



### ¿CÓMO UTILIZAR ESTE RECURSO?

La imagen en este recurso, la cual muestra células cancerosas invadiendo el tejido muscular, puede servir como fenómeno ancla para explorar los conceptos clave que se describen a continuación.

La práctica pedagógica de utilizar fenómenos para contextualizar la comprensión de conceptos y temas relacionados a las ciencias es una [práctica de implementación](#) apoyada por los Estándares de Ciencias para la Próxima Generación (NGSS, por sus siglas en inglés). Los fenómenos son eventos observables que los estudiantes pueden usar para generar preguntas de ciencias que promuevan la investigación o para diseñar soluciones a problemas que impulsen al aprendizaje. De esta manera, los fenómenos conectan el aprendizaje con lo que está pasando en el mundo mientras les proveen a los estudiantes la oportunidad de aplicar el conocimiento mientras lo construyen.

Las secciones “Sugerencias para la implementación” y “Consejos didácticos” proveen opciones para incorporar las imágenes en un currículo o unidad de estudio, y pueden ser modificadas para usarse como actividades individuales o para complementar una lección existente. La hoja de trabajo para el estudiante incluye una reproducción de la imagen y la sección “Información general”.

Para encontrar información adicional relacionada con la pedagogía e implementación de este material, incluyendo la audiencia sugerida, el tiempo estimado de la clase y las conexiones curriculares, favor de visitar [la página web del recurso](#).

### CONCEPTOS CLAVE

A. Las mutaciones en genes específicos pueden resultar en la división y la proliferación anormal de las células, lo cual puede causar cáncer.

### INFORMACIÓN GENERAL

¿Seguir al líder? Esta imagen muestra las células de un tumor primario de cáncer de seno que está invadiendo el tejido muscular que lo rodea (azul). Las células teñidas tanto de rosado como de verde son células tumorales, pero las rosadas representan células “líderes”: células que se separan del cuerpo principal del tumor verde y comienzan a metastatizar. La metástasis es el proceso a través del cual el cáncer de un tumor primario invade y coloniza otros tejidos. Estas células líderes son diferentes de las que forman el cuerpo principal del tumor, tanto genéticamente como en su comportamiento. Los investigadores tienen la esperanza de identificar las mutaciones genéticas que causan que las células se transformen en líderes a fin de tener nuevas oportunidades de tratar el cáncer de seno y prevenir la metástasis.

### SUGERENCIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Las siguientes sugerencias describen opciones para incorporar las imágenes como fenómeno ancla a una unidad de estudio:

#### Participación, conocimiento previo y contexto:

- Comienza la lección pidiéndoles a los estudiantes que consideren individualmente cuáles son las palabras que ellos asocian con la “biología del cáncer.” (Ya que la experiencia con el cáncer de algunos estudiantes pudiera ser delicada, informa a tus estudiantes con anterioridad que discutirán este tema o pídeles que piensen en las palabras fuera de la clase y que entreguen sus respuestas de manera anónima, a través de notas adhesivas o “Post-its” que luego puedes recoger y leer en voz alta.)
- Los términos que los estudiantes nombren podrían incluir: “células”, “muerte”, “enfermedad”,

“tumores”, variedades de cánceres comunes, quimioterapia, etc. Ellos también podrían asociar el cáncer con mutágenos como el tabaco o la radiación ultravioleta, con mutaciones en genes, o con metástasis.

- Dile a los estudiantes que ellos examinarán una imagen relacionada con el cáncer que muestra diferentes tipos de células y tejidos en varios colores. Los colores de la imagen han sido alterados solo para poder mostrar mejor los contrastes entre las células y no porque tengan algún significado especial.
- Pide a los estudiantes que examinen la imagen y apunten sus observaciones y preguntas utilizando los siguientes elementos de preguntas: “He notado... me pregunto...”.
- Los estudiantes deben compartir sus observaciones y preguntas entre ellos mismos usando el protocolo de piensa-comparte (think-pair-share). Durante la sección “comparte”, apunta las observaciones y preguntas de los estudiantes, y toma nota especial de las observaciones y preguntas que tienen en común.
- Observaciones que los estudiantes podrían tener:
  - Dos o tres tipos de células parecen estar presentes y se pueden distinguir por los diferentes colores. Las fibras musculares “azules” parecen estar más vacías y ser más grandes que las células “rosadas” o “verdes.” (Los estudiantes podrían identificar estas fibras musculares como un tipo de célula. Aclara que estas son fibras musculares en la sección “comparte” del protocolo piensa-comparte.)
  - Parece haber un número mayor y una mayor densidad de las células “verdes” cuando se comparan con otros tipos de células. Estas células parecen ser más pequeñas que las otras células presentes.
  - Las células “rosadas” parecen estar a las orillas de las células verdes y parece que están “invadiendo” o “adentrándose” en las fibras azules.
- Preguntas que podrían surgir:
  - ¿Por qué cada tipo de célula es diferente de las otras en su fenotipo?
  - ¿Por qué las células verdes son más numerosas que otras células?
  - ¿Por qué las células rosadas invaden las fibras musculares azules?
  - ¿Por qué las células verdes están entremezcladas entre las fibras musculares azules?
- Explica a los estudiantes que el cáncer surge cuando la división celular no es regulada adecuadamente en algunos linajes celulares o tipos de células. Basado en esto, pregunta a los estudiantes qué tipo/color de célula o tejido (verde, azul o rosado) ellos pueden asociar con cánceres.
  - Los estudiantes podrían escoger verde porque el número y la densidad de las células es alta.
  - Los estudiantes podrían escoger las azules porque el tejido parece vacío y grande en comparación con otras células.
  - Los estudiantes podrían escoger las rosadas porque las células parecen estar “invadiendo” o “atacando” las otras células.
  - Puede resultar beneficioso recoger las respuestas de los estudiantes de forma anónima en lugar de que los estudiantes compartan sus respuestas en parejas puesto que esto puede ocasionar confusión.
- Haz que los estudiantes lean la leyenda en la “Información general”, particularmente notando la definición de metástasis. Pide a los estudiantes que generen individualmente de dos a cuatro preguntas acerca de las células líderes antes de compartir en parejas o como clase.
- Los estudiantes podrían estarse preguntando por qué las células líderes son diferentes en apariencia de las otras células tumorales. También podrían preguntarse: ¿Qué hace que algunas células sean líderes y otras seguidoras?; ¿Podemos predecir si una célula se va a convertir en líder?; y, ¿Cómo interactúan las células líderes con los tejidos que están invadiendo?

- Será útil aclarar que la invasión de la célula cancerosa no es igual a la invasión de un virus, puesto que las células que se están metastatizando crecen junto a las células no cancerosas, invadiendo los tejidos, en vez de invadir las células no cancerosas.
- Pasa a la próxima parte de la discusión preguntándole a los estudiantes qué determina la apariencia y el comportamiento de las células.
  - Los estudiantes podrían establecer una conexión entre apariencia y fenotipo, pero podrían creer que el fenotipo solo aplica a los rasgos externos de un organismo (como el color de pelo, la estatura, etc.), y no a los tejidos internos o a procesos celulares. Los estudiantes también podrían creer que el fenotipo solo se refiere a la apariencia de las células y no al comportamiento.
  - Las respuestas de los estudiantes podrían incluir descripciones de las diferencias en los genes o las instrucciones de la célula, pero estas respuestas, muy probablemente, serán ideas preliminares sin muchos detalles. Las siguientes actividades están diseñadas para solidificar la conexión entre las diferencias entre los genes, que resultan de mutaciones, y las diferencias en las apariencias y el comportamiento de las células

### Exploración, investigación y extensión:

- Explora/Investiga: Los estudiantes pueden investigar las mutaciones en genes específicos que están asociados con variedades específicas de cáncer usando las [Actividades de exploración de cáncer](#). En la actividad 1, los estudiantes identifican en qué parte de los cromosomas se ubican los genes implicados en el cáncer utilizando un juego de tarjetas sobre genes de cáncer. En la Actividad 2, los estudiantes exploran las bases genéticas del cáncer al examinar tarjetas que mencionan las mutaciones genéticas encontradas en el ADN de pacientes con cáncer.
  - Los estudiantes pueden explorar el ciclo de la célula – y los varios puntos de control que regulan la división celular—con el *Haz clic & aprende*: [El ciclo celular eucarionte y el cáncer](#).
  - Solidifica la conexión entre la proliferación de las células y las mutaciones al usar este *Punto de datos*: [P53 y el ciclo celular](#) que muestra la relación entre las células cuyo gen p53 ha sido removido mediante la exposición a radiación gama y el índice mitótico de las células: esto es, la proporción de células que están experimentando mitosis en cierto momento dado.
- Evaluación: Revisita la imagen inicial y pide a los estudiantes que expliquen cómo las células verdes, que son células tumorales, se convirtieron en cancerosas. Además, pídeles que generen una hipótesis sobre cómo las células rosadas se convirtieron en células líderes. Las respuestas de los estudiantes podrían incluir que las células verdes tenían mutaciones en genes específicos que regulaban la división celular, y que una división celular sin regulaciones puede llevar a la formación de tumores y de cáncer. Los estudiantes podrían citar controles específicos que pudieran estar alterados y que pueden causar proliferación celular. En cuanto a las células rosadas, los estudiantes podrían especular que esas células tienen mutaciones en genes diferentes (o mutaciones diferentes en los mismos genes) a los de las células verdes lo que las vuelve invasivas, aunque compartan mutaciones similares a muchas de las células verdes.
- Extensión: La figura del *Punto de datos: P53 y el ciclo celular* está tomada de este artículo científico, el cual está disponible en inglés a través [de este enlace](#). Este artículo tiene recursos de BioInteractive integrados y una variedad de herramientas de anotación.

### CONSEJOS DIDÁCTICOS

- Muéstrales las imágenes a los estudiantes antes de que lean la información general.
- La información general puede ser editada para apoyar el conocimiento estudiantil, la secuencia de curso, etc.

- Las imágenes pueden ser proyectadas en vez de ser repartidas como documentos.
- Separa a los estudiantes en pares o grupos para que trabajen una o más de las sugerencias de implementación.

#### FUENTE

Figura 2a (con modificaciones a color) de:

Cheung, Kevin J., Edward Gabrielson, Zena Werb, and Andrew J. Ewald. "Collective Invasion in Breast Cancer Requires a Conserved Basal Epithelial Program." *Cell* 155, 7 (2013): 1639–1651.

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.11.029>.

#### CRÉDITOS

Escrito por Sydney Bergman, HHMI

Editado por Paul Beardsley, PhD, y Laura Bonetta, PhD, HHM

Traducido al español por Jara M. Ríos Rodríguez, PhD, Independent Scholar; y editado por Jamillah Echeverria, Vialux Media y Zulmarie Pérez Horta, PhD, HHMI