

Construcción de Maquetas de Escutoides para Comprender la Organización Celular en los Tejidos Epiteliales

José Luis Olmo Rísquez, IES "Azuer", Departamento de Biología y Geología, 13200 Manzanares, Ciudad Real, Email: olmojose@iesazuer.es

Resumen

La actividad aquí descrita introduce a los estudiantes de secundaria y bachillerato en la construcción de maquetas de células epiteliales, utilizando la reciente figura geométrica llamada "escutoide". Esta actividad pretende que los alumnos comprendan el empaquetamiento celular tridimensional en tejidos vivos, combinando biología y matemáticas. Empleando materiales reciclados, los estudiantes modelan la organización celular en epitelios, desarrollando competencias en geometría espacial y biología celular.

Introducción

La geometría y la biología se entrelazan de maneras sorprendentes en el descubrimiento de los escutoides, una figura geométrica que ha revolucionado nuestra comprensión de la organización celular en los tejidos epiteliales. Este hallazgo, realizado por investigadores de la Universidad de Sevilla y publicado en *Nature Communications* en 2018, se basó en el estudio de cómo las células se disponen en tres dimensiones dentro de estructuras curvas. La forma única de los escutoides, similar a un prisma torcido con caras irregulares, permite a las células empaquetarse de manera óptima, ahorrando energía y adaptándose a las complejas formas tridimensionales de los tejidos.

El descubrimiento de los escutoides se apoyó en el uso de diagramas de Voronoi, una herramienta matemática que permite dividir un espacio en regiones según la proximidad a ciertos puntos. Al aplicar estos diagramas para modelar el empaquetamiento de células epiteliales en espacios curvos, los investigadores observaron que los patrones formados en superficies curvas eran diferentes a los de los espacios planos: los polígonos convencionales no resultaban suficientes para describir la estructura celular en superficies curvas. Fue a través del análisis con diagramas de Voronoi que surgió la figura del escutoide, capaz de llenar espacios tridimensionales curvos sin dejar huecos, una característica esencial para los tejidos epiteliales que revisten órganos y estructuras en el cuerpo humano.

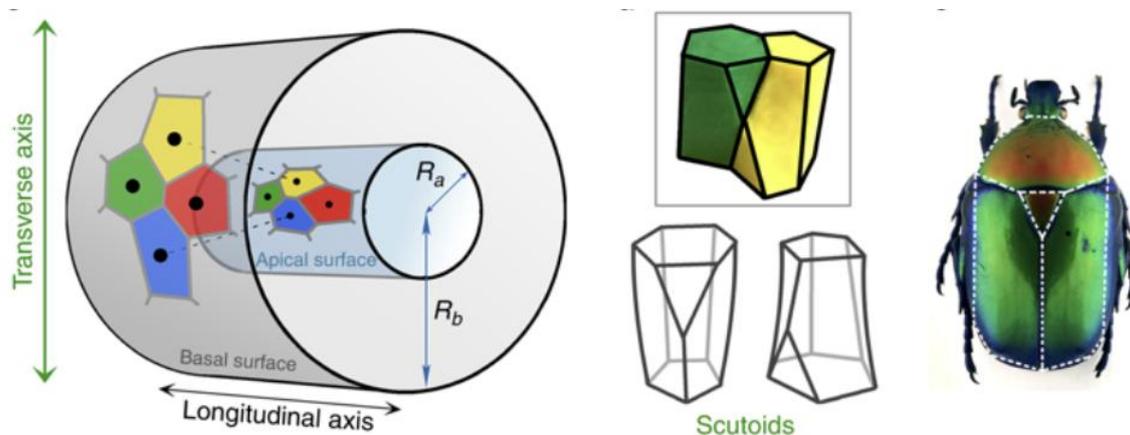


Ilustración extraída de nature communications <https://www.nature.com/articles/s41467-018-05376-1#Sec2>

Los escutoides, más allá de su importancia teórica, han abierto nuevas vías en varias áreas de la ciencia y la tecnología. En el ámbito biomédico, su estructura optimiza el desarrollo de organoides, pequeños tejidos cultivados en laboratorio que imitan funciones de órganos reales, lo que es fundamental en medicina regenerativa, especialmente en la creación de órganos artificiales para trasplantes y pruebas de fármacos. Además, el concepto de empaquetamiento tridimensional eficiente está siendo explorado en ingeniería de materiales y en arquitectura, donde los escutoides podrían inspirar diseños con mayor resistencia, flexibilidad, y propiedades únicas, útiles en la construcción y en la robótica blanda.

