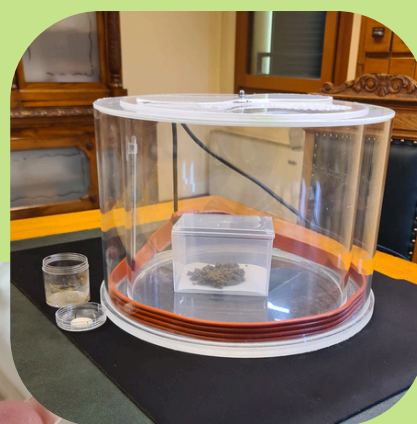


Amigos de la Seda

El gusano de seda, la morera y las instrucciones para el kit educativo de cría



ETHIS PROJECT IS FUNDED BY THE
EUROPEAN UNION'S HORIZON EUROPE
RESEARCH AND INNOVATION
PROGRAMME UNDER THE GRANT
AGREEMENT NO 101095188



ADVOCATING THE ROLE
OF SILK ART AND CULTURAL
HERITAGE AT NATIONAL
AND EUROPEAN SCALE

El proyecto ARACNE

El proyecto ARACNE (acrónimo de "Advocating the Role of Silk Art and Cultural Heritage at National and European scale") toma su nombre de la tejedora transformada en araña por la diosa Atenea, en la mitología griega, y convierte la seda en el elemento común de la cultura y la historia paneuropeas.

El ARACNE tiene como objetivo contribuir a la creación de un ecosistema amplio e interconectado de innovación relacionado con la seda en Europa, tanto como sector industrial como instrumento de expresión del patrimonio cultural y paisajístico, combinando cultura, tradición y nuevas producciones industriales en una red ideal de intercambios y visiones.

El proyecto ARACNE comenzó en 2023 y tiene una duración de 36 meses. Participan 11 socios y 3 asociados de 7 países europeos y no europeos. Con un presupuesto de aproximadamente 3 millones de euros, el proyecto pretende alcanzar los siguientes objetivos específicos:

Objetivos:

01

- Impulso del conocimiento y la memoria para el renacimiento de un ecosistema europeo de innovación en torno a la seda.

02

- Co-creación de soluciones creativas basadas en la seda, centradas en las personas y específicas para cada lugar, aprovechando las tecnologías digitales.

03

- Implementación de estrategias innovadoras, modelos de gobernanza y financiación para las organizaciones participantes.

04

- Apoyo a la creación de una Ruta Europea de la Seda, basada en el patrimonio cultural de la seda, tanto tangible como intangible.

05

- Sensibilizar sobre los resultados, impactos y expectativas de ARACNE para la creación de una Ruta Europea de la Seda.

06

- Reforzar la identidad cultural europea y potenciar la competitividad de Europa para una sociedad resiliente.

07

- Contribución al Pacto Verde Europeo, la Nueva Bauhaus Europea y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Los amigos de la seda



Rutas educativas

El proyecto europeo ARACNE tiene entre sus objetivos la participación de los estudiantes en la investigación y difusión de la cultura relacionada con la seda.




Con este fin, se han propuesto diferentes rutas educativas. Para las escuelas primarias y secundarias, se ha desarrollado un KIT EDUCATIVO que permite la cría de gusanos de seda en el aula, utilizando una dieta artificial para mantener las larvas a una temperatura y humedad controladas.

El ciclo de vida del insecto también puede llevarse a cabo fuera de temporada, en momentos en los que no hay hojas en la morera (el único alimento del gusano de seda). El kit es reutilizable y permite a los estudiantes comprender el proceso de metamorfosis del insecto y familiarizarse directamente con las etapas de desarrollo del gusano de seda.

Objetivos educativos

- | | |
|---|--|
| 🔍 Habilidades de observación | Fomentar que los niños estudien de cerca el desarrollo del gusano de seda e identifiquen la planta de morera. |
| 🔍 Desarrollo de la curiosidad científica | Estimular el interés por las ciencias naturales a través de la exploración y experiencias sensoriales. |
| 🔍 Enlace entre naturaleza y actividad humana | Enseñar a los niños sobre el papel histórico y económico del gusano de seda y cómo está vinculado a la cultura y la historia de su región. |
| 🔍 Fomentar la empatía hacia los seres vivos | Ayudar a los niños a entender cómo tener una relación amable y respetuosa con los animales y las plantas. |

Tabla de contenidos

	Introducción	03
	 El proyecto ARACNE	03
	 Rutas educativas	04
	 Objetivos educativos	04
01	Un insecto asombroso	07
	1.1 Características fisiológicas de <i>Bombyx mori</i>	08
	1.2 La larva	09
	1.3 La crisálida y el capullo	11
	1.4 La polilla	13
	1.5 El ciclo vital	14
02	El Kit Educativo: cría en el aula	15
	2.1 Contenido del Kit	16
	2.2 Preparación: qué necesitamos	17
	2.3 Buenas prácticas: observación y monitoreo	18
	2.4 Incubación de los huevos	20
	2.5 La eclosión de la larva	21
	2.6 Alimentación de la larva	22
	2.7 La muda	25
	2.8 Fase de hilado	28
	2.9 Capullos y polillas	32
	2.10 Limpieza del Kit	35

03	El origen del gusano de seda	37
	3.2 El descubrimiento de la seda	38
	3.3 Leyendas de todo el mundo	40
04	La Ruta de la Seda	43
	4.1 El largo viaje desde China hasta Europa	44
	4.2 Marco Polo y la Ruta de la Seda	45
05	La morera	47
	5.1 La morera	48
	5.2 <i>Morus nigra</i> y <i>Morus alba</i>	49
	5.3 El único alimento del gusano de seda	50
06	La economía del gusano de seda	51
	6.1 La seda	52
	6.2 Procesado de la seda	53
	6.3 Usos alternativos de la seda	54
07	Talleres educativos	55
	7.1 Sugerencias para talleres educativos	56
	Bibliografía	61
	Créditos	62



01

Un insecto
asombroso



1.1 Características fisiológicas de *Bombyx mori*

El gusano de seda (*Bombyx mori*) es un insecto del orden *Lepidóptera* y la familia *Bombycidae*.

