

Un sierpinski en la fachada

Pedro Carlos Moreno Ferrari
IES Averroes. Córdoba. España

Resumen: Nuestra idea fue crear una escultura de casi cuatro metros de altura basado en el Triángulo de Sierpinski. Este proyecto ha sido desarrollado por alumnos de 4º de ESO del IES Averroes de Córdoba de forma interdisciplinar incluyendo la componente social, medioambiental, matemática, artística, técnica y colaborativa.

En primer lugar estudiamos qué es un fractal. Posteriormente, se realizó una campaña de reciclaje de latas; después se realizó un modelo usando hojas de cálculo y Geogebra, para finalmente construir la escultura.

La evaluación se llevó a cabo a través de distintas herramientas y se obtuvieron resultados muy satisfactorios.

Palabras clave: Fractal, triángulo de Sierpinski, interdisciplinar, trabajo por proyecto.

Sierpinski's Triangle on the Facade

Abstract: Our idea was to create a nearly four-metre-high sculpture based on Sierpinski's Triangle. This project was developed by a group of 4 ESO students in Averroes Secondary School in Cordoba, by an interdisciplinary way which included social, environmental, mathematical, artistic, technological and collaborative components.

First, we studied what is a fractal. Then, we made a campaign for recycling cans. Afterwards, we made a model using worksheets and Geogebra and finally we made the sculpture.

The assessment was carried out by different tools and we got very satisfactory results.

Key words: Fractal, Sierpinski's Triangle, interdisciplinary, project.

PENSANDO, PENSANDO...

La práctica docente en el área de matemáticas está siempre sometida por una buena parte de la sociedad, y como consecuencia de nuestro alumnado, a la fatídica pregunta: ¿y esto para qué sirve?. El frágil equilibrio en una respuesta convincente marca la diferencia en muchas ocasiones entre el interés y motivación del alumnado, y su apatía o simple adoctrinamiento. Por eso, como profesores y profesoras tenemos la obligación de

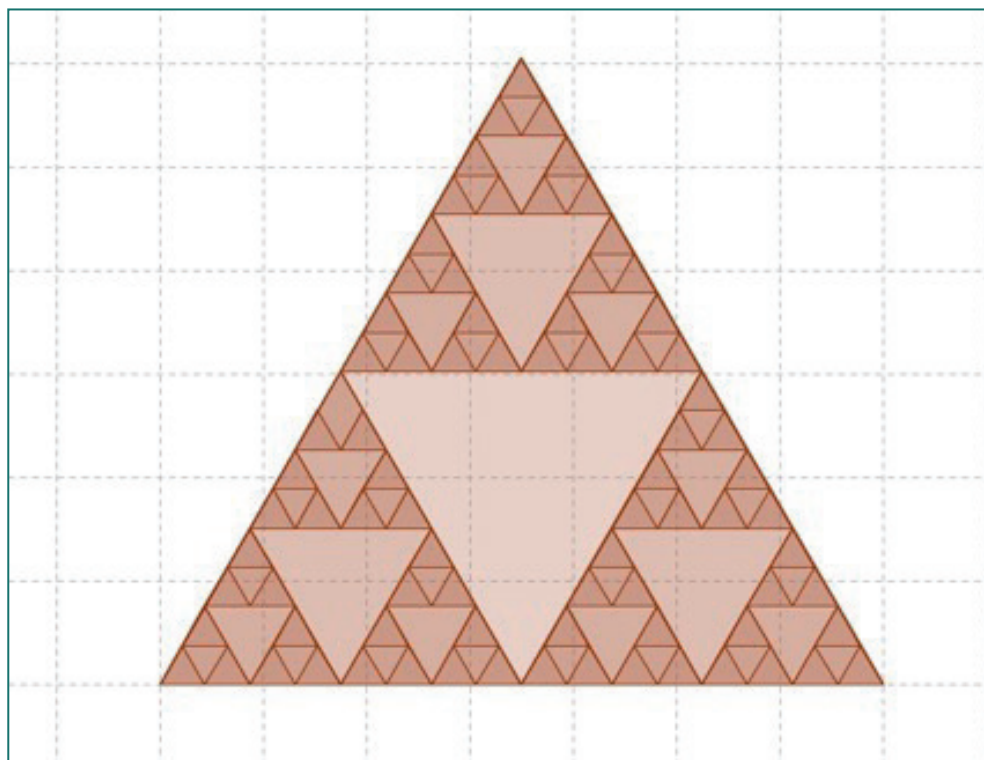


Figura 1: Triángulo de Sierpinski con Geogebra.

dar una respuesta que incline la balanza hacia lo primero, sabedores de que, como complemento nuestro alumnado se estará formando en procesos deductivos, lógicos, rigurosos y todo lo que la Matemática aporta a la comprensión del mundo que nos rodea. Es por eso que, inspirado en experiencias semejantes llevadas a cabo en muchos institutos de nuestro país, se recogió la idea, intentando sistematizar los procesos llevados a cabo y sus implicaciones como proyecto interdisciplinar.

