cada uno de los orgánulos de la célula con más detalle, incluidas las membranas nuclear y celular con detalle, señalar con flechas nombrando cada parte importante y colgar ese póster DIN A3 con los DIN A 4 a su alrededor unidos con flechas. A continuación se muestra un ejemplo simplificado del resultado esperado de esta actividad:



- Organización general del cuerpo humano: células, tejidos, órganos.

Actividad propuesta; Dibuja cada uno de los tejidos del cuerpo humano estudiado señalando sus partes. Esta actividad se desarrollará a lo largo de la unidad didáctica donde se trata este tema para ayudar al alumno a visualizar las estructuras estudiadas y ayudarle al estudio.

- Defensas internas frente a la infección: Inmunidad inespecífica e inmunidad específica.

Actividad propuesta: Representa las diferentes células o tejidos que participan en cada tipo de inmunidad y escenifica cómo actúan ante la aparición de un agente infeccioso.

- La función de nutrición. Anatomía y fisiología de los aparatos digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor.

Actividad propuesta; Dibujar cada uno de los aparatos y señalar sus órganos o partes principales. Puede diseñarse como actividad individual de ayuda al estudio o

como actividad grupal para completar un cuerpo humano dibujado en varias cartulinas en la pared de clase por ejemplo.

- La función de relación. Sistema nervioso y sistema endocrino.

Actividad propuesta: Dibuja una silueta de un humano de frente y sitúa sus glándulas endocrinas, después representa con flechas y nombres las relaciones entre ellas, hablamos del control hormonal.

- Estructura de las neuronas. Sinapsis nerviosa.

Actividad propuesta: Dibuja dos neuronas y el espacio sináptico, esquematiza cómo se produce la transmisión del impulso nervioso entre las dos neuronas.

- Tipos de receptores sensoriales. Órganos de los sentidos: estructura.

Actividad propuesta: Realiza un dibujo esquemático o sencillo de los receptores sensoriales que presentan los seres humanos indicando en que órgano están.

- El aparato locomotor.

Actividad propuesta: Dibuja dos huesos largos y la articulación que les une, a tu elección, después dibuja un músculo que intervenga en un movimiento de dicha articulación, donde se inserta y mediante qué estructura, dibuja después el músculo que se encarga del movimiento complementario.

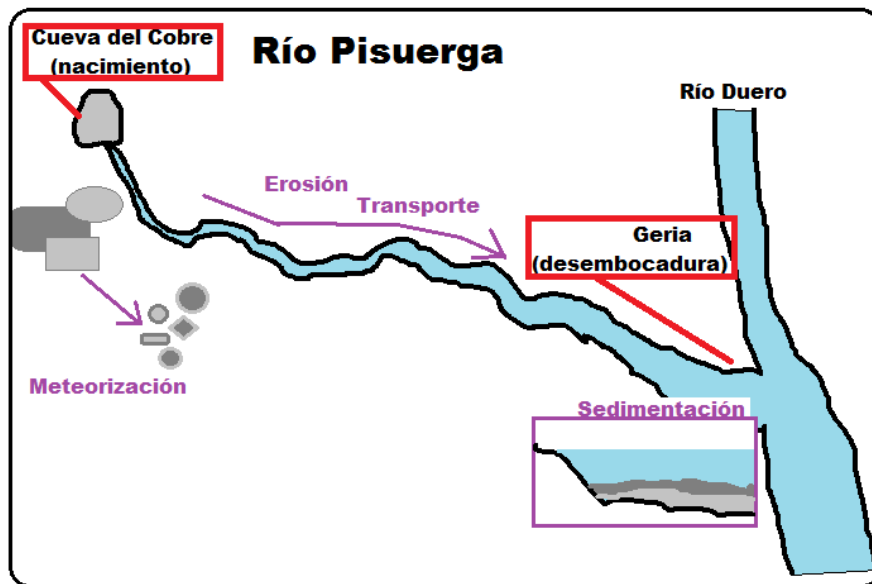
- La reproducción humana. Anatomía y fisiología del aparato reproductor femenino y masculino.

Actividad propuesta: Dibuja el aparato reproductor femenino y masculino, ambos en el mismo folio y compara las estructuras de los dos, señala en cada uno los órganos donde se producen los gametos, los conductos por donde se mueven los mismos (señalado con un camino de flechas).

Bloque 2. El relieve terrestre y su evolución.

- Los agentes geológicos externos y los procesos de meteorización, erosión, transporte y sedimentación.

Actividad propuesta: realización de un póster grupal (no más de 4 personas) donde los alumnos representen los procesos de meteorización, erosión, transporte y sedimentación, los agentes que los causan y sus productos. Pensar en una zona conocida donde se den estos fenómenos a la hora de representarlos. A continuación una posible resolución sencilla tomando como escenario el río Pisuerga.



Bloque 3. Proyecto de investigación.

- Proyecto de investigación en equipo.

Actividad propuesta: En la comunicación de su proyecto de investigación en equipo deben apoyar sus explicaciones en dibujos de los experimentos llevados a cabo. Materiales usados y resultados.

8.3. Cuarto curso de ESO

8.3.1. Asignatura: Biología y Geología.

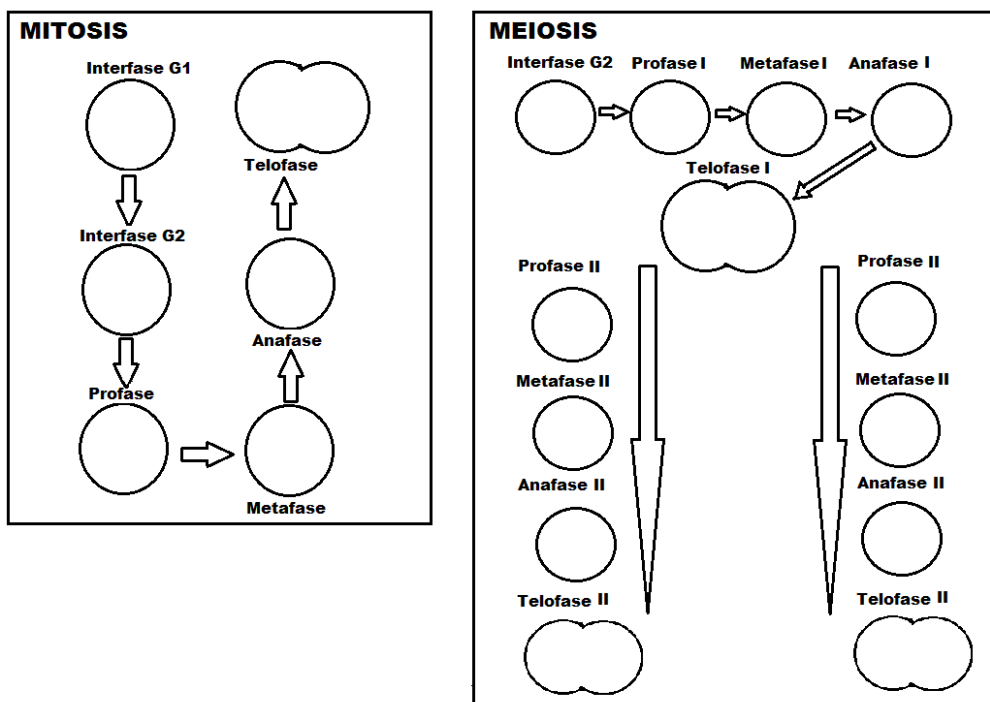
Bloque 1. La evolución de la vida.

- La célula. Tipos de células.