Clasificación científica:

- Reino: Animal
- Filo: Arthropoda
- Clase: Insecta
- Orden: Lepidoptera
- Familia: *Bombycidae*
- Genero: *Bombyx*
- Especie: *Bombyx mori*

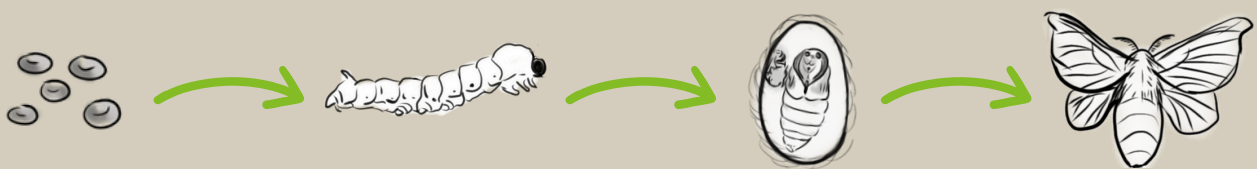
Es un insecto **holometábolo**, lo que significa que sufre una metamorfosis completa. Esto implica que pasa por cuatro etapas diferentes en su ciclo de vida, durante las cuales cambia completamente su apariencia y anatomía.

Huevos
de los cuales
emergen los
gusanos de
la seda.

Larva (gusano)
el gusano de la seda,
que crece y se
alimenta de hojas de
morera.

Crisálida o Pupa
el estado intermedio
de transformación
dentro del capullo.

Adulto (polilla)
es el insecto
maduro listo para
reproducirse.

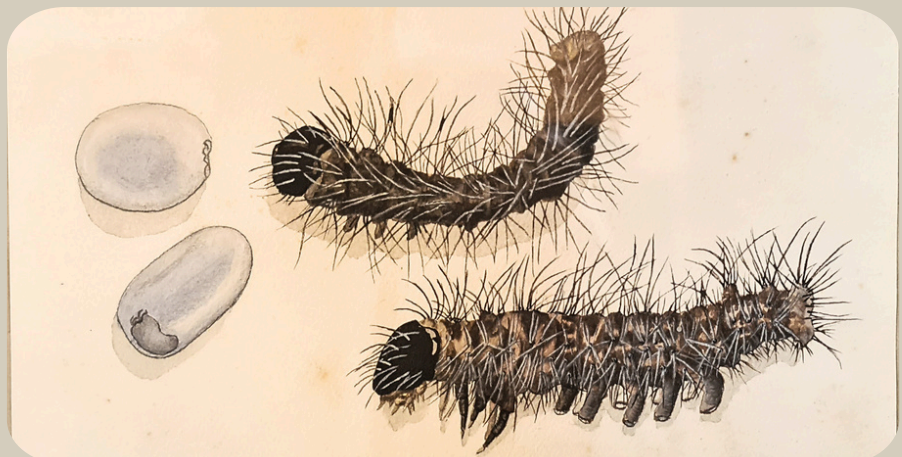




1.2 La larva

Las larvas emergen de los huevos que miden aproximadamente 1 mm de diámetro y son de color gris, aunque puede variar entre las diferentes razas. Justo tras la puesta, los huevos son principalmente amarillos, luego se vuelven marrones y finalmente grises pasadas unas 72 horas. Al final del período de incubación, los huevos se blanquean (se aclaran) porque el embrión que está a punto de eclosionar se alimenta de la membrana oscura que lo rodea y lo protege (en la naturaleza) de los rayos del sol.

Al nacer, la larva mide aproximadamente 2 mm de largo, es oscura y peluda.



Como otros insectos, el cuerpo de la larva se compone de tres partes: cabeza, tórax y abdomen. La cabeza es oscura y contiene las piezas bucales que permiten al gusano de seda alimentarse de las hojas de morera. El tórax tiene una pequeña protuberancia, y muchas razas tienen manchas oscuras que parecen una máscara o los ojos (manchas oculares). En la parte inferior hay tres pares de patas, que la larva utiliza principalmente para llevar la hoja a su boca.

El abdomen ocupa la mayor parte del cuerpo: en la parte superior se pueden ver los segmentos y manchas oscuras, mientras que en la parte inferior hay cinco pares de falsas patas que permiten a la larva trepar. A lo largo de todo el cuerpo encontramos los espiráculos, que son pequeñas aberturas que permiten a la larva respirar.



La larva madura mide alrededor de 8-9 cm y aumenta su peso 8.000 veces desde su eclosión. A medida que el gusano de seda se prepara para el hilado, es decir, para encontrar un lugar ideal donde construir su capullo, se vuelve amarillento y ligeramente transparente, ya que deja de absorber nutrientes de las hojas y expulsa los restos de su última comida.

La seda es producida por dos glándulas internas a los lados del cuerpo y excretada a través de una abertura debajo de las piezas bucales llamada espiráculo.