En este sentido, el detonante fue la pregunta: ¿por qué no hacemos una escultura para decorar el instituto basada en las matemáticas?. La perplejidad mostrada por el alumnado (¿pero eso es posible?) fue la respuesta y la razón de ser para crear este proyecto cuyo final sería decorar la fachada del centro con una escultura de latas recicladas formando el Triángulo de Sierpinski.

La convicción de la necesidad de un nuevo marco de aprendizaje ha sido el motor de este proyecto. En este sentido se ha intentado que ese marco estuviera basado en la integración de espacios (dentro del aula – fuera del aula), en la multidisciplinariedad (necesitábamos conocimientos y capacidades diversas), en la creatividad (el alumnado puede participar abiertamente de la toma de decisiones), en el trabajo para la comunidad (se va a decorar el centro del que forman parte, la necesidad de limpieza, la conciencia medioambiental), en los materiales (ordenadores, papel, latas, pintura,...), y en un papel del docente en consonancia con Vergara (2015), quien afirma que “la tarea

del docente no consistirá solo ni principalmente en enseñar contenidos disciplinares descontextualizados, sino en definir y plantear situaciones en las cuales los alumnos puedan construir, modificar y reformular conocimientos, actitudes, habilidades, emociones y valores.”

Ante esta situación, una metodología activa, cooperativa e inclusiva (López, 2004), centrada en el aprendizaje basado en proyectos (ABP), pareció ser la fórmula que encajaba a la perfección con este proyecto. Por otro lado, la realidad del grupo, diverso en funcionalidades, expectativas e intereses, presentaba un buen escenario para su realización.

Además, el proyecto supuso al alumnado un reto en su proceso formativo que se ubicaba entre el dominio de la situación (pues en apariencia se sentían capaces de asumirlo) y el desconocimiento (comprendían que le faltaban herramientas para llevarlo a cabo). Este era el punto que Vygotsky (1986), establecía como el ideal para abordar un aprendizaje significativo.

PLANEANDO CON EL ALUMNADO

Aunque existen diferentes modelos en la confección del ABP, el hecho significativo es que esta elaboración surgió de varias sesiones con el propio alumnado, el cual, una vez presentado el reto final –la construcción de una escultura con latas recicladas basada en el triángulo de Sierpinski-, comenzó, a través de dinámicas grupales la organización de sus ideas previas y necesidades. Así, se establecieron diferentes comisiones de trabajo: comisión de campaña de reciclaje, comisión artística, comisión científica, comisión técnica y comisión divulgativa.

Se definieron contando con la opinión del profesor las tareas, subtareas, responsables y lugares, según puede consultarse en la Tabla 2 (Tareas, subtareas, responsables y lugares. Diseño del proyecto).



Figura 2: fase de limpieza y montaje.

¿Qué, cómo, cuándo?... ¿Para qué?

Desde el punto de vista de las competencias y la educación en valores, la realización de este proyecto ha supuesto el desarrollo de muchas de ellas en distintos ámbitos:

Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT):

En el desarrollo de la competencia matemática, según la orden de 14 de Julio de 2016 por la que se establece el currículo de las Matemáticas Orientadas a las enseñanzas Aplicadas 4.º ESO de Andalucía, estaríamos trabajando sobre los contenidos y criterios de evaluación del Bloque 1. Procesos, métodos y actitudes en matemática de manera muy intensa, así como del Bloque 2: Números y Álgebra y del Bloque 3: Geometría.

Así los contenidos relativos a la planificación, estrategia, modelos, medios tecnológicos, confianza, método científico, simulaciones, interpretación, comunicación, elaboración de informes compondrían un intenso trabajo curricular del primer bloque.

Sobre el bloque 2, se trabajan los contenidos de potencias, raíces e interpretación de decimales en la simulación de la construcción de la escultura, porcentajes (en la elaboración de presupuestos), uso de la calculadora, etc. En el mismo bloque del curso anterior se había trabajado el concepto de progresión geométrica que vuelve a ser necesario en este proyecto. El uso de la hoja de cálculo de Libre Office permitió la sistematización de datos y su predicción. En este caso aparecieron otro tipo de series de las que se obtuvo su término general como proceso de inducción (ver tabla 1).