Actividad propuesta: De manera individual, como ayuda al estudio, realizar un dibujo detallado de cada tipo de célula estudiado señalando sus partes y haciendo dibujos “aumentados” o de detalle de los orgánulos y las membranas. Esta actividad se recomienda al principio de la unidad y se van revisando los avances de los alumnos durante la misma, se recomienda tamaño A4 aunque también se podrá ampliar pegando más folios si es necesario con el fin de que sea portátil, manejable y fácil de ampliar. Técnica libre.

- Estructura del núcleo. Estructura de la cromatina y de los cromosomas.
Mitosis y meiosis.

Actividad propuesta: Relacionada con la anterior, dibujar el núcleo de la célula estudiada y señalar sus detalles y estructuras, representar la cromatina y en un dibujo a parte los procesos de mitosis y meiosis con los cromosomas en sus diferentes estados y posiciones y también en interfase (Ciclo celular). A continuación se proponen unas plantillas para ayudar a los alumnos en la segunda parte del ejercicio:



- Proceso de replicación del ADN.

Actividad propuesta: Realiza un dibujo de la replicación del ADN, dibuja las hebras y nómbralas, señala su dirección y las estructuras que toman parte en este proceso.

- Expresión de la información genética: Transcripción y Traducción.

Actividad propuesta: Realiza un dibujo esquemático que represente estos dos procesos de expresión de la información genética, inventa una secuencia de ADN, representa después la transcripción a ARN y la Traducción a polipéptido.

- Leyes de Mendel.

Actividad propuesta: Mendel formuló las leyes básicas de la genética a partir de experimentos realizados con guisantes, representa cada uno de ellos y debajo escribe el enunciado de cada ley.

Bloque 2. La dinámica de la Tierra:

- Interpretación de columnas estratigráficas sencillas y perfiles topográficos.

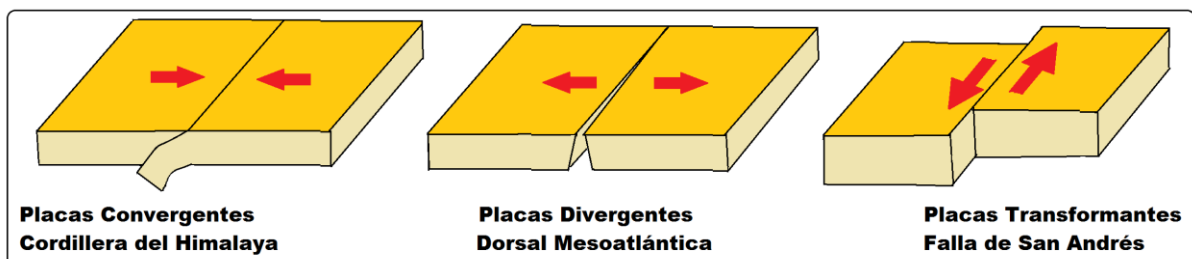
Actividad propuesta: Una vez hecha la interpretación de las suficientes columnas estratigráficas proponer el ejercicio inverso, se da al alumno la descripción de una de esas columnas para que la dibuje él mismo.

- Estructura y composición de la Tierra. Modelos geodinámico y geoquímico.

Actividad propuesta: Trabajo grupal, Realizar un dibujo en DIN A3 de ambos modelos comparándolos y señalando los datos que definen cada capa, los autores y años en que se fueron definiendo los conceptos que integran (Perspectiva histórica).

- La tectónica de placas y sus manifestaciones. Tipos de límites entre placas.

Actividad propuesta: Realiza un dibujo que muestre los tres tipos de límite entre placas tectónicas, señala el tipo de movimiento que se da en cada uno y un ejemplo real de lugar donde se dan tales movimientos y su manifestación en la superficie. En la imagen siguiente se muestra un ejemplo simple del posible resultado.



Bloque 3. Ecología y medio ambiente.

- Ciclo de materia y flujo de energía.

Actividad propuesta: Dibuja un ecosistema sencillo con sus características biotópicas y con varios representantes de la biocenosis y representa en él el ciclo que sigue la materia con flechas rojas y el flujo que sigue la energía con flechas azules.

- Ciclos biogeoquímicos y sucesiones ecológicas.

Actividad propuesta: Trabajo grupal, dividimos la clase en equipos, tres de ellos realizarán un póster explicando el ciclo del Carbono, del Nitrógeno y del Fósforo y el resto deberán representar diferentes ejemplos de sucesiones ecológicas primarias o secundarias.

- Los residuos y su gestión.

Actividad propuesta: Trabajo grupal, los alumnos decidirán el diseño de diferentes carteles sobre reciclaje de los diferentes tipos de residuos que se pueden producir en el instituto y también carteles de concienciación sobre las 3 R para colocarlos en los puntos del centro educativo donde se sitúan las papeleras o contenedores al uso.

Bloque 4. Proyecto de investigación.

- Proyecto de investigación.

Actividad propuesta: Trabajo grupal, tanto si se les pide una memoria del proyecto como una presentación oral del mismo (o ambas) se debe hacer hincapié en la utilidad del dibujo para representar el proceso llevado a cabo o comunicar sus conclusiones.

8.3.2. Asignatura: Ciencias aplicadas a la actividad profesional.

En esta asignatura el propio currículum indica: “La utilización de un cuaderno por parte del alumnado, donde se anoten conceptos, instrucciones de uso... dibujos, etc. permitirá, además del registro de dichos aspectos, asumir el trabajo en un laboratorio.” En consecuencia la actividad propuesta aquí será la de completar un cuaderno de laboratorio con todas las prácticas que vayan realizando y, como en otras asignaturas, recomendar el uso del dibujo en el desarrollo de su proyecto de investigación y la defensa del mismo.

8.3.3. Asignatura: Cultura científica.

Bloque 1. Procedimientos de trabajo.

- Presentación de conclusiones de forma oral y en diversos soportes.

Actividad propuesta: En este apartado el currículo hace hincapié en el uso de las TICs así que podemos aprovechar para enseñar a nuestros alumnos algunos recursos web gratuitos para dibujar más allá del Microsoft Paint.

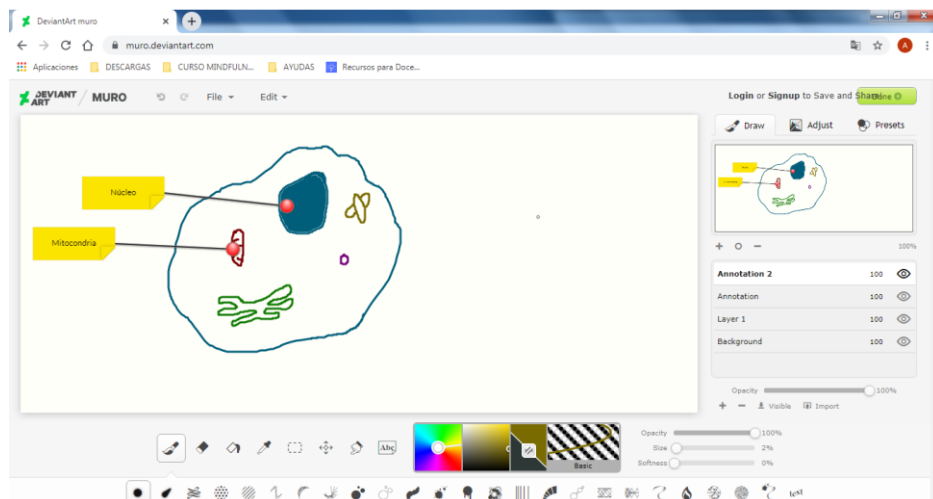
<https://muro.deviantart.com/>

<http://www.onemotion.com/flash/sketch-paint/>

http://pencilmadness.com/pencil_madness

<https://galactic.ink/sketchpad/>

<http://flockdraw.com/>



Captura de pantalla de la web www.muro.deviantart.com.