Este proyecto educativo tiene como objetivo acercar a los estudiantes de ESO y Bachillerato a estos conceptos avanzados de biología, geometría y física a través de la construcción de modelos de tejidos utilizando escutoides. Al trabajar en esta actividad, los estudiantes no solo visualizarán cómo las células epiteliales se organizan en la naturaleza, sino que comprenderán el papel esencial de herramientas matemáticas como los diagramas de Voronoi en el avance de la ciencia moderna. Además, aprenderán sobre el método científico y el análisis geométrico, al mismo tiempo que desarrollan competencias en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM).

Este proyecto práctico permitirá a los estudiantes combinar biología y matemáticas para crear un modelo tridimensional de un tejido epitelial utilizando materiales reciclados, facilitando así una experiencia de aprendizaje integrada que une la teoría con la práctica.

Objetivos

1. **Comprender el concepto de empaquetamiento celular tridimensional** y su importancia en la formación de tejidos epiteliales.
2. **Desarrollar habilidades de construcción geométrica** mediante la elaboración de maquetas de escutoides.
3. **Integrar conocimientos de biología y matemáticas** para aplicar los diagramas de Voronoi en la representación de estructuras celulares.
4. **Concienciar sobre el uso de materiales reciclados** en proyectos de aprendizaje, fomentando el cuidado ambiental.

Materiales Necesarios

Para esta actividad, se pueden utilizar materiales reciclados y de bajo costo que simulen las formas geométricas del escutoide. Algunos de estos materiales incluyen:

- Plantillas de papel o cartulina para cortar, que pueden ser de distintos colores.
- Otros materiales reciclados de plástico o bien plastilina.
- Lápices o rotuladores colores para destacar las diferentes capas de las superficies apical y basal.
- Herramientas de corte (tijeras, cúter) y pegamento no tóxicas.

Procedimiento

1. **Introducción a los escutoides y su relación con la biología y geometría:** El docente presenta el concepto de los escutoides y los diagramas de Voronoi, mostrando cómo esta figura permite a las células empaquetarse en tejidos curvos epiteliales. Explicar su importancia en el contexto biológico.
2. **Creación del esqueleto de las maquetas:** Cada estudiante crea una estructura tridimensional que represente un escutoide. Para esto, pueden trazar y cortar polígonos que representen las secciones apical y basal de la célula.

3. **Conexión de las superficies apical y basal:** Utilizando plantillas de papel o cartulina formando la estructura tridimensional del escutoide, o bien de plastilina de diferentes colores.

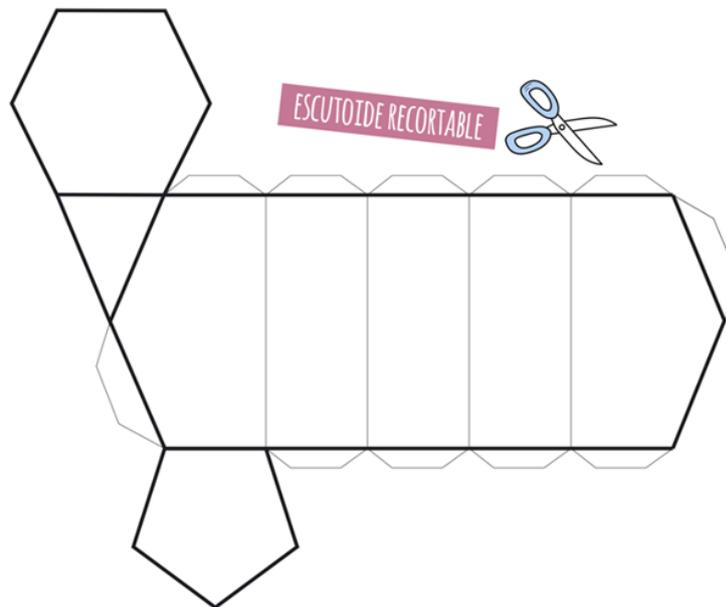


Imagen extraída de <https://x.com/lmescu/status/1677211360881410051> procedente del libro "Papa ¿cómo se enroscan las caracolas?" de Luíma Escudero.

4. **Empaquetamiento de los escutoides:** Los estudiantes trabajan en grupos para ensamblar sus escutoides en una estructura más grande, simulando el empaquetamiento celular en un tejido epitelial. Este paso permite observar cómo los escutoides se adaptan entre sí, llenando el espacio tridimensional de manera eficiente.