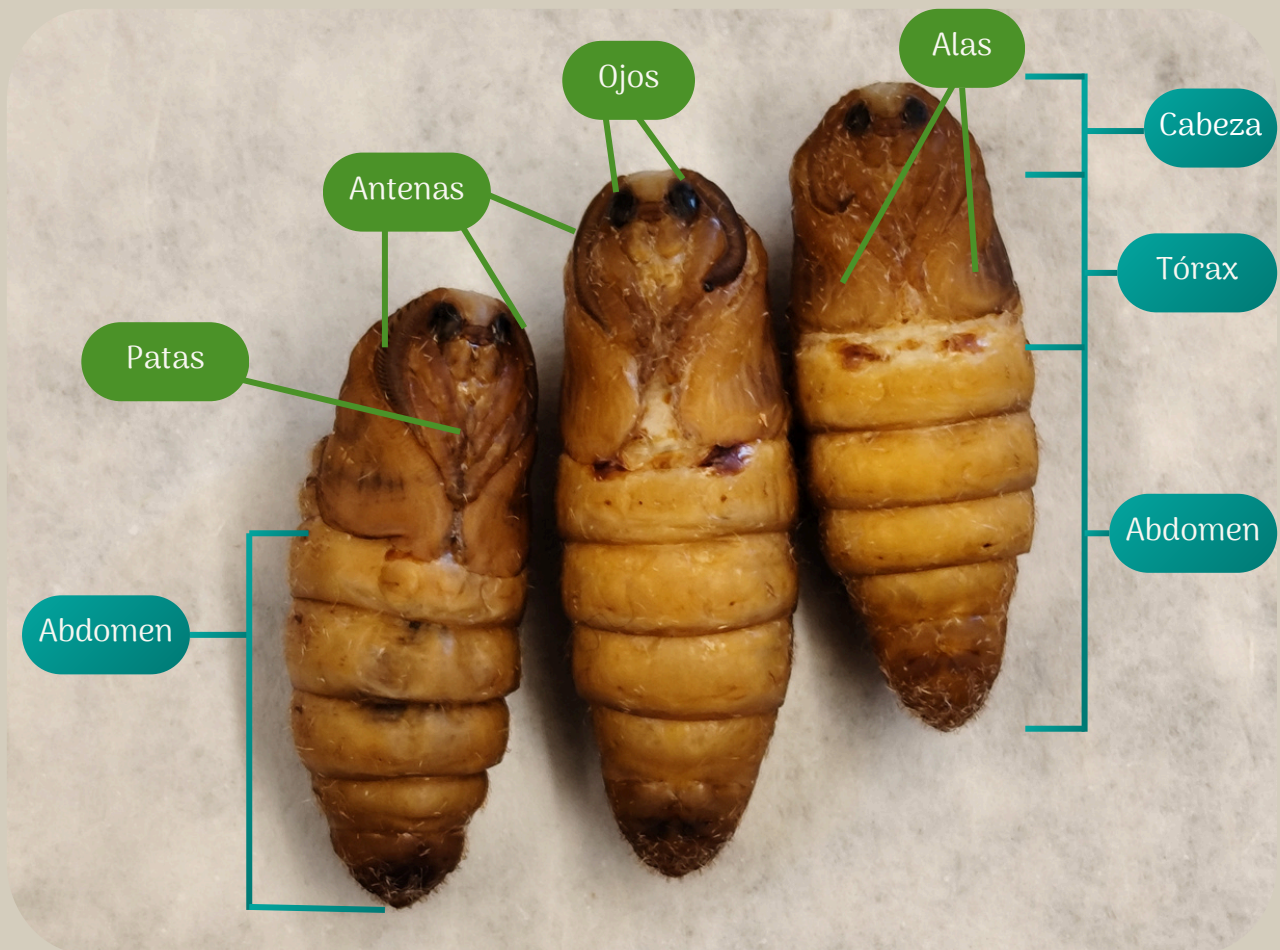


1.3 La crisálida y el capullo

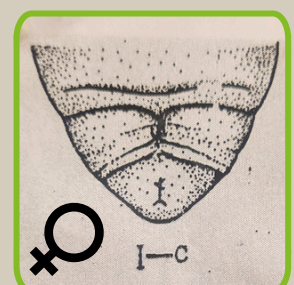
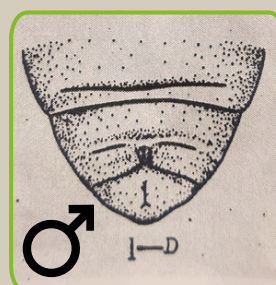
El capullo se completa en dos o tres días y está compuesto por un solo hilo continuo de seda, cuya longitud varía según la raza y puede alcanzar hasta los 1.500 metros.

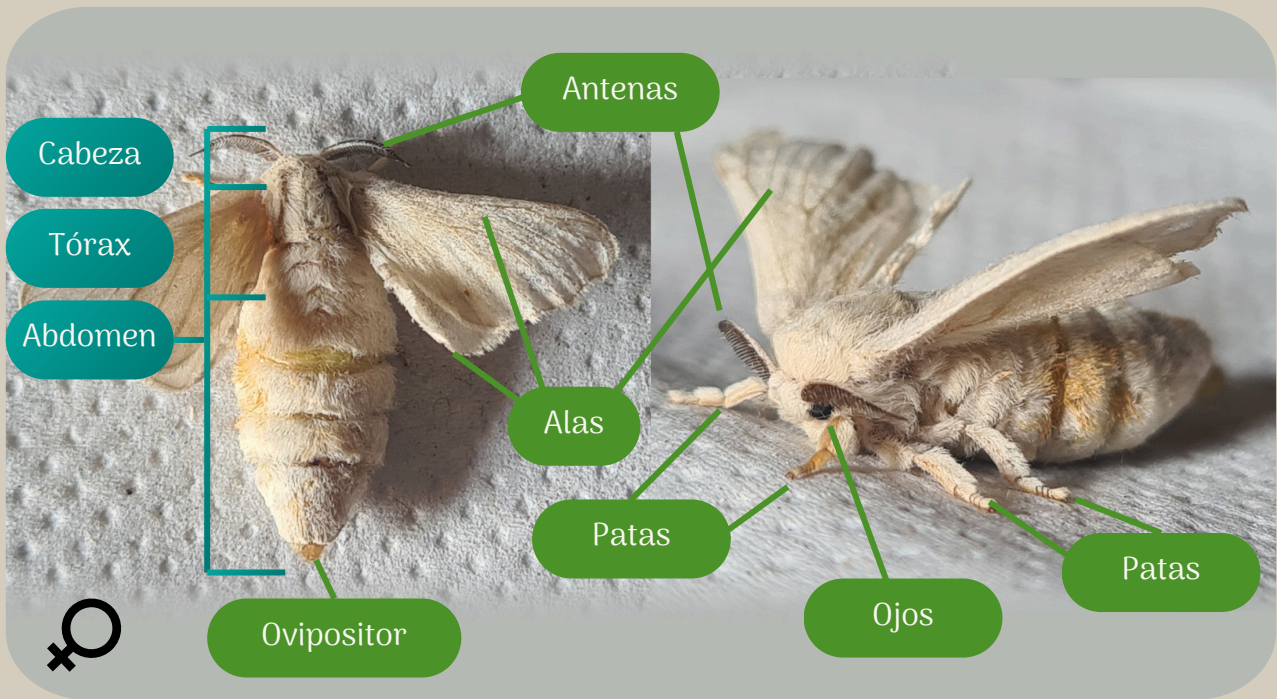
El color también varía según la raza, puede ir desde el naranja hasta el amarillo brillante, al rosa y el verde pálido. Esto se debe a que los sistemas digestivos de las larvas de las distintas razas permiten que pasen distintas cantidades y calidades de los pigmentos de la hoja de morera a las glándulas de seda y de ahí al hilo. El color se pierde en el procesado industrial de los capullos, en parte porque se lava con agua caliente y en parte porque es sensible a la luz y al calor.





La función del capullo es proteger a la larva mientras se transforma en crisálida y luego en polilla. Esta transformación es un proceso que hace al animal particularmente vulnerable. Para la producción de huevos, se retiran las crisálidas del capullo después de una semana y se dividen en machos y hembras. Para identificar el sexo, es necesario observar cuidadosamente el abdomen, que tiene marcas especiales que permiten separar a los machos de las hembras, y luego controlar el apareamiento para planificar los cruces necesarios que permitan obtener razas más productivas, como el polihíbrido utilizado en la cría comercial (y también usado en el kit educativo), obtenido mediante el cruce de 4 razas.





1.4 La Polilla

La polilla adulta es de color blanco cremoso y mide unos 5 cm de largo. Tiene dos pares de alas que no le permiten volar. Sale del capullo gracias a una secreción que disuelve el pegamento que mantiene unidos los hilos de seda, lo que le permite romperlo.