En algunas de estas webs se puede descargar el dibujo en diferentes formatos de imagen y si no siempre queda la opción de hacer una captura de pantalla.

Bloque 2. El Universo.

- Evolución de las estrellas.

Actividad propuesta: Representar el ciclo de vida de las estrellas, nombrar cada fase representada y las formas en que puede morir una estrella además de los diferentes remanentes estelares.

Bloque 3. Avances tecnológicos y su impacto ambiental.

Actividad propuesta: En este bloque se hace hincapié en que los alumnos conozcan la influencia de los principales avances en el medio ambiente. Es un buen momento para proponer un proyecto algo más ambicioso: Realizar un trabajo de investigación en grupos sobre los siguientes siete temas y preparar una exposición mediante un póster en que se usarán dibujos, textos breves, gráficas y otros elementos que puedan ayudar a comunicar las ideas. Los temas son:

- Contaminación atmosférica. Efecto invernadero. Agujero en la capa de ozono y Lluvia ácida.
- Efectos e indicadores del cambio climático. Lucha contra el cambio climático.
- Los residuos y la degradación del suelo.
- Contaminación del agua y sobreexplotación de los acuíferos.
- Recursos renovables y no renovables.
- Energías renovables y no renovables. Hidrógeno y otras energías del futuro.
- Desarrollo sostenible, principios.

Bloque 4. Calidad de vida.

- Importancia de los hábitos de vida saludable en la prevención de enfermedades.

Actividad propuesta: Diseñar, en pequeños grupos una serie de carteles informativos sobre hábitos saludables para colocarlos en el centro educativo y concienciar así a todo el alumnado.

Bloque 5. Nuevos materiales.

Actividad propuesta: Trabajo grupal, realizar un mural a modo de línea temporal que represente los diferentes materiales estudiados en este bloque, sus descubridores y una breve explicación de sus usos mediante el uso del dibujo y el collage.

8.4. Primer curso de Bachillerato

8.4.1. Asignatura: Biología y Geología.

Bloque 1. Los seres vivos: composición y función.

- Relación entre estructura y funciones biológicas de las biomoléculas.

Actividad propuesta: Durante el desarrollo de la unidad didáctica recomendar el ir dibujando la estructura de cada biomolécula y representar sus funciones ligadas a esa estructura.

- Prácticas de laboratorio: identificación de biomoléculas.

Actividad propuesta: Registrar el proceso seguido en cada experimento y los resultados y conclusiones ilustrando con dibujos coloreados cada paso.

Bloque 2. La organización celular.

- La célula como unidad de la vida: Teoría celular.

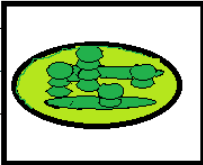
Actividad propuesta: Escribir en un folio los postulados de la teoría celular junto a un dibujo que les acompañe y represente cada uno de ellos según tu propio criterio.

- Célula animal y célula vegetal.

Actividad propuesta: En un folio apaisado representa una célula animal típica y una vegetal, señala los nombres de los orgánulos y estructuras y destaca las que son comunes a ambas células y las que las diferencian.

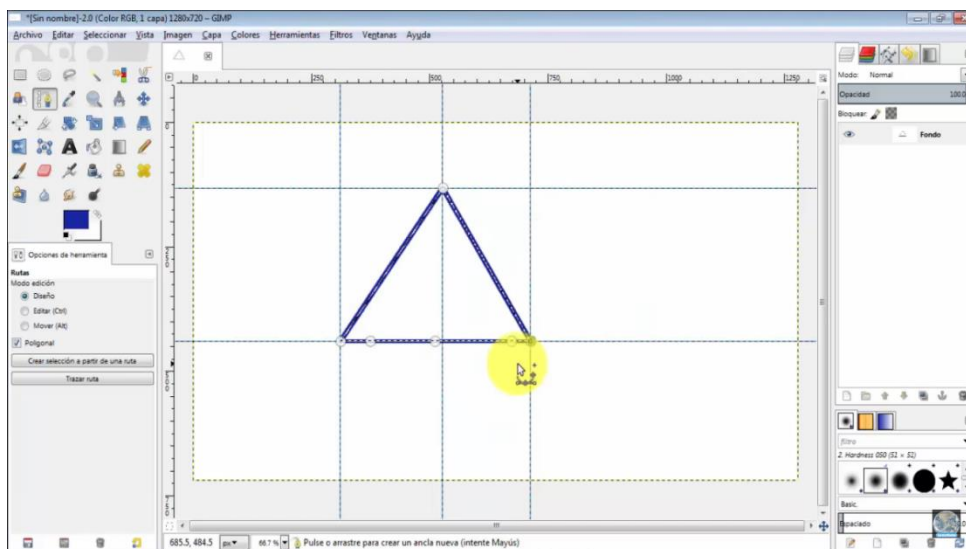
- Estructura y función de los orgánulos celulares.

Actividad propuesta: Recomendaremos a los alumnos que dibujen cada uno de los orgánulos según los vamos explicando a lo largo de la unidad didáctica y que representen, según su imaginación, en ese mismo dibujo las funciones de los mismos.

Orgánulo: _____	
Situación: _____	
Funciones: _____	
Características: _____	

- La mitosis y la meiosis.

Actividad propuesta: Realizar un Power Point donde se escenifican ambos procesos diapositiva a diapositiva, podrán usarse programas de dibujo para diseñar cada una de estas diapositivas; Paint, GIMP, Autodesk SketchBook, MyPaint, Artweaver son algunos programas gratuitos y sencillos para este nivel.



Captura de pantalla del programa de dibujo "GIMP".

- Prácticas de laboratorio: preparaciones microscópicas.

Actividad propuesta: Registrar cada preparación observada mediante el dibujo de la misma, en esta etapa es común realizar una práctica en la que los alumnos observarán las diferentes fases de la división celular en las células de la raíz de cebolla.

Bloque 3. Histología.

- Concepto de tejido, órgano, aparato y sistema.
- Principales tejidos animales: estructura y función.
- Principales tejidos vegetales: estructura y función.

Actividad propuesta: Durante todas las unidades didácticas que componen este bloque se recomendará al alumnado ir realizando dibujos esquemáticos de cada tejido, se puede pedir que recojan estos trabajos en una presentación final en la que pueden usar PowerPoint u otro recurso TIC, donde incluyen cada dibujo y las características principales de cada tejido.

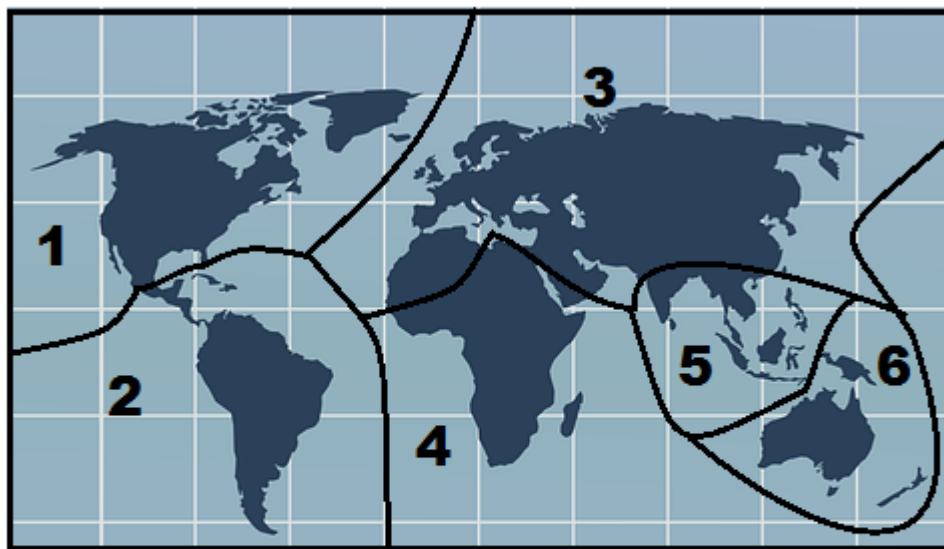
- Observación de imágenes microscópicas de tejidos animales y vegetales.