En el bloque 3, correspondiente a geometría, se aplicó el Teorema de Thales y de Pitágoras en el diseño del modelo. Se usó el programa de geometría dinámica Geogebra para el diseño gráfico, con distintas herramientas para confeccionarlo que dieron pie a afianzar cuestiones de geometría: rectas, circunferencias, puntos de corte, simetrías etc. Así mismo se abordaron los conceptos de área y semejanza y al aproximarnos al mundo de la geometría fractal pudieron verse cómo aparecen en la naturaleza, así como cuestiones históricas y biográficas de algunos célebres matemáticos, como Mandelbrot (1985). También pudieron incorporarse resultados sobre la dimensión de los objetos fractales (Martín, Morán y Reyes 1998) (ver figuras 3 y 4).

Los procesos con Geogebra permitieron usar multitud de elementos para el desarrollo del modelo: puntos simétricos, circunferencias, triángulos, medidas, segmentos, perpendicularidad, etc. Además cada alumno pudo crear a su manera el triángulo de Sierpinski hecho con circunferencias, siempre que se asegurara el rigor en la construcción. Las herramientas de cálculo permitieron comprobar lo que el modelo teórico afirmaba.

Pero también, a medida que la investigación avanzaba, pudimos responder a dudas y cuestiones que se trabajaron a demanda del alumnado, lo cual permitió también para una parte del alumnado profundizar en conceptos como:

Área final: introducción al concepto de límite. $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{3}{4}\right)^n \cdot a = 0$

Dimensión fractal: introducción al logaritmo e interpretación de la dimensión $d = \frac{\log 3}{\log 2} \approx 1,58$.

¿Qué relación existe entre el **triángulo de Pascal** y el triángulo de Sierpinski? (figura 5).

Tabla 1. Datos de la escultura y su contenido matemático.

Orden "n"	0	1	2	3	4	5	6	Término general	Total latas
Número de latas	1	3	9	27	81	243	729	3^n	1093
Peso de las latas en gr.	15	45	135	405	1215	3645	10935	$15 \cdot 3^n$	
Latas en la base	1	2	4	8	16	32	64	2^n	
Longitud de la base considerando radio=1	2	4	8	16	32	64	128	2^{n+1}	
Alturas en latas "a" considerando radio=1	1	$1+\sqrt{2^2-1^2}+1$ $2+\sqrt{3}$ 3,73	$1+\sqrt{6^2-3^2}+1$ $2+3\sqrt{3}$ 7,20	$1+\sqrt{14^2-7^2}+1$ $2+7\sqrt{3}$ 14,12	$1+\sqrt{30^2-15^2}+1$ $2+15\sqrt{3}$ 27,98	$1+\sqrt{62^2-31^2}+1$ $2+31\sqrt{3}$ 55,69	$1+\sqrt{126^2-63^2}+1$ $2+63\sqrt{3}$ 111,12	$2+(2^n-1)\sqrt{3}$	
Altura en cm sustituyendo el radio por su verdadero valor: 3 cm	3,00	11,20	21,59	42,37	83,94	167,08	333,36		
Longitud de la base sustituyendo el radio por su verdadero valor 3 cm	6	12	24	48	96	192	384		

En el desarrollo de las tareas de diseño, creación y montaje de la estructura, desde la óptica de la Competencia en Ciencia y tecnología se desarrollaron procesos para los que “se requiere igualmente el fomento de destrezas que permitan utilizar y manipular herramientas y máquinas tecnológicas, así como utilizar datos y procesos científicos para alcanzar un objetivo; es decir, identificar preguntas, resolver problemas, llegar a una conclusión o tomar decisiones basadas en pruebas y argumentos.” (Web del Ministerio de Educación, Cultura y deporte. Competencia matemática y competencia básica en ciencia y tecnología).