Competencias Desarrolladas

Con esta actividad, los alumnos adquieren competencias en áreas como:

- **Competencia matemática:** A través del diseño y construcción de figuras geométricas complejas.
- **Competencia científica:** Comprendiendo cómo las células se organizan en los tejidos y cómo esta organización impacta en el funcionamiento de órganos.
- **Competencia digital:** Al explorar modelos geométricos en 3D y aprender sobre diagramas computacionales de Voronoi.
- **Conciencia ambiental y social:** Al emplear materiales reciclados en una actividad educativa.

Resultados de los Alumnos y sus Maquetas

Los alumnos han sorprendido con su creatividad y habilidad para plasmar el concepto de los escutoides a través de maquetas realizadas con plastilina, cartulina, papel y otros materiales reciclados. Estas representaciones no solo replican los patrones geométricos de los tejidos epiteliales, sino que también simulan de forma visual y tangible la organización de las células en el espacio tridimensional. El uso de materiales accesibles y reciclados como plastilina y cartulina ha permitido a los estudiantes explorar de forma

práctica cómo los escutoides contribuyen a rellenar eficientemente los espacios, facilitando la organización celular sin dejar huecos entre ellas.

Cada maqueta exhibe un gran nivel de detalle y refleja la diversidad en la estructura de los escutoides, demostrando la capacidad de los alumnos para interpretar y aplicar estos conceptos. Al darles libertad para explorar con escutoides más allá de los ejemplos provistos, se ha incentivado la creatividad y se les ha permitido comprender cómo la plasticidad celular permite que se adopten formas variadas con caras curvas y polígonos de diferentes facetas laterales. Esta actividad ha sido fundamental para que los estudiantes comprendan el dinamismo de las estructuras celulares, reforzando conceptos de biología y geometría y fomentando una mayor apreciación por los mecanismos naturales que optimizan el espacio.