Actividad propuesta: Dibujar lo que observan en cada una de las preparaciones que se les aportan.

Bloque 4. La Biodiversidad.

- Las grandes zonas biogeográficas.

Actividad propuesta: Realizar un póster entre toda la clase que represente el mapa mundi con las diferentes zonas biogeográficas, se puede dibujar este mapa en formato grande y repartirlo en grupos a modo de puzle, cada grupo debe incluir en la zona que se le ha asignado las subzonas correspondientes y algunos representantes de la flora y fauna de las mismas. A continuación se muestra un esquema general del resultado a obtener.



1: Neártica

2: Neotropical

3: Paleártica

4: Etiópica

5: Oriental

6: Australiana

Bloque 5. Las plantas: sus funciones, y adaptaciones al medio.

- Funciones de nutrición de las plantas. Procesos de obtención y transporte de los nutrientes.

Actividad propuesta: Dibujar una planta sencilla en formato DIN A 3 y a lo largo de la unidad didáctica ir añadiendo a este dibujo, detalles de las raíces, hojas y tallo donde se dan la obtención y transporte de nutrientes. Este esquema construido por ellos mismos les ayudará a retener los conceptos y fenómenos ocurridos.

- Transpiración e intercambio de gases.

- La fotosíntesis.
- La excreción y secreción en los vegetales.

Actividad propuesta: A partir de la actividad anterior ir añadiendo a ese póster personal dibujos que representen la transpiración e intercambio de gases, los procesos que se dan en los fotorreceptores en la fotosíntesis y el recorrido de la cadena de electrones y también como hacen las excreción y secreción los vegetales. Se puede ayudar a los alumnos a ir completando este póster con ayuda de imágenes e ideas que los inspiren ofrecidas a través de una webquest por ejemplo.

- Funciones de reproducción en los vegetales. Tipos de reproducción.

Actividad propuesta: Representa en un folio los tipos de reproducción asexual estudiados, en otro la reproducción sexual de biófitas y pteridófitas y en un tercero la de gimnospermas y angiospermas (estructuras reproductivas y fases de la reproducción sexual).

- Los ciclos biológicos más característicos de las plantas. La semilla y el fruto.

Actividad propuesta. Representa, a modo de cuaderno de campo, las semillas y el fruto de algunas plantas de tu alrededor, destaca el modo de dispersión de las semillas y su estructura mono o dicotiledónea.

Bloque 6. Los animales: sus funciones, y adaptaciones al medio.

Actividades propuestas: A lo largo de todo el bloque recomendar a los alumnos el uso del dibujo para recordar las estructuras que conforman el digestivo, respiratorio, reproductor etc. de los animales según se vaya estudiando cada uno de ellos.

Bloque 7. Estructura y composición de la Tierra.

- Estructura del interior terrestre: Capas que se diferencian en función de su composición y su mecánica.

Actividad propuesta: Realizar un dibujo en tamaño A3 de la estructura interna de la Tierra reflejando las diferentes capas, indicando su composición y mecánica y señalando las discontinuidades y zonas de transición.

- Minerales y rocas. Conceptos. Clasificación genética de las rocas.

Actividad propuesta: Realizar un sencillo cuaderno de campo con fichas de los diferentes minerales y rocas que se encuentran en los edificios del barrio u otros representativos de la ciudad. En cada ficha incluir un dibujo de la muestra observada y señalar sus características definitorias. Ejemplo de ficha modelo:

Roca: _____	Dibujo
Clase: _____	
Localización: _____	
Características:	

Bloque 8. Los procesos geológicos y petrogenéticos.

- La deformación en relación a la Tectónica de placas. Comportamiento mecánico de las rocas. Tipos de deformación: pliegues y fallas.

Actividad propuesta: Representar los elementos de un pliegue y de una falla, también los distintos tipos de fallas.

Bloque 9. Historia de la Tierra.

- Dataciones relativas y absolutas: estudio de cortes geológicos sencillos.

Actividad propuesta: El profesor prepara una serie de descripciones escritas de cortes geológicos y fósiles guía, con sus discordancias etc. y los alumnos deben hacer un dibujo de cada uno de ellos.

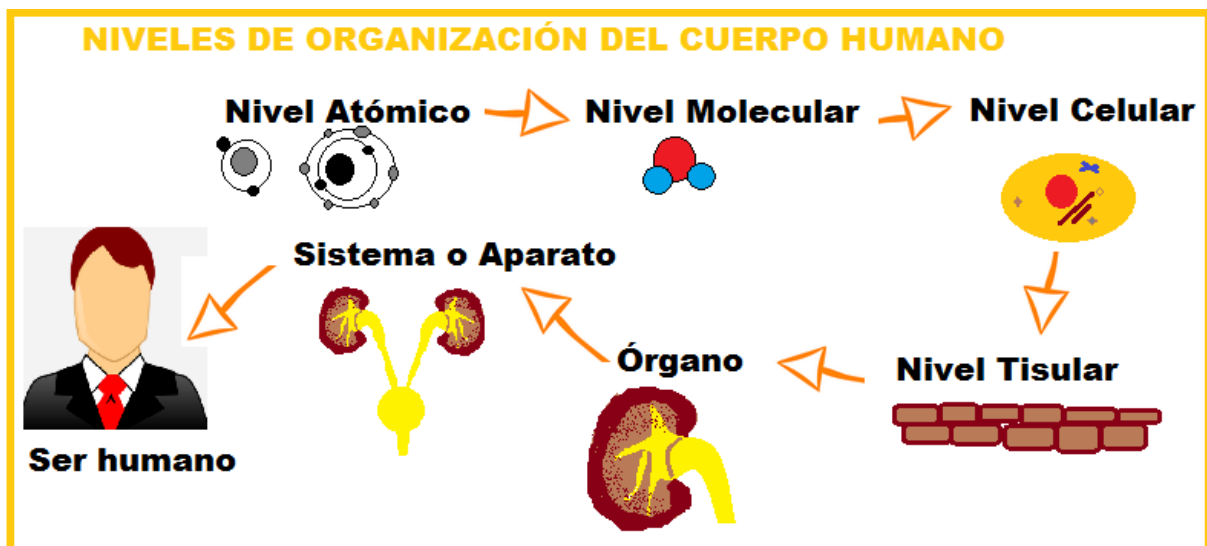
8.4.2. Asignatura: Anatomía Aplicada.

Bloque 1. Las características del movimiento.

Actividad propuesta: Realiza un dibujo esquemático que represente cómo se producen los tres tipos de movimientos básicos: Voluntarios, Involuntarios y Reflejos, indica que órganos y tejidos intervienen y el recorrido de las señales nerviosas y estímulos que los posibilitan.

Bloque 2. Organización básica del cuerpo humano.

Actividad propuesta: Realiza un esquema que represente los niveles de organización del cuerpo humano. A continuación un ejemplo simplificado de este ejercicio:



Bloque 3. El sistema locomotor.

Actividad propuesta: Durante toda la unidad recomendar al alumno que acompañe sus apuntes con dibujos de las estructura del tejido óseo o muscular, detalles de huesos, tendones etc.

Bloque 4. El sistema cardiopulmonar.

- Sistema respiratorio.

Actividad propuesta: Representar el sistema respiratorio mediante un dibujo del mismo que incluya detalles aumentados de la estructura de los alvéolos.