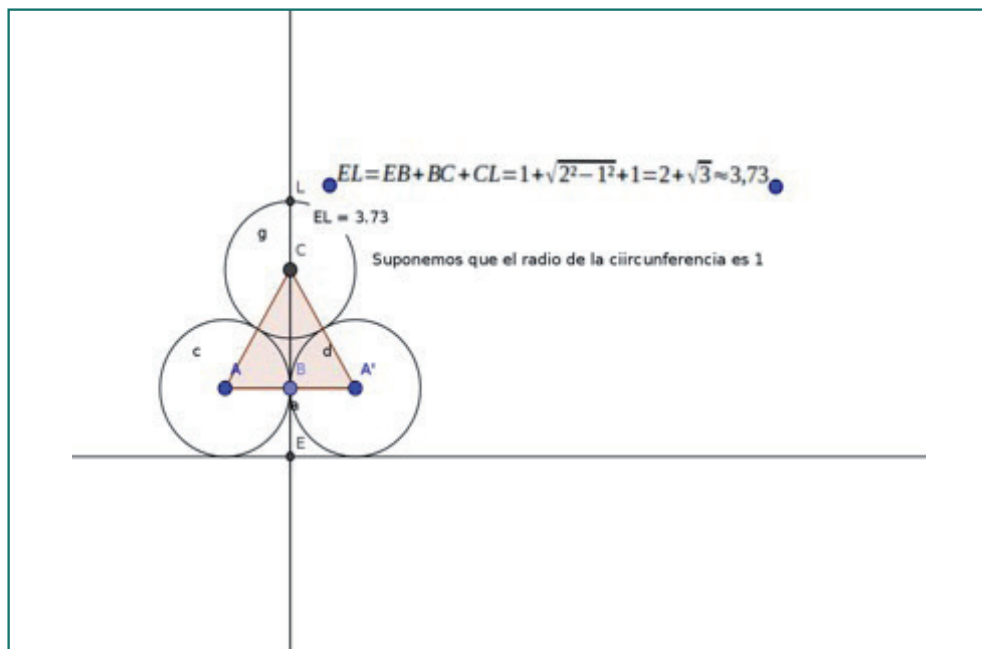


Figura 3. Cálculo de la altura del fractal de orden 1.