Al igual que muchos otros lepidópteros, la polilla del gusano de seda no puede alimentarse porque ya no tiene los órganos necesarios para absorber nutrientes. Como resultado, vive solo unos pocos días con el único propósito de la reproducción.

Los machos se distinguen de las hembras por el tamaño de su abdomen, que es mucho más grande en las hembras porque contiene los huevos.



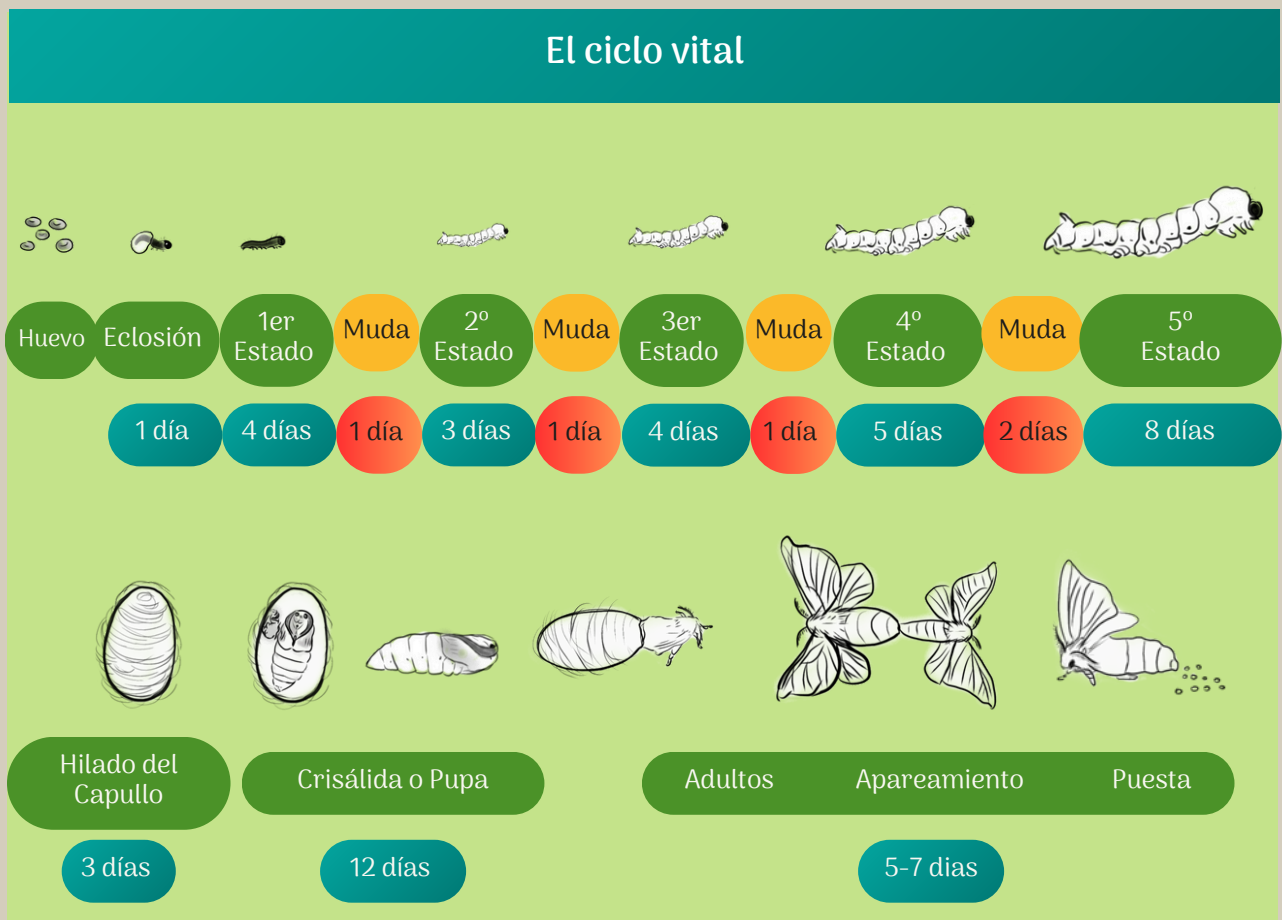
Los adultos se aparean durante unas pocas horas. Al final del apareamiento se separan y la hembra pone unos 500 huevos.

1.5 El ciclo vital

El ciclo biológico del gusano de seda dura entre 45 y 50 días en total, dependiendo de las condiciones ambientales (la temperatura y la humedad afectan la duración de cada fase).

La fase de larva es la más larga y dura aproximadamente 24 días en total, divididos en cinco estadios, separados por cuatro mudas.

El conteo de los días siempre se refiere a la primera alimentación después del nacimiento o de la muda.

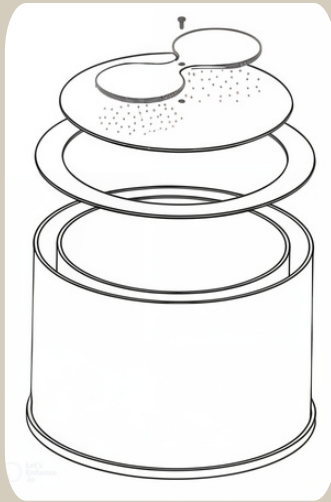


02

El kit educativo: cría en el aula

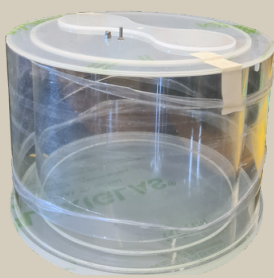


2.1 Contenido del Kit



El KIT DIDÁCTICO consiste en los siguientes materiales que deben ser parcialmente ensamblados:

- Contenedor grande de plexiglás con cavidad (en el que se llevará a cabo la cría)
- Anillo adaptador para la tapa de plexiglás
- Tapa circular perforada de plexiglás
- Tapa cubre-agujeros de plexiglás (para montar en la tapa)
- 1 tornillo en forma de estrella (para montar la tapa)
- 1 tuerca (para montar la tapa)
- 1 pincel fino con cerdas sintéticas suaves (para mover las larvas recién eclosionadas)
- 1 pinzas de plástico (para mover las larvas)
- 1 termómetro ambiental
- Calentador eléctrico
- 1 recipiente con huevos de gusano de seda
- 14 recipientes con la dieta



Todo el material es reutilizable después de un cuidado lavado.