- Sistema cardiovascular.

Actividad propuesta: Representar el sistema cardiovascular mediante un dibujo del mismo que incluya detalles del recorrido de la sangre, diferencie circulación mayor y

menor y detalles aumentados de las capas que forman las arterias, venas y capilares, las diferentes válvulas y su localización y función etc.

Bloque 5. El sistema de aporte y utilización de la energía.

- Sistema digestivo. Características, estructuras, funciones y procesos.

Actividad propuesta: Representar el sistema digestivo y detalles aumentados del funcionamiento de cada glándula aneja, tejidos, estructura tisular comparada de cada parte del mismo (esófago, estómago, etc.) y cómo explica su función.

Bloque 6: Los sistemas de coordinación y regulación.

- Sistema nervioso.
- Sistema endocrino.

Actividad propuesta: Ambos sistemas ponen en relación a los demás del cuerpo humano, se recomienda que durante esta unidad los alumnos vayan realizando dibujos de los temas estudiados, por ejemplo tipos de células del sistema nervioso, proceso de sinapsis, células secretoras de hormonas etc.

8.4.3. Asignatura: Cultura científica.

Bloque 1. Procedimientos de trabajo.

- Descubrimientos científicos e inventos que han marcado época en la historia.

Actividad propuesta: Realizar un cartel que escenifique uno de los descubrimientos o inventos científicos reseñables, puede ser en forma de cómic de 3-4 viñetas, caricatura etc. Estos carteles se expondrán en el instituto y serán una buena forma de atraer a los estudiantes hacia temas científicos, a continuación un ejemplo simple:



- Ciencia y sociedad.

Actividad propuesta: Trabajo grupal, seleccionar una noticia sobre un tema científico, buscar en otros medios de comunicación y reflexionar sobre cómo se explica la ciencia a la ciudadanía. Proponer un artículo periodístico alternativo donde vosotros mismos explicáis esta noticia, apoyaros con un dibujo esquemático que ayude a comprender el hallazgo científico.

- La divulgación de la ciencia.

Actividad propuesta: Trabajo grupal. Con ayuda de las TIC, preparar un vídeo de divulgación científica usando dibujos para apoyar vuestras explicaciones. Tema libre.

Bloque 2. La Tierra y la vida.

- El estudio de las ondas sísmicas respecto de las capas internas de la Tierra.

Actividad propuesta: Para ayudarte en el estudio de este tema realiza un dibujo que represente las ondas sísmicas, su causa y consecuencias.

- Teoría endosimbiótica de la evolución de la célula.

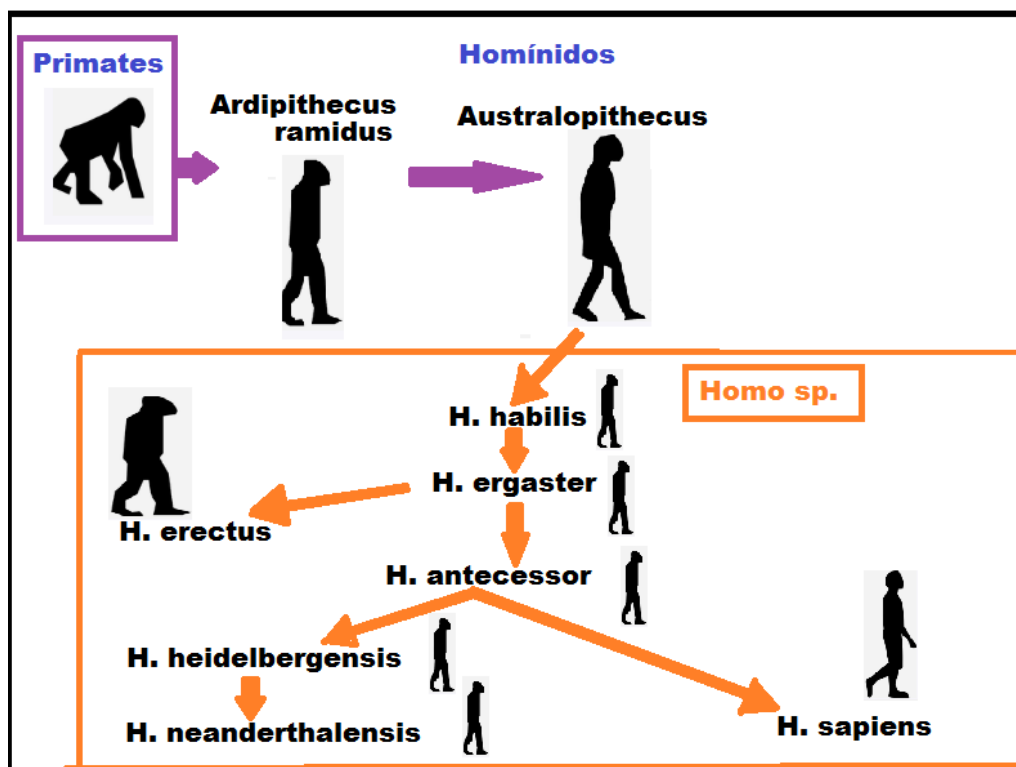
Actividad propuesta: Para ayudarte en el estudio de este tema realiza un dibujo que muestre por fases lo que ocurre según esta teoría.

- Evidencias científicas de la evolución. Pruebas.

Actividad propuesta: Trabajo grupal, entre toda la clase realizar un gran mural donde se recojan las pruebas de la evolución, utilizar texto y dibujo. Se exhibirá en el instituto.

- El origen de la especie humana, de los homínidos al homo sapiens.

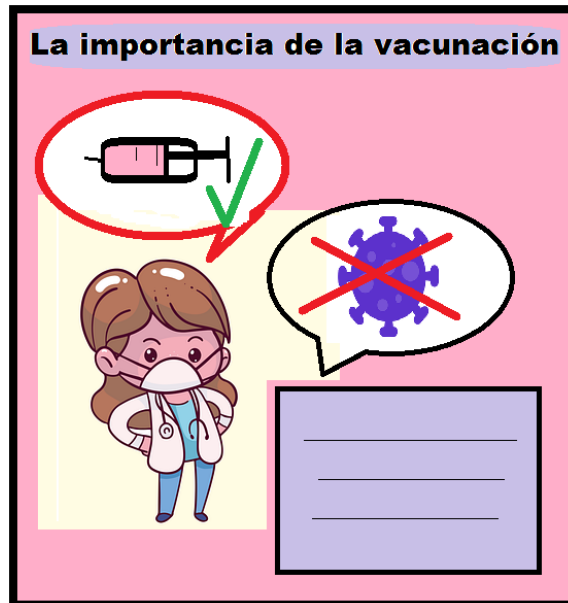
Actividad propuesta: Trabajo grupal, realizar un mural donde se represente la evolución del ser humano dibujando cada antecesor y detallando las evidencias evolutivas. A continuación un esquema general de esta propuesta a falta de completar con las evidencias evolutivas:



Bloque 3. Avances en Biomedicina.

- La investigación médica. Desarrollo de un medicamento.
- El sistema sanitario. Uso responsable del sistema sanitario. Consumo responsable de medicamentos.
- Medicinas alternativas. Ejemplos. ¿Ciencia o pseudociencia?

Actividad propuesta: Trabajo en grupo, diseñar y construir carteles informativos sobre estos temas, pensando en que podrían colgarse en un hospital o centro de salud. Usa texto y dibujo. La siguiente imagen representa un posible cartel:



Bloque 4. La revolución genética.

- El ADN, composición química y estructura.

Actividad propuesta: Durante el estudio de esta unidad se recomienda al alumnado que realice dibujos de la molécula de ADN y de los procesos que se explican.