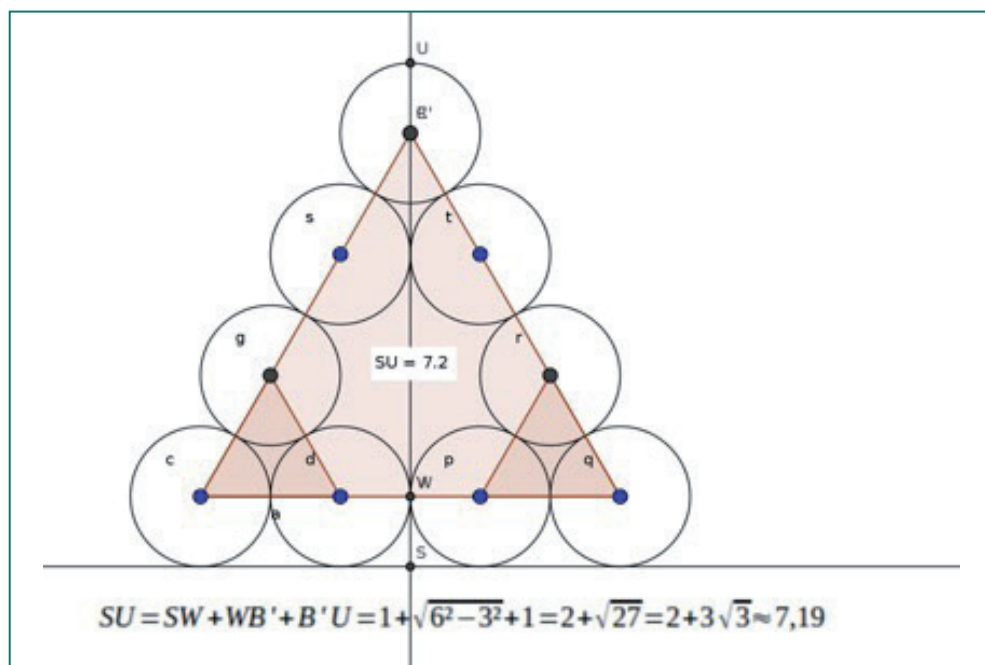


Figura 4: Cálculo de altura del fractal de orden 2

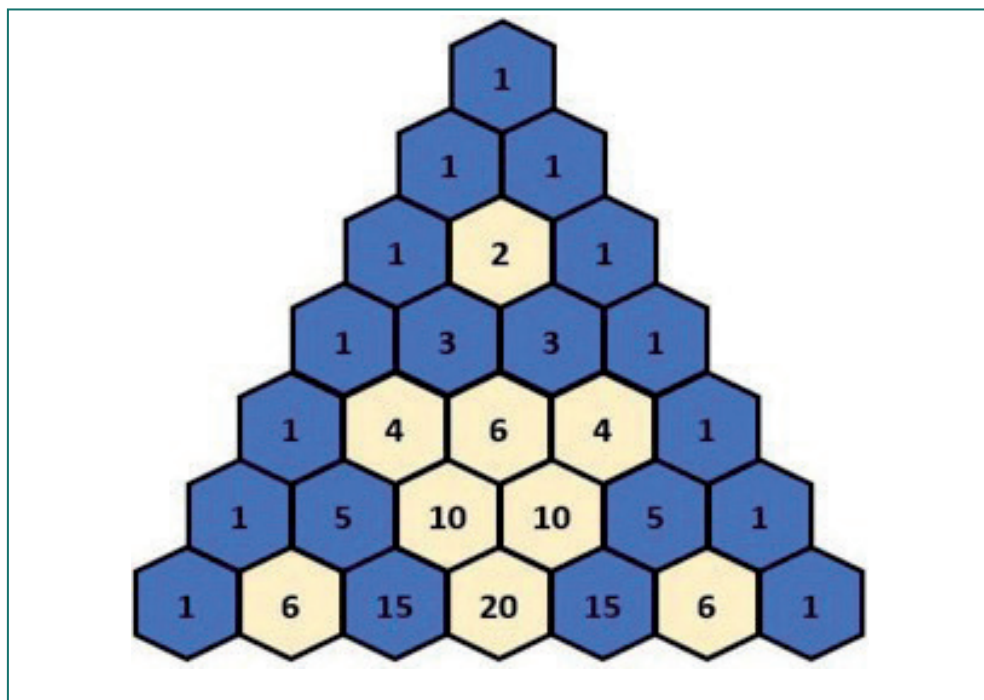


Figura 5: Triángulo de Pascal y Triángulo de Sierpinski

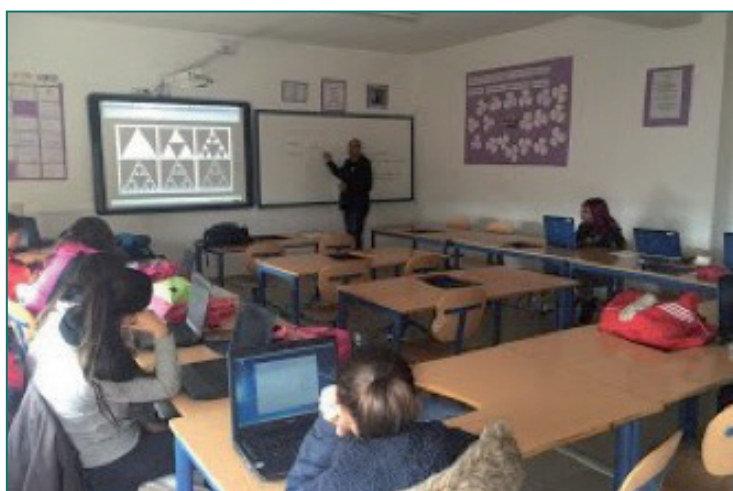


Figura 6.
Competencia digital.

De igual manera, la campaña de recogida de latas para la creación de la escultura supuso un trabajo de concienciación propio y al centro educativo que desarrolla lo enunciado para esta competencia: “Asimismo, estas competencias incluyen actitudes y valores relacionados con la asunción de criterios éticos asociados a la ciencia y a la tecnología,



Figura 7. Fase de pintado.

el interés por la ciencia, el apoyo a la investigación científica y la valoración del conocimiento científico; así como el sentido de la responsabilidad en relación a la conservación de los recursos naturales y a las cuestiones medioambientales y a la adopción de una actitud adecuada para lograr una vida física y mental saludable en un entorno natural y social.” (Web del Ministerio de Educación, Cultura y deporte. Competencia matemática y competencia básica en ciencia y tecnología.)

Competencias Sociales y cívicas (CSC):

La metodología participativa, activa y cooperativa con la que se ha llevado a cabo el proyecto ya ha supuesto de desarrollo de esta competencia en términos de cooperación, comunicación, empatía y solidaridad puesto que es inherente a la propia dinámica.

Los roles y su discusión en algunas tareas más creativas (diseño, difusión), más rutinarias (limpieza, orden) o más tecnológicas (montaje) supusieron elementos de debate para discutir y organizar las tareas, pudiendo así visibilizar cuestiones como la igualdad efectiva entre hombres y mujeres, o los conceptos de reparto y justicia, que el alumnado resolvió muy satisfactoriamente.

Conciencia y expresiones culturales (CEC):

El producto final ha sido una escultura de más de 3 metros de altura, junto con una boceto del proceso creativo hasta llegar a la misma. El sentido estético ha estado presente tanto en el diseño de esta creación, como en las diferentes expresiones usadas para su difusión (video, fotografía, redacción, presentación).



Figura 8. Fractal de orden 5.

Fue muy destacable el empeño del alumnado por lograr una perfección casi total en ajustar la composición a lo diseñado, sin permitir excesivos errores, lo cual da muestra de su buena actitud, lograda a través de la motivación por realizar un trabajo bien hecho.