(Ver capítulo 2.10)

2.2 Preparación: qué necesitamos



Para llevar a cabo la cría de gusanos de seda, es necesario disponer de los siguientes materiales:



- Cubiertos de plástico o espátula (para distribuir la dieta)
- 2 recipientes pequeños de plástico transparente con tapa (aprox. 10x15 cm)
- Tapón de botella
- Papel de horno
- Papel secante (en rollo)
- Lupa
- Papel de estraza de gramaje 100 (alternativamente, papel de embalaje no satinado o cartulina blanca opaca)
- Recortes de cartón
- Destornillador de estrella (para el montaje de la tapa)
- Paño de microfibra o esponja no abrasiva (para la limpieza del kit)
- Limpiador IPA (alcohol isopropílico) para la limpieza del kit (no usar alcohol etílico ni alcohol "rosa") o limpiacristales sin alcohol
- Guantes desechables*
- Balanza de precisión (al menos con un decimal)*

*No imprescindible

2.3 Buenas prácticas: observación y monitoreo

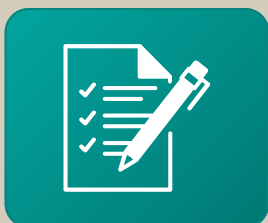
Unas reglas sencillas para asegurar una cría exitosa:



- **LIMPIEZA:** Lávate siempre bien las manos y desinfecta las herramientas después de usarlas. Un entorno limpio minimiza el riesgo de que los gusanos de seda enfermen.



- **OBSERVACION:** Como el gusano de seda es un ser vivo, es necesario observar su comportamiento y su aspecto. Las indicaciones sobre los tiempos de las distintas fases pueden variar debido a muchos factores (cambios de temperatura, humedad excesiva, enfermedades). Es importante observar con atención los huevos y las larvas con una lupa para identificar el momento del nacimiento y de las mudas.



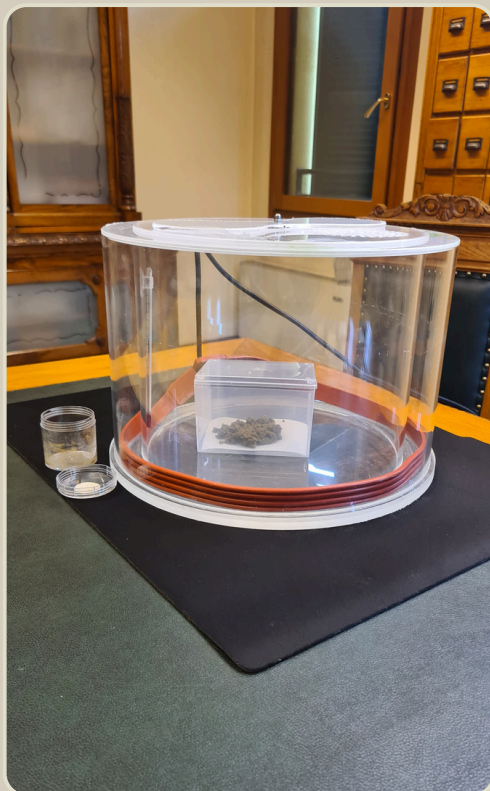
- **MONITOREO:** Revisa diariamente el crecimiento de las larvas y anota tus observaciones. Controla la temperatura y la humedad. Para seguir el desarrollo de las larvas, es importante contar los días desde la administración de la primera comida después de cada pausa entre un estadio y el siguiente.

NOTA: Identifica el período adecuado para comenzar la cría.

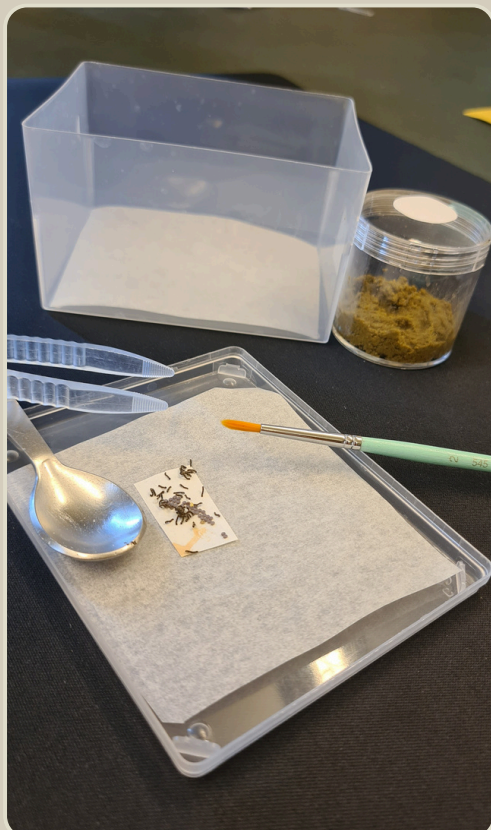
La actividad no puede realizarse durante épocas de vacaciones largas o puentes, ya que requiere supervisión constante. El kit puede quedarse sin vigilancia un máximo de 48 horas, asegurándose de revisar y, si es necesario, administrar la comida para ambos días (fin de semana).

Si no es posible estar presente en todo momento, se recomienda llevar el kit a casa durante el tiempo necesario, teniendo mucho cuidado durante el transporte.

2.3.1 Prepara el kit para acomodar a los huevos



- Retira la película protectora de las piezas de metacrilato del kit y límpialas (consulta el apartado 2.10 'Limpieza del Kit').
Seca el kit con el papel secante.
- Fija la tapa de los agujeros de ventilación a la tapa circular con el tornillo y la tuerca proporcionados utilizando el destornillador en forma de estrella, teniendo cuidado de no apretarlo demasiado para permitir que el componente gire y no dañe el disco.
- Coloca el calentador eléctrico dentro de la cavidad del contenedor grande de cría, insertando el cable en la ranura correspondiente.
- Coloca el termómetro dentro del contenedor grande. Cierra con la tapa, inserta el enchufe del calentador y ajusta el termostato hasta que la temperatura dentro se estabilice en 25°C.



2.3.2 Poniendo el kit en funcionamiento

- Cubre la base del recipiente pequeño de plástico transparente con una hoja de papel de hornear cortada a medida.
- Inserta el tapón de botella en el interior con un trozo de papel absorbente doblado y empapado en agua.
- Coloca los huevos en el recipiente pequeño y coloca su tapa sin cerrarla completamente, dejando un espacio para que pase el aire.
- Coloca la caja pequeña en el centro del recipiente grande y cierra la tapa, manteniendo también los agujeros de ventilación cerrados.