- Técnicas de ingeniería genética. Aplicaciones. Animales y plantas transgénicas. Terapia génica.
- Clonación. Tipos. Células madre. Aplicaciones.
- Reproducción asistida humana. Técnicas.

Actividad propuesta: Todos estos temas son controvertidos en la opinión pública, en el estudio de esta unidad se recomienda, además de impartir la materia, que investiguen por su cuenta y aquí proponemos que realicen carteles informativos con sus conclusiones, con apartados de ventajas e inconvenientes y que los ilustren. Se pueden colocar por el centro educativo a modo de divulgación.

Bloque 5. Nuevas tecnologías en comunicación e información.

- Elementos más importantes de un ordenador.
- Los microprocesadores en el uso diario.
- Dependencia tecnológica. Consumismo tecnológico.
- Internet. Origen y Evolución.
- Localización GPS.
- La aldea global. La brecha digital.

- Las redes sociales. Ventajas y peligros.
- La seguridad y la protección de datos en internet.

Actividad propuesta: Todos los temas de este bloque son de interés para la población general. Dado el carácter formador y divulgador de esta asignatura en este bloque proponemos que los alumnos trabajen en grupo para realizar presentaciones en Power Point, vídeo o mediante carteles o trípticos sobre los temas tratados. Se pueden exponer en una feria de ciencias, la web del centro o por el centro educativo por ejemplo.

8.5. Segundo curso de Bachillerato

8.5.1. Asignatura: Biología.

Bloque 1. La base molecular y fisicoquímica de la vida.

- Los enlaces químicos y su importancia biológica.

Actividad propuesta: Dibujar moléculas sencillas donde se represente la naturaleza de los enlaces químicos.

Bloque 2. La célula viva. Morfología, estructura y fisiología celular.

- La célula: unidad de estructura y función.

Actividad propuesta: Realizar un dibujo, lo más detallado posible de dos células, procariota y eucariota destacando las diferencias entre ambas.

- Morfología celular. Estructura y función de los orgánulos celulares.

Actividad propuesta: Durante el estudio de este tema se instará al alumnado a ir dibujando con detalle los diferentes orgánulos estudiados, con sus partes señaladas y usando, si lo creen necesario, el color para ayudarles a recordar esas imágenes que deben ayudarles a la hora de estudiar.

- Modelos de organización en procariotas y eucariotas. Células animales y vegetales.

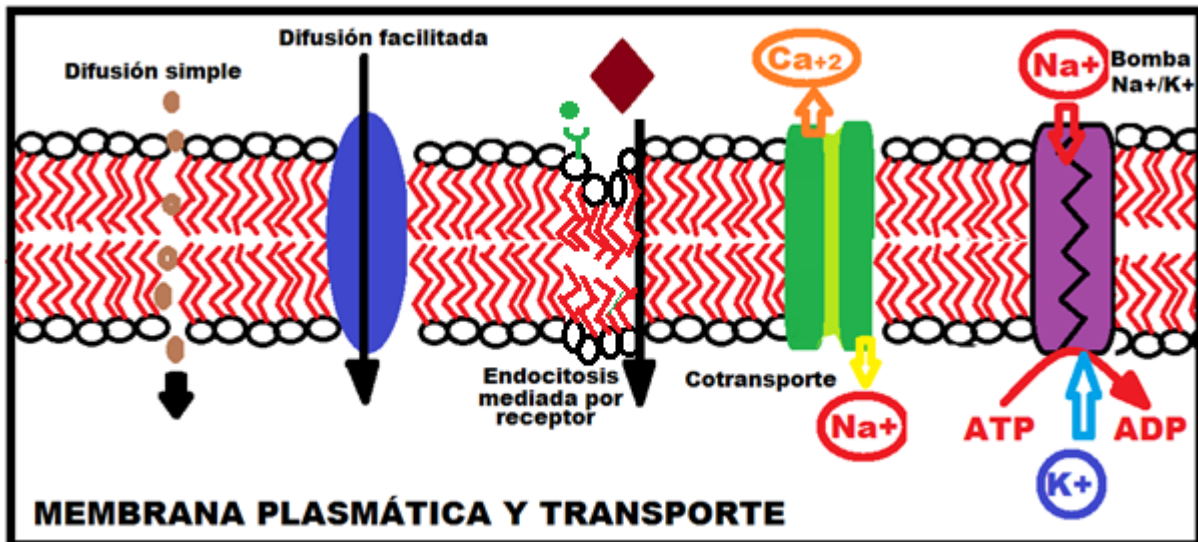
Actividad propuesta: Realizar un dibujo de ambos tipos de células y destacar las diferencias entre ambas. Ser muy detallista, utilizar dibujos auxiliares de detalle por ejemplo e indicaciones de texto.

- El ciclo celular.

Actividad propuesta: Dibujar los tipos de división celular desde la célula madre a las hijas, nombra cada fase, cada célula si lo requiere, indica si son haploides o diploides y por qué.

- Las membranas y su función en los intercambios celulares. Permeabilidad selectiva. Los procesos de endocitosis y exocitosis.

Actividad propuesta: Trabajo grupal, realizar un póster para exponer en la clase con la estructura de una membrana celular y los diferentes procesos que se dan en ella para el intercambio de sustancias según el tamaño y la composición o naturaleza de estas (transporte pasivo, activo y en masa o de grandes sustancias). A continuación se presenta una imagen de un posible resultado:



- La respiración celular, su significado biológico.

Actividad propuesta: Para facilitar su estudio realiza un dibujo que refleje el proceso de respiración celular, las reacciones que ocurren dentro de la mitocondria y fuera de ella.

- La fotosíntesis: Localización celular en procariotas y eucariotas.

Actividad propuesta: Para ayudarte en el estudio de este importante proceso biológico dibuja una membrana del tilacoide con sus fotosistemas y representa todas las reacciones que comprende la fotosíntesis. Representa el flujo de electrones.

- La quimiosíntesis.

Actividad propuesta: Relacionado con la actividad anterior representa las reacciones que se dan en la quimiosíntesis y compáralas con las de la fotosíntesis, representa ambos procesos en un mismo folio teniendo en cuenta que ambos obtienen materia orgánica a través del ciclo de Calvin tomando materia inorgánica aunque usen diferentes vías.

Bloque 3. Genética y evolución.

- Replicación del ADN. Etapas de la replicación. Diferencias entre eucariotas y procariotas.

Actividad propuesta: Para ayudarte a estudiar este tema realiza esquemas de la replicación en eucariotas y procariotas.

Bloque 4. El mundo de los microorganismos y sus aplicaciones. Biotecnología.

- Características estructurales y funcionales de los microorganismos.

Actividad propuesta: Recomendar a los alumnos que vayan realizando dibujos esquemáticos de cada grupo de microorganismo estudiado y señalen como esas estructuras son definitorias de su función.

Bloque 5. La autodefensa de los organismos. La inmunología y sus aplicaciones.

- La inmunidad específica. Características. Tipos: Celular y humoral. células responsables.

Actividad propuesta: Durante el estudio de esta unidad es interesante recomendar a la clase que acompañe sus apuntes de dibujos de las diferentes células y de los procesos de inmunidad estudiados.

- Los antígenos y anticuerpos. Estructura de los anticuerpos.

Actividad propuesta: Representar una respuesta inmunitaria mediada por anticuerpos, explicar con texto y dibujo la especificidad de esta respuesta.

8.5.2. Asignatura: Geología.

Bloque 1. El planeta Tierra y su estudio.

- El tiempo geológico y los principios fundamentales de la geología: Horizontalidad, superposición, actualismos y uniformismo.

Actividad propuesta: Representa los cuatro principios fundamentales de la geología.