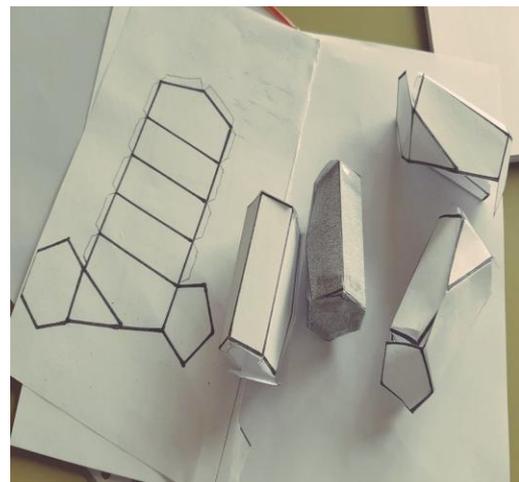
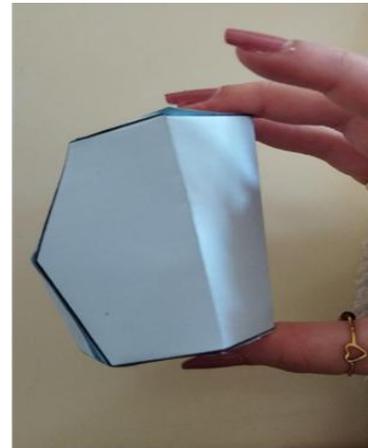
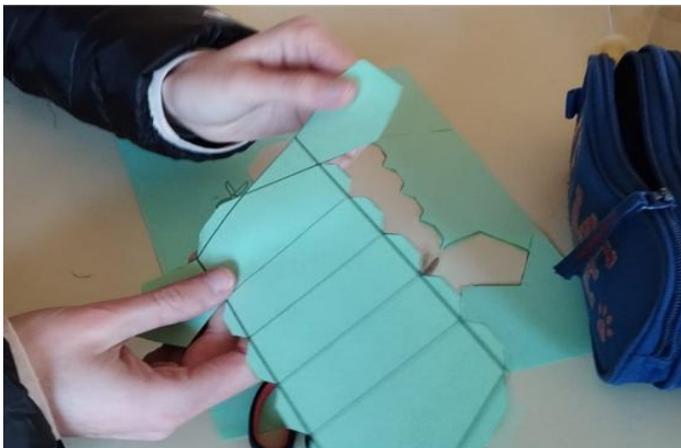
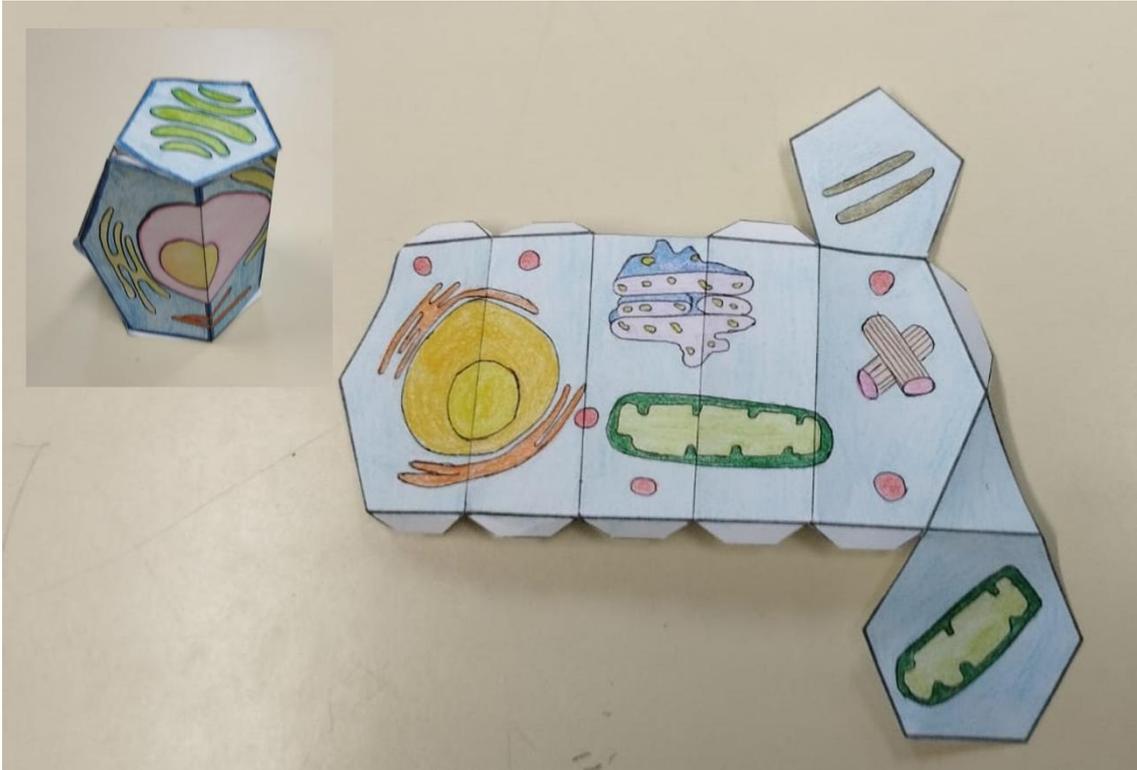


Imagen generada con AI e imagen extraída de <https://x.com/chusenelcole/status/1063391169831477248>





Conclusión

La construcción de maquetas de escutoides en el aula de biología y matemáticas es una herramienta educativa valiosa. Permite a los estudiantes visualizar y comprender el proceso de organización celular en un tejido tridimensional y facilita el aprendizaje activo mediante la manipulación de figuras geométricas complejas. Al integrar conocimientos de diversas áreas, esta actividad refuerza la importancia de la geometría en la biología, además de fomentar la creatividad y el trabajo en equipo. Los conocimientos adquiridos pueden servir como base para futuros estudios en bioingeniería y modelado celular.

Bibliografía

Escudero, Luis María y García Uildemo, "¿Papá, ¿cómo se enroscan las caracolas? Un paseo geométrico por la naturaleza". *Editorial Crítica*, 2020.

Gómez-Gálvez, Pedro; Vicente-Munuera, Pablo; Tagua, Antonio; et al. "Scutoids are a geometrical solution to three-dimensional packing of epithelia". *Nature Communications*, Vol. 9, No. 1, 2018.

Grima, Clara. "Hemos descrito un nuevo objeto geométrico y lo llevas puesto". *El País*, 30 de julio de 2018.

Pozo, Desirée. "Escutoide, la forma geométrica que explica cómo se pliega el epitelio". *Hipertextual*, 27 de julio de 2018.

Villatoro, Francisco R. "Escutoides para rellenar el espacio (Delaunay lofts)". *La Ciencia de la Mula Francis*, 18 de julio de 2019, Categoría(s): Informática, Matemáticas, Noticias, Science.