2.4 Incubación de los huevos

El embalaje de los huevos de gusano de seda está marcado con la fecha de envío. El período de incubación puede variar considerablemente dependiendo de las condiciones de temperatura a las que los huevos estén expuestos durante su transporte. Las bajas temperaturas ralentizan el desarrollo del embrión (ver el capítulo 2.3.2 para la colocación de los huevos en el kit).

Las primeras larvas (o gusanos de seda jóvenes) deberían aparecer dentro de un período de 10 a 15 días a partir de la fecha de envío. Para asegurar una incubación en condiciones óptimas de temperatura, es recomendable colocar los huevos en el kit tan pronto como sean recibidos y seguir las instrucciones para configurar el equipo y comenzar la cría.





2.5 La eclosión de la larva

Cuando los huevos comienzan a eclosionar, verás algunas larvas, de pocos milímetros de tamaño, cubiertas con pelos oscuros. Las cáscaras de huevo de color claro de los que ya han eclosionado son perfectamente distinguibles de los huevos sin eclosionar, que son de color oscuro.

El nacimiento dura alrededor de 24 horas desde la aparición de las primeras larvas. Después de un día, las larvas recién nacidas deben separarse de los huevos no eclosionados y contarse. Las cáscaras vacías y los huevos no eclosionados deben desecharse en el contenedor de residuos orgánicos.

Después de la eclosión, retirar del kit la tapa con el papel húmedo.



2.6 Alimentar a la larva

El kit educativo incluye tarros de DIETA para alimentar a los gusanos. Cada paquete está etiquetado con el estadio de desarrollo al que está destinada la comida. La dieta debe almacenarse en el frigorífico, como un alimento perecedero.

- **1er estado** 1 tarro de dieta para toda la duración
- **2º estado** 1 tarro de dieta para toda la duración
- **3er estado** 1 tarro de dieta para toda la duración
- **4º estado** 2 tarros de dieta, uno al principio y otro a la mitad del desarrollo
- **5º estado** 8 pequeñas dosis de dieta para administrar a diario

Se incluyen dos tarros de dieta adicionales.

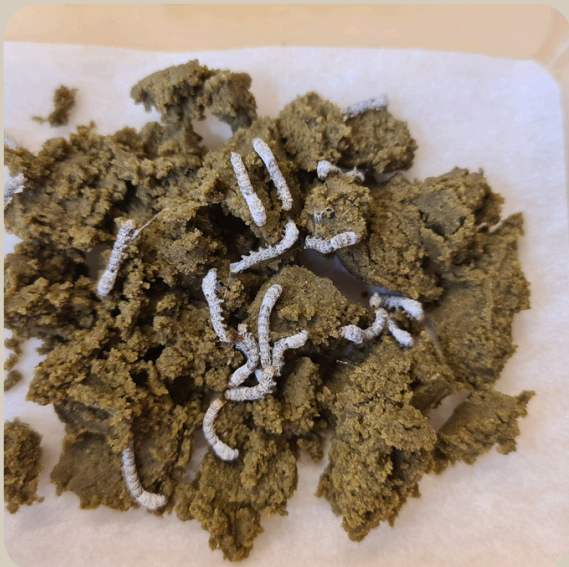
Desde el primer hasta el tercer estado, el gusano de seda debe ser criado en el recipiente pequeño de plástico transparente con tapa. La dieta es suficiente para alimentar un máximo de 20 larvas en el quinto estadio, por lo que es necesario realizar una selección durante las fases de muda.



1er estado: larvas justo al nacer



2º estado: larvas sobre la dieta



3er estado: larvas sobre la dieta



4º estado: larvas sobre la dieta



5º estado: larvas sobre la dieta



5º estado: larva durante la fase de hilado

2.6.1 Como dar la dieta

La dieta debe administrarse a **temperatura ambiente**. Saca el tarro del frigorífico y espera media hora.

Corta la dieta con utensilios de plástico y distribúyela uniformemente* sobre un nuevo papel de hornear limpio en el recipiente de cría (recipiente pequeño de plástico para los primeros estadios o recipiente grande del kit para los últimos dos estadios). La comida debe colocarse en pequeñas porciones muy juntas y no demasiado extendidas en el fondo de la caja, o se secará rápidamente.

Transfiere los gusanos a la nueva dieta con la ayuda de un pincel** para el primer estado o las pinzas de plástico para los estados sucesivos.

Atención: los gusanos producen seda para adherirse a las superficies. Puede ser útil usar un palillo (o palito de madera) para separar suavemente las larvas de la comida y las herramientas.

La primera comida debe administrarse 24 horas después de que los primeros huevos hayan eclosionado. Las larvas deben recogerse con el pincel y colocarse suavemente sobre la comida.

No alimentar durante el cambio de piel (muda). Es importante dejar de alimentar a las larvas hasta que termine esta fase.

* Del primer al tercer estado, la dieta no debe estar demasiado dispersa (toma como ejemplo la imagen de abajo a la izquierda), mientras que en los otros estadios, puede estar más dispersa (como en la imagen de abajo a la derecha).

El pincel fino se utiliza para mover las larvas solo en el primer estado. **No usar las pinzas con los gusanos de seda recién eclosionados.



2.7 La muda

La muda es una fase delicada en el desarrollo de las larvas. Se debe prestar atención durante el proceso de cría para identificar el momento en que los primeros gusanos están a punto de mudar, detectando los siguientes signos:

- La larva deja de comer
- La larva no se mueve y permanece quieta, en una posición fija, con el tórax hacia arriba y la cabeza hacia abajo.

Es importante **no tocar al gusano en proceso de muda** para no alterar el proceso. Para liberarse de la exuvia (la piel vieja), la larva se ancla a la superficie. Tocarla puede dañar el anclaje y comprometer la salida de la exuvia.

En cuanto los primeros gusanos hayan completado su muda, es una buena idea separarlos de aquellos que aún no hayan mudado.

Para distinguir un gusano mudado de uno no mudado, debes observar cuidadosamente la cabeza (cápsula cefálica).



Los gusanos mudados tienen una cabeza mucho más grande (círculo azul), casi el doble del tamaño de los gusanos no mudados (círculo amarillo).

Retira los gusanos que han mudado usando las pinzas de plástico para cogerlos y, con suavidad y con la ayuda del palillo, colócalos en una caja de plástico separada y sin comida fuera del kit.

Mantén los gusanos mudados en ayuno durante 24 horas a una temperatura no inferior a 20 °C.

Este paso permite criar las larvas de manera sincronizada sin desfase su crecimiento, ya que las larvas no alimentadas a bajas temperaturas 'suspenden' su desarrollo temporalmente.