- La tectónica de Placas como teoría global de la Tierra.

Actividad propuesta: Trabajo grupal, realizar un mural que muestre las placas tectónicas terrestres y las diferentes manifestaciones del dinamismo terrestre según esta teoría indicando los lugares donde ocurren.

Bloque 2. Minerales, los componentes de las rocas.

- Procesos geológicos formadores de minerales y rocas:

Actividad propuesta: Recomendar al alumnado que durante el desarrollo de esta unidad didáctica realicen dibujos esquemáticos de los distintos procesos y los minerales y rocas que resultan de ellos.

Bloque 3. Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Actividad propuesta: En este bloque se definen los diferentes tipos de roca, su origen y también se habla de fluidos hidrotermales. Se recomienda apoyar con dibujos esquemáticos los apuntes que vayan tomando los alumnos al igual que en el bloque 2.

Bloque 4. La tectónica de placas, una teoría global.

- Deformación de las rocas: frágil y dúctil. Principales estructuras geológicas: pliegues y fallas.

Actividad propuesta: Relacionado con la actividad del bloque 1, completar el mural añadiendo dibujos de aspectos geológicos relacionados con la Tectónica de Placas, como el relieve, clima, distribución de rocas etc.

Bloque 5. Procesos geológicos externos.

- Las interacciones geológicas en la superficie terrestre.
- La meteorización y sus tipos.
- Ciclo hidrológico.

Actividad propuesta: Relacionado con la actividad propuesta en los bloques 1 y 4 completar el mural representando los factores que intervienen en los procesos externos y cómo transforman la superficie terrestre.

Bloque 6. Tiempo geológico y geología histórica.

Actividad propuesta: Realizar, dividiendo el trabajo en grupos, un mural con una escala de tiempo geológico, nombrar cada etapa, datarla y acompañarla de un pequeño dibujo representativo de la misma.

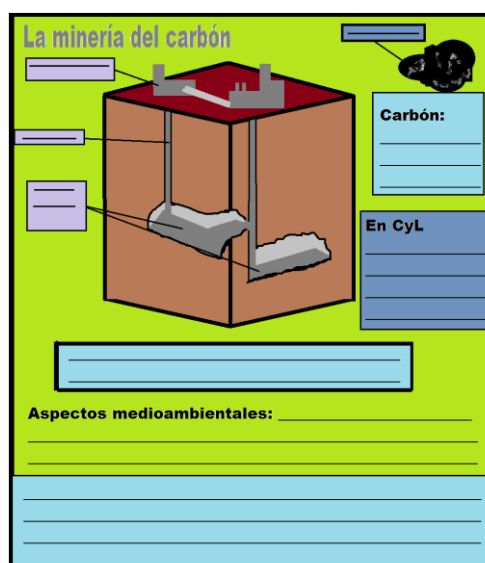
Bloque 7. Riesgos geológicos.

- Principales riesgos endógenos: terremotos y volcanes.
- Principales riesgos exógenos: movimientos de ladera, inundaciones y dinámica litoral.

Actividad propuesta: Durante el estudio de esta unidad se recomienda a los alumnos que vayan realizando esquemas o dibujos sencillos de los fenómenos estudiados y sus consecuencias.

Bloque 8. Recursos minerales y energéticos y aguas subterráneas.

Actividad propuesta: Trabajo grupal, realizar un póster que represente la obtención de recursos energéticos o minerales en una explotación minera y cómo se gestiona la misma en materia de protección ambiental. Estos trabajos pueden exponerse en el centro educativo como información de un tema controvertido y bastante desconocido por la población general. Ejemplo simplificado:



Bloque 9. Geología de España.

Actividad propuesta: Relacionado con la actividad del bloque 1, 4 y 5, situar en el mural los lugares de España donde se han dado algunos eventos geológicos.

Bloque 10. Geología de Campo.

Actividad propuesta: Esta unidad se refiere directamente al trabajo de campo, se recomienda que los alumnos tengan un cuaderno de campo donde vayan anotando los lugares visitados, sus características geológicas, mapas etc. y acompañen sus anotaciones con dibujos aclaratorios.

8.5.3. Asignatura: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente

Bloque 1. Medio ambiente y fuentes de información ambiental.

- El planeta Tierra como un sistema.

Actividad propuesta: Elabora modelos de sistemas que representen los cambios ambientales ocurridos por causa de la actividad humana ayudándote del dibujo para ello.

Bloque 2. Las capas fluidas, dinámica. Y **Bloque 3.** Contaminación atmosférica.

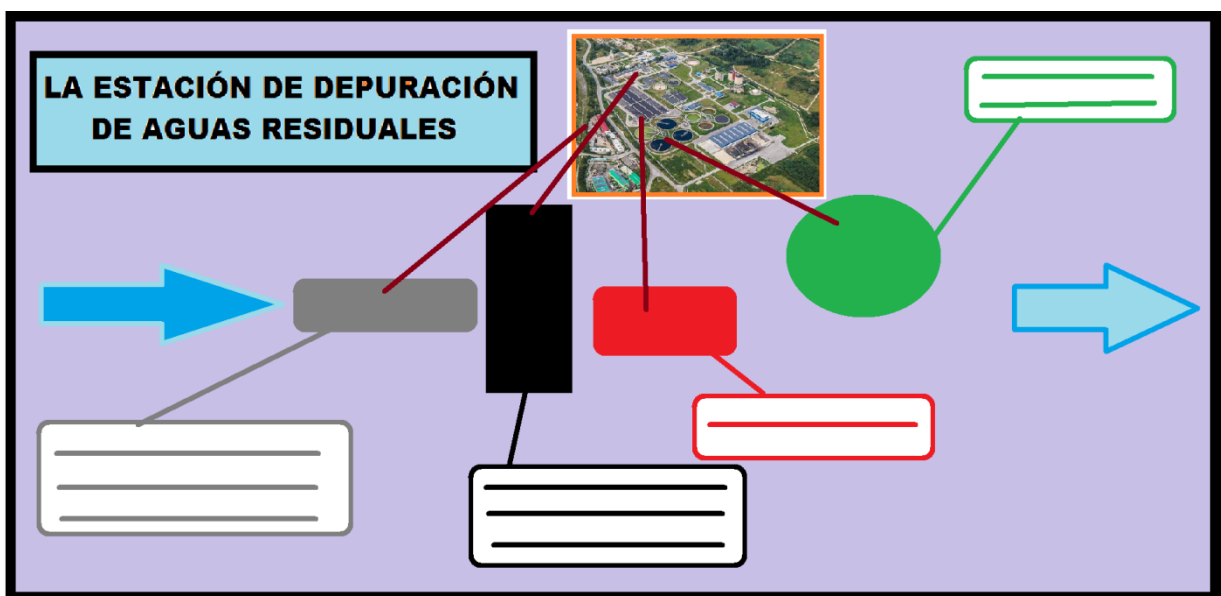
- La atmósfera: composición y estructura.
- El efecto invernadero.
- El ciclo del agua y el balance hídrico.

Actividad propuesta: Trabajo en grupos, realizar una serie de pósteres informativos sobre los temas de la unidad y colocarlos en el centro educativo (efecto invernadero, capa de ozono, contaminantes atmosféricos etc.)

Bloque 4. Contaminación de las aguas.

- Sistemas de tratamiento y depuración de las aguas.

Actividad propuesta: Para los bloques 3 y 4 y relacionada con la actividad del bloque 2, realizar pósteres informativos con los temas dados en esta unidad (Contaminantes atmosféricos, origen y cómo evitarlos, etc.). En la siguiente imagen se ve un ejemplo.



Bloque 5. La geosfera y riesgos geológicos.

- Procesos geológicos internos.
- Procesos geológicos externos.