Competencia para aprender a aprender (CPAA) y el sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE)

Estas dos competencias clave de igual manera han ido siendo el sustento de este proyecto desde sus inicios, pues han sido el motor de investigación, resolución de problemas, búsqueda de alternativas, etc. que dio como resultado la consecución del objetivo que el propio alumnado se había marcado.

Manos a la obra

En el currículo del área de Matemáticas, se disponen de 4 sesiones semanales. El proyecto se desarrolló durante 5 semanas en las que cada una de las tareas y subtareas se fueron encadenando. Muchas de ellas se iban realizando de manera simultánea obedeciendo al reparto decidido en las sesiones iniciales.

Disponíamos como recursos materiales: el aula de grupo, pizarra digital, ordenadores, un laboratorio de matemáticas con grifos y espacios suficientes, cajas de cartón, cartulinas, rotuladores, pistolas de silicona y recambios, papel secante, perfiles de aluminio y tornillos, pintura de spray, gafas protectoras, ropa de trabajo, guantes, cámara de fotos, cámara de vídeo y mucha ilusión.

Algunos de estos materiales fueron comprados por el alumnado que manejó presupuesto asignado del centro, asesorados por parte de algunos de los familiares de los



Figura 9. Resultado final.

alumnos. Se encargaron de hacer la gestión completa el alumnado a través de la Secretaría del mismo, con los requisitos que ésta les marcaba.

La organización de la actividad se configuró según la tabla 3 (cronograma).

Ahora corresponde evaluar

Como hemos venido viendo, el proyecto ha tenido tres tipos de intervención: individual, en comisión y en gran grupo, por lo que su evaluación se realizó también en esas tres categorías. Así mismo, existió una evaluación por parte del profesorado en las tareas propias de cada dimensión y una autoevaluación. Con todas estas herramientas se confeccionó finalmente una nota cuantitativa y una cualitativa que formaron parte del segundo trimestre del curso.

- **Individual:** El alumnado tuvo que demostrar sus conocimientos y dominio de los procesos en cuanto a las progresiones geométricas, conceptos básicos de geometría fractal y uso adecuado del teorema de Pitágoras y de Thales en una situación análoga al proyecto que se realizó. Por otro lado el alumnado tuvo que presentar una hoja de cálculo y un documento de Geogebra con el diseño del proyecto tal y como se había ido descubriendo.
- **Comisiones:** Cada una de las comisiones tenía encomendada una serie de tareas que fueron evaluadas por separado dependiendo de las mismas. Cada uno de los alumnos del grupo pertenecía a alguna de las comisiones. Algunas de ellas presentaron un proyecto final (presentación, vídeo, presupuestos, etc) evaluado con una rúbrica y documentos de autoevaluación adaptados del CeDeC (ver referencias).
- **Gran grupo:** La evaluación del gran grupo se llevó a cabo a través de una dinámica a tal efecto, señalando los logros, dificultades, y posibles mejoras, así como

aspectos de tipo actitudinal, como la colaboración, los roles, el apoyo, la empatía o la organización del trabajo. Esta dinámica fue muy enriquecedora.

Las autoevaluaciones consistieron en documentos de reflexión a nivel individual y a nivel de comisión donde, en ese mismo sentido, cada individuo y cada comisión valoró su aportación al gran grupo y su propio proceso de aprendizaje y cooperación con el resto.

Divulgar, difundir, disfrutar

Todas las experiencias enriquecedoras merecen ser compartidas. De la misma forma que nos hemos inspirado en otras, también, ¿por qué no?, ésta podría nutrir otras venideras. El espacio de la red, es un lugar en el que había que estar según opinaba el alumnado, para que compañeros, familiares y otras personas pudieran ver nuestra creación. La bitácora del centro y nuestro blog “verde” <http://iesaverroesenverde.blogspot.com.es/>, permitieron la visibilidad del proyecto. Por otro lado se difundió mediante la participación en la feria anual del programa ALDEA a través del proyecto RECAPACICLA en Junio de 2016, y en la colaboración con los compañeros de robótica en varios certámenes. El reciente premio a la experiencia en el Certamen de Experiencias Didácticas ALDEA del 2017, permite que ese compartir tenga un sentido más profundo. De la misma manera, recibir el reconocimiento por un trabajo bien hecho, es siempre algo agradable en la trayectoria del alumnado y del profesorado.

¿Y ahora qué?