Por otro lado, la larva en proceso de muda se caracteriza por el hecho de que está inmóvil, no come, y por la presencia de un triángulo en su cabeza, similar a una capucha, que se forma por la nueva cápsula que está a punto de emerger y empuja la vieja hacia adelante hasta que se desprende (ver en la imagen rodeado en verde). La nueva cápsula cefálica es clara porque la quitina que forma el exoesqueleto aún está blanda y se oscurece gradualmente mientras se endurece.

NOTA: En caso de duda, es preferible no tocar las larvas y solo moverlas cuando se haya determinado que el proceso de muda ha finalizado.





Después de 24 horas, usa las pinzas para retirar todas las larvas que ya han mudado y colócalas en la caja sin comida, junto con las demás.

Desecha la comida vieja y las larvas que no han mudado, ya que pueden estar enfermas y es posible que no sobrevivan*.

Limpia el contenedor, coloca una hoja nueva de papel de horno cortado a medida y distribuye la nueva comida.

Coloca las larvas mudadas, usando las pinzas, sobre la nueva comida y vuelve a montar todo en el kit a una temperatura de 25 °C.

Se puede reanudar el conteo diario a partir de la administración de la comida. Las larvas estarán así todas en la misma fase de crecimiento.

Atención: La muda entre el 4° y el 5° estado dura 48 horas. Continúa separando las larvas mudadas durante esos dos días.

*Puedes usar las larvas que no han mudado como alimento para aves o reptiles.

2.8 Fase de hilado

Al final del quinto estadio, la larva ha alcanzado la madurez: mide entre 8 y 9 cm y ha aumentado su peso 8.000 veces desde el nacimiento. Una vez que han alcanzado su desarrollo completo, las larvas se preparan para hilar.

Esta fase puede identificarse por las siguientes señales:

- La larva deja de alimentarse.
- La larva se vuelve más pálida, amarillenta y ligeramente translúcida.
- La larva vacía su intestino (se purga, eliminando los desechos), por lo que las heces aparecen más blandas y de color verde, ya que la oruga deja de absorber nutrientes (a diferencia de las heces negras y sólidas que producía durante la fase de crecimiento).
- La larva tiende a subir en busca de un lugar donde construir el capullo.



Para que el gusano teja su capullo, necesita construir una estructura anclada en tres puntos de apoyo a la distancia justa entre sí. Su instinto la lleva a encontrar el lugar ideal hacia arriba, alejado de la humedad del fondo de la caja.

Por lo tanto, antes de colocar las estructuras de hilado en el kit, es necesario preparar la base, es decir, el fondo del recipiente.

Retira la comida y limpia el kit con papel absorbente, tratando de eliminar heces y restos de comida.

Coloca un trozo de cartón en el fondo, algo de papel de estraza (o papel de embalaje opaco) y unas hojas de papel secante para que toda la base del kit quede cubierta. Es necesario forrar el fondo del kit para absorber el exceso de humedad y evitar la formación de moho.



Hay diferentes formas de construir la ESTRUCTURA PARA EL HILADO:



A. Vasos de papel o cartulina

Construye una estructura en forma de pirámide con pequeños vasos de papel de café, a los cuales debes retirar el fondo o cartón rígido. Usa la grapadora en lugar de pegamento o cinta adhesiva, para evitar intoxicar a los gusanos. Sostén la estructura a unos pocos centímetros de la tapa.



B. Ramitas

Coloca ramitas secas y sin hojas dentro del kit, poniéndolas una encima de la otra y cruzándolas para construir una especie de red en la que los gusanos puedan trepar.

La ESTRUCTURA PARA EL HILADO en la cría comercial para la producción de capullos:



A. Rayos de plástico

En el IMIDA, la estructura para el hilado consiste en rayos de plástico sobre los que los gusanos pueden trepar y construir los capullos. Son herramientas prácticas porque son lavables y reutilizables.



B. Estructura de cartón

Es un tipo de estructura utilizado principalmente en Japón. Proporciona un buen soporte para las larvas, pero la esterilización es compleja y es laborioso para el operador.



2.9 Capullos y polillas

Cuando las larvas suben a la estructura, comienzan a tejer sus capullos. Este proceso requiere entre 2 y 3 días para completarlo.

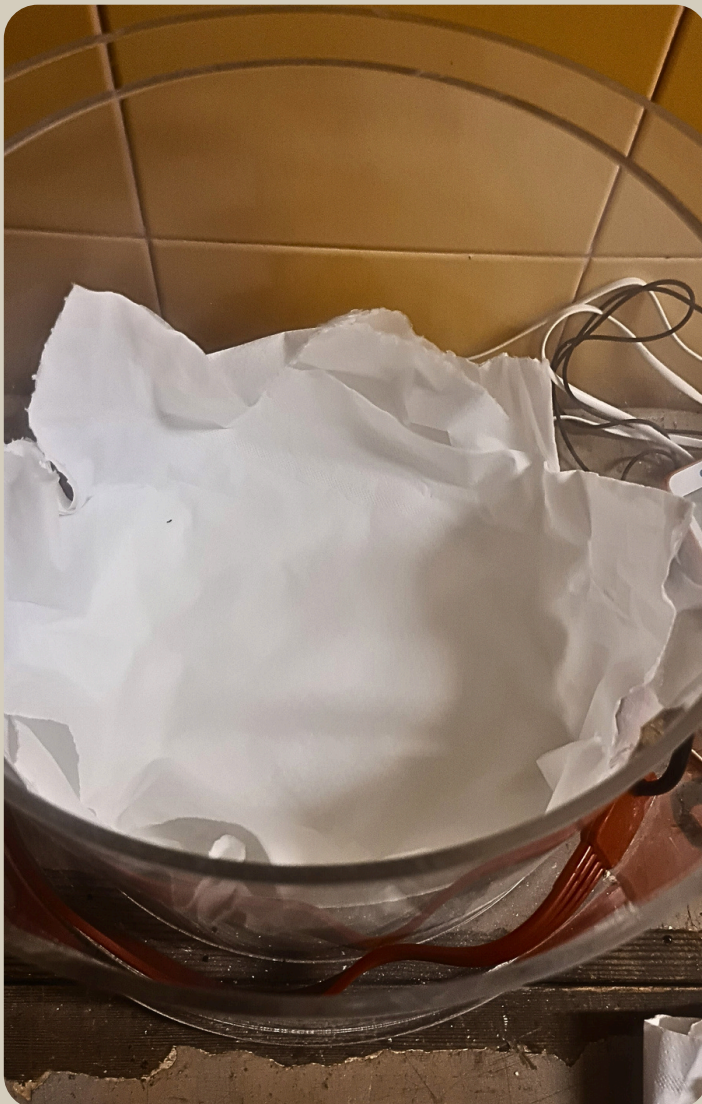
Después de una semana, ya es posible mover los capullos, porque que la transformación de la larva en pupa ya ha ocurrido y no hay riesgo de comprometer el desarrollo de este proceso.