Actividad propuesta: Durante el estudio de este bloque recomendar la realización de dibujos esquemáticos para apoyar los apuntes tomados por los alumnos.

Bloque 6. Circulación de materia y energía en la biosfera.

- Ciclo de la materia y flujo de energía.

Actividad propuesta: Realizar un mural, en equipos que represente diferentes ecosistemas y el flujo de energía y ciclo de materia que se da en los mismos a través de su biotopo y biocenosis. Representar el ciclo de Carbono, Nitrógeno y otros bioelementos.

Bloque 7. La gestión y desarrollo sostenible.

Actividad propuesta: Realizar un póster, en grupos basado en la investigación autónoma de un país concreto, su gestión de residuos, impactos medioambientales y su relación con el desarrollo del país, su economía y problemas sociales y medioambientales.

9. Conclusión.

Del presente trabajo se desprenden las siguientes conclusiones:

- El valor del dibujo como estrategia de aprendizaje viene avalado por diferentes investigaciones.
- El uso del dibujo por parte de los alumnos mejora su capacidad de observación crítica, fomenta la creatividad y puede convertirse en un recurso comunicativo muy útil. Además le acerca al mundo de lo microscópico y le permite visualizar, más allá de los especímenes aislados, procesos, relaciones y funciones de los mismos.
- El dibujo requiere de lápiz, papel, goma de borrar e intención, nada más. Puede realizarse a cualquier edad, en cualquier nivel educativo y en muchos aspectos de las diferentes asignaturas de ciencias. Es un recurso utilizable por cualquier tipo de estudiante sea cual sea su nivel educativo, su situación económica o su necesidad de adaptación curricular. Es por tanto un recurso que no discrimina, inclusivo.
- Como herramienta didáctica podemos usarlo para evaluar conocimientos previos, como instrumento de comunicación, para mejorar la memorización a largo plazo, para repasar contenidos y para evaluar, esto es, es una herramienta que puede acompañar a docente y discente durante todas las etapas del proceso educativo.
- Los beneficios del uso del dibujo en educación trascienden el aprendizaje ya que mejoran la autoestima, el autoconocimiento y pueden modular los niveles de estrés.
- Iniciarse en la costumbre de acompañar las explicaciones teóricas con dibujos propios es sencillo, requiere tiempo de práctica, eso sí, pero mejora la capacidad comunicativa del profesor.
- En las asignaturas de ciencias encontramos que se puede recomendar el uso del dibujo en muchos de los temas que incluyen. No en vano ciencia y dibujo han compartido camino histórico.

- El dibujo puede adaptarse a los nuevos tiempos al saltar del papel o la pizarra a las pantallas interactivas, tabletas y ordenadores. Existen varias opciones gratuitas en línea para dibujar y manipular esos dibujos para el fin que sea necesario. Son recursos digitales dirigidos a diferentes grados de manejo de la informática, desde programas sencillos e intuitivos hasta sofisticados y dirigidos a profesionales.

Son estas conclusiones las que deben animar al sistema educativo en su conjunto a recuperar el dibujo en las aulas y en los cuadernos y, como se ha argumentado, las asignaturas de ciencias son el vehículo perfecto para esta tarea.

10. Bibliografía y web grafía.

- Aguilar, N. y Hernández, J. (2010) *La importancia del dibujo para el desarrollo de las competencias para la investigación*. VI Simposio de Artes Visuales. Universidad Iberoamericana México City 2010.
- Aisworth, S., Tytler, R. y Prain, V. (2011). *Drawing to learn in science*. Science 333, DOI: 10.1126/science. 1204153pp: 1096-1097. Extraído de https://www.researchgate.net/publication/262039333_Drawing_to_Learn_in_Science
- Álvarez, S. (2007). *Procesos cognitivos de visualización espacial y aprendizaje*. Revista de Investigación en Educación nº4, 2007. Pp.61-71. ISSN 1697-5200.
- Cuenca, A. (2009). *El dibujo en la escuela. Una revisión histórica de sus primeros tratadistas*. Tendencias pedagógicas. Núm. 14, pp.335-351. Extraído de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3003296>
- De Felipe, J. (2005). *Cajal y sus dibujos: ciencia y arte. Arte y Neurología*. (pp: 213-230) Madrid: Saned. Extraído de https://digital.csic.es/bitstream/10261/12879/3/Cajal_Art.pdf
- De Pedro, A. (2009). *El dibujo y las estrategias de la representación científica*. Revista Co-herencia Vol. 6, No 10 Enero - Junio 2009, pp. 11-28. Medellín, Colombia (ISSN 1794-5887). Extraído de <https://www.redalyc.org/pdf/774/77411622001.pdf>
- Garrido, E., Rebok, S. y Puig-Samper, M. (2016). *El arte al servicio de la ciencia: antecedentes artísticos para la impresión total del paisaje en Alexander von Humboldt*. Revista Dynamis; 36 (2): pp362-390. <http://dx.doi.org/10.4321/S0211-9362016000200006>.
- Gómez-Galindo, A. y Gastón Pérez, L. (Septiembre, 2017). *¿Qué aportan los dibujos a la comprensión de los significados de las explicaciones de los estudiantes en biología evolutiva?* Trabajo presentado en el X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Sevilla, España. Recuperado de <https://ddd.uab.cat/record/182760?ln=ca>
- Gómez Llombart, V. y Gavidia Catalán, V. (2015). *Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. 12(3), 441-455. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2934>

- Grilli, J., Laxague, M. y Barboza, L. (2014). *Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias Universidad de Cádiz. DOI:http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.07. Extraído de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2934>
- <https://biologia-geologia.com/>
- Lowenfeld, V. (Ed.). (1983). *Desarrollo de la capacidad creadora*. Extraído de https://www.academia.edu/11866017/Desarrollo_de_la_capacidad_creadora_-_Lowenfeld
- Márquez, C. (2002). *Dibujar en las clases de ciencias*. Aula de innovación educativa, Núm. 117 (2002), p. 54-57. Recuperado de <https://ddd.uab.cat/record/182760>
- Mayor, J. y Flores, M. (2013). *El dibujo científico. Introducción al dibujo como lenguaje en el trabajo de campo*. VAR. Vol. 4 Núm.9. pp. 130-134. Extraído de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5210178>
- Olaizola Rengifo, Carlos José (2007). *Aprendiendo a pensar, dibujando*. Theoria, 16(1) ,23-30. [fecha de Consulta 20 de Abril de 2020]. ISSN: 0717-196X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=299/29916104>
- Ojeda Pérez, F. y Vázquez Torres, M. (2014). *El dibujo simplificado como una estrategia didáctica en el área de ciencias naturales de décimo año de educación general básica del colegio Miguel Merchán Ochoa durante el periodo lectivo 2013-2014*. (Tesis previa a la obtención del título de Licenciadas en Ciencias de la Educación). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7217/1/UPS-CT004063.pdf>
- ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. Boletín Oficial de Castilla y León. Núm. 86 del Viernes, 8 de mayo de 2015, pp32101-32281.
- ORDEN EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León. Boletín Oficial de Castilla y León. Núm.86 del viernes 8 de mayo de 2015. pp. 32531-32837.

- Schlegel, A., Kohler, P., Fogelson, S., Alexander, P., Konuthula, D. y Ulric, P. (2013). *Network structure and dynamics of the mental workspace*. Revista PNAS, no. 40, vol 110, pp. 16277-16282. Extraído de www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1311149110
- Vartanian O, Skov M. *Neural correlates of viewing paintings: evidence from a quantitative meta-analysis of functional magnetic resonance imaging data*. Brain Cogn. 2014; 87:52-56. doi:10.1016/j.bandc.2014.03.004. Extraído de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24704947/>