Muchas veces en nuestra tarea buscamos dentro de nuestra propia materia aquellos elementos que nos resultan de interés. Por otro lado están las motivaciones e intereses de nuestro alumnado. Considero necesario que estos caminos no sean paralelos, pues las Matemáticas podrán pasar por la vida de nuestro alumnado sin pena ni gloria. En cambio, en la medida que algo –incluso aparentemente ajeno a las matemáticas– les proporcione satisfacción, orgullo, reconocimiento, alegría, etc. estos sentimientos podrán ser la espoleta para que el alumnado se cuestione, se pregunte, quiera conocer,... que es lo que el profesorado deseamos que ocurra.

Por otro lado esta experiencia anima a confiar en la capacidad de los y las jóvenes para organizarse, para autoregularse y ponerse retos, para detectar sus carencias y sus fortalezas. Creo que en este sentido, la figura del profesor como guía supone un lugar desde el que observar, apoyar y animar. La intervención a demanda es un comportamiento que permite situarnos como profesores en otro lugar desde el que mirar el proceso de enseñanza-aprendizaje y a nuestro alumnado como chicos y chicas más que como alumnos y alumnas, y ver con menos autoexigencia y más claridad qué está ocurriendo en nuestro grupo. Todo ello representa muchas ventajas para continuar en esta senda.

REFERENCIAS

- López, M. (2004). Construyendo una escuela sin exclusiones. Una forma de trabajar con proyectos en el aula. Málaga: Aljbe.
- Mandelbrot, B. (1975). La geometría fractal de la naturaleza. Barcelona: Tusquets.
- Martín, M.A.; Morán, M. y Reyes, M. (1998): Iniciación al caos. Madrid: Síntesis.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (s. f.) Competencia matemática y competencia básica en ciencia y tecnología. <http://www.mecd.gob.es/educacion-mecd/mc/lomce/el-curriculo/curriculo-primaria-eso-bachillerato/competencias-clave/ciencias.html>. Consultado 10/03/2016
- Rúbricas de CeDeC: dependiente del El Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (s. f.) <http://cedec.ite.educacion.es/>. Consultado 10/03/2016
- Vergara, J. J. (2015). Aprendo Porque Quiero: El Aprendizaje Basado En Proyectos (ABP), Paso A Paso. Madrid: Ediciones SM
- Vygotsky, L. (1986) Pensamiento y Lenguaje. Barcelona: Paidós.

ANEXOS

Tabla 2: Tareas, subtareas, responsables y lugares. Diseño del proyecto.

Tarea	Subtarea	Responsable y lugar
1. Realización de una campaña de reciclaje de latas de refresco “Vamos a dar la lata”	1.1. Crear un cartel 1.2. Difusión de la campaña. 1.3. Recogida diaria de latas	Comisión de campaña de reciclaje. Todo el centro
2. Conocer el concepto de fractal	2.1. Investigar origen y propiedades 2.2. Elaborar una presentación sobre fractales. 2.3. Exponer presentación sobre fractales.	Comisión científica. Aula
3. Conocer el concepto de progresión geométrica	3.1. Conocer y practicar con concepto de progresión geométrica. 3.2. Conocer y practicar con la suma de progresiones geométricas	Todo el grupo en el aula
4. Diseño de un modelo	4.1. Uso de hoja de cálculo para sus dimensiones. 4.2. Uso del geogebra para definir el modelo	Todo el grupo en sala de ordenadores
5. Limpieza de latas y preparación	5.1. Quitar anillas 5.2. Lavar las latas 5.3. Limpiar espacios	Todo el grupo en el Laboratorio de Matemáticas
6. Ensamblaje	6.1. Crear fractal de orden 1 6.2. Crear fractal de orden 2 ... 6.6. Crear fractal de orden 6 6.7. Almacenamiento 6.8. Reforzar estructura	Todo el grupo en el Laboratorio de Matemáticas Profesorado FPB y personal de mantenimiento.
7. Cálculo del presupuesto	7.1. Elaboración de un presupuesto 7.2. Compras.	Comisión técnica. Aula del grupo
8. Pintura	8.1. Pintar los fractal de orden 6, 5, 4, 3, 2, 1 8.2. Limpieza espacios	Comisión artística. Patio del centro.
9. Montaje	9.1. Cálculo de dimensiones reales 9.2. Decisión de la ubicación y entrevista con la dirección del centro. 9.3. Realización del montaje	Comisión técnica. Fachada del instituto. Profesorado FPB y personal de mantenimiento.
10.- Divulgación	10.1. Realización de fotos 10.2. Realización de vídeo del proceso. 10.3. Creación de material multimedia de difusión y subida a la red. 10.4. Participación en la feria “Recapacicla” del programa ALDEA 2016	Comisión de divulgación. Todos los espacios.
11.- Evaluación	11.1. Actividades para la autoevaluación. 11.2. Actividades de evaluación.	Todo el grupo en su aula.

Tabla 3: Cronograma.

Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5
Organización del proyecto y presentación del Triángulo de Sierpinski. Fotos y vídeos de la escultura	Organización del proyecto	1.1. Crear un cartel 2.1. Investigar origen y propiedades 10.1. Realización de fotos 10.2. Realización de vídeo del proceso.	1.2. Difusión de la campaña. 1.3. Recogida diaria de latas 5.1. Quitar anillas 5.2. Lavar las latas 5.3. Limpiar espacios	1.2. Difusión de la campaña. 1.3. Recogida diaria de latas 5.1. Quitar anillas 5.2. Lavar las latas 5.3. Limpiar espacios 10.1. Realización de fotos 10.2. Realización de vídeo del proceso.
Todo el grupo	Todo el grupo	1.1. Comisión de campaña de reciclaje. 2.1. Comisión científica. 10.1 y 10.2. Comisión divulgación	1.1. Comisión de campaña de reciclaje. 5.1, 5.2 y 5.3 Todo el grupo	1.1. Comisión de campaña de reciclaje. 5.1, 5.2 y 5.3 Todo el grupo 10.1 y 10.2 Comisión difusión

Sesión 6	Sesión 7	Sesión 8	Sesión 9	Sesión 10
1.2. Difusión de la campaña. 1.3. Recogida diaria de latas 5.1. Quitar anillas 5.2. Lavar las latas 5.3. Limpiar espacios	3.1. Conocer y practicar con concepto de progresión geométrica. 3.2. Conocer y practicar con la suma de progresiones geométricas	4.1. Uso de hoja de cálculo para sus dimensiones. 10.1. Realización de fotos	4.2. Uso del geogebra para definir el modelo. 10.2. Realización de vídeo del proceso.	6.1. Crear fractal de orden 1 6.2. Crear fractal de orden 2 6.3. Crear fractal de orden 3 6.7. Almacenamiento
1.1. Comisión de campaña de reciclaje. 5.1, 5.2 y 5.3 Todo el grupo	3.1 y 3.2. Todo el grupo	4.1 Todo el grupo. 10.1. Comisión difusión	4.2 Todo el grupo. 10.2. Comisión de difusión.	6. Todo el grupo

Tabla 3: Cronograma.

Sesión 11	Sesión 12	Sesión 13	Sesión 14	Sesión 15
6.2. Crear fractal de orden 2 6.3. Crear fractal de orden 4 6.5. Crear fractal de orden 5 6.7. Almacenamiento 10.1. Realización de fotos	6.4. Crear fractal de orden 4 6.5. Crear fractal de orden 5 6.6. Crear fractal de orden 6 6.7. Almacenamiento 7.1. Elaboración de un presupuesto 10.2. Realización de video del proceso.	2.2. Elaborar una presentación sobre fractales. 7.2. Compras 8.1. Pintar los fractal de orden 6, 5, 4, 3, 2, 1 8.2. Limpieza espacios 9.1. Cálculo de dimensiones reales. 10.1. Realización de fotos	2.2. Elaborar una presentación sobre fractales. 8.1. Pintar los fractal de orden 6, 5, 4, 3, 2, 1 8.2. Limpieza espacios 9.2. Decisión de la ubicación y entrevista con la dirección del centro. 10.2. Realización de video del proceso.	8.1. Pintar los fractal de orden 6, 5, 4, 3, 2, 1 8.2. Limpieza espacios. Completar trabajos individuales de tareas 3 y 4
6. Todo el grupo. 10.1. Comisión difusión	6. Todo el grupo. 7.1. Comisión técnica. 10.1. Comisión difusión	2.2. Comisión científica. 7.2. y 9.1 Comisión técnica 8.1 y 8.2. Comisión artística. 10.1. Comisión difusión	2.2. Comisión científica. 9.2. Comisión técnica. 8.1 y 8.2. Comisión artística. 10.1. Comisión difusión	8.1 y 8.2. Comisión artística. Resto del grupo
Sesión 16	Sesión 17	Sesión 18	Sesión 19	Sesión 20
2.3. Exponer presentación sobre fractales. 10.3. Creación de material multimedia de difusión y subida a la red. Exponer materiales individuales (tabla, geometría dinámica)	9.3. Realización del montaje. <i>¡Festear!</i>	Recopilación de materiales producidos por el alumnado y recogida.	11.1. Actividades para la auto-evaluación. 11.2. Actividades de evaluación.	10.4. Participación en la feria "Recapacila" del programa ALDEA 2016
2.3. Comisión científica. 10.3. Comisión de difusión. Resto del grupo	Todo el grupo.	Todo el grupo.	Todo el grupo.	Todo el grupo.