Abre el kit y retira con cuidado la estructura de hilado, teniendo cuidado de no dañar ningún capullo que se haya construido en contacto con las paredes o la tapa.

Desprende cuidadosamente los capullos de la estructura.

Limpia los capullos de la "borra", que es el primer hilo de seda emitido por el gusano de seda para preparar la estructura sobre la cual tejerá el capullo.

Esta "borra" de seda también puede ser utilizada en ciertos sectores de producción, por ejemplo, para crear relleno y extraer proteínas de seda para las industrias cosmética o biomédica.



Limpie bien el kit con papel secante y un paño húmedo, asegurándose de secar completamente el interior del kit. Forre el fondo con una hoja doblada de papel de estraza o de embalar.

Cubre la base y las paredes del kit con varias capas de papel secante hasta la mitad, para preparar el lugar donde alojar las polillas, que son escaladoras habilidosas.

Recoloca el termómetro y coloca los capullos dentro del kit. Cierra la tapa manteniendo los agujeros de ventilación abiertos.



El emerger del adulto (término que indica la salida de la polilla o mariposa del capullo), comienza aproximadamente dos semanas después de la fase de hilado.

El adulto secreta una gota de líquido a través de su abertura bucal, disolviendo el pegamento que mantiene el hilo unido en el capullo, y crea una abertura con sus patas entre las fibras de seda.

Una vez emergida, la polilla puede expulsar un líquido amarillento, un residuo de la transformación de sus órganos internos. Por esta razón, es importante forrar adecuadamente el contenedor del kit con papel absorbente.



Las polillas de la seda carecen de sistema digestivo, por lo que no pueden alimentarse. Viven solo unos días con el único propósito de reproducirse y asegurar la continuidad de la especie. Los machos de la polilla comienzan inmediatamente a buscar una hembra con la que aparearse.

Al final del apareamiento, la hembra pone los huevos que se adhieren a la superficie gracias a una sustancia pegajosa producida por la propia polilla. Esto también puede ocurrir en las paredes del Kit.

6.10 Limpieza del Kit

Una vez que el proceso de cría haya finalizado, es momento de limpiar el Kit y desechar los residuos orgánicos en el cubo de compostaje.

NO conservar los huevos*, ya que sin analizar las polillas bajo un microscopio, no es posible descartar la contaminación por enfermedades transmisibles a la siguiente generación; además, sin el procedimiento adecuado de conservación, sería muy poco probable que las larvas eclosionen de manera uniforme.

- Retira el calefactor y guárdalo.
- Desenrosca la tapa de los agujeros de ventilación de la tapa del kit.
- Enjuaga los componentes de plexiglás con agua tibia y límpialos suavemente con una esponja no abrasiva o un paño de microfibra para eliminar cualquier huevo o mancha de las paredes del recipiente. Se puede utilizar un cepillo de dientes pequeño para ayudar en este proceso.
- Limpia las paredes internas del recipiente con un paño de microfibra y alcohol isopropílico (o un limpiador de cristales sin alcohol).
- Seca bien el kit para evitar depósitos de cal.
- Lava todas las herramientas con jabón o detergente.

ATENCIÓN:

NO usar etanol ni limpiadores que lo contengan, ya que puede nublar el plexiglás, comprometiendo el Kit.

*Los huevos para un nuevo programa de cría pueden solicitarse a la entidad correspondiente para cada jurisdicción territorial: En España, el Equipo de Biotecnología del IMIDA los puede proporcionar de forma gratuita para fines educativos. No se recomienda obtener huevos de criadores que no puedan garantizar su salubridad.



03

El origen del gusano de seda



3.1 El descubrimiento de la seda

El gusano de seda o *Bombyx mori* es un insecto de metamorfosis completa (holometábolo) perteneciente al orden de los lepidópteros. No existe en estado natural, por lo que depende totalmente del hombre para su alimentación, reproducción y supervivencia. Se caracteriza por tener varias razas, que se distinguen en función de su origen geográfico o de las características de la larva y el capullo (color, forma, longitud, ciclo de vida, número de generaciones al año, producción de seda).

La sericultura es la cría de gusanos de seda por parte del hombre y comenzó con la domesticación de los gusanos de seda hace entre 7.000 y 4.000 años. El antepasado del gusano de seda es una polilla silvestre que aún vive en Japón, Corea y China: *Bombyx mandarina*.

Durante miles de años, China guardó el secreto de la seda como un tesoro precioso, hasta tal punto que exportar gusanos vivos se consideraba un delito muy grave, castigado con la muerte. Solo alrededor del año 500 d.C., gracias a un audaz viaje envuelto en leyenda, se lograron sacar de contrabando del Imperio Celestial huevos de gusanos de seda, que trajeron consigo maravillas y nuevas posibilidades. Desde entonces, la seda se ha convertido en un símbolo universal de belleza, paciencia y talento humano.

Hay muchas otras especies de lepidópteros silvestres que producen seda... ¿Por qué se ha extendido el gusano de seda por todo el mundo?

Algunas especies producen un capullo con filamentos interrumpidos, otras producen un capullo de seda con un hilo continuo que, sin embargo, es más difícil de procesar y produce una seda de menor calidad en comparación con el gusano de seda.

Cuenta la leyenda que el arte de tejer la seda fue descubierto por una emperatriz china. Un día, mientras paseaba por sus jardines, se fijó en los capullos que los gusanos de seda habían formado en las ramas de las moreras. Al coger uno, se le cayó en el agua hirviendo de su taza de té. Mientras lo observaba, el capullo comenzó a desenredarse, revelando un hilo largo y brillante. Fascinada, la emperatriz aprendió a tejer este extraordinario hilo, lo que dio inicio a la producción de seda.

Durante miles de años, China exportó seda sin revelar de qué animal procedía, por lo que muchas poblaciones pensaban que provenía de los árboles.

Se dice que algunos monjes escondieron los huevos de los gusanos de seda en sus bastones y se los llevaron a Justiniano, quien extendió la cría de este insecto por todo su imperio.





3.2 Leyendas de todo el mundo

Estas son algunas de las leyendas más importantes sobre el gusano de seda, fascinantes historias transmitidas a lo largo de los siglos:

La princesa y el secreto de la seda

Según una leyenda china, el secreto de la seda fue sacado de China por una princesa casada con un príncipe extranjero. La princesa, que no quería desprenderse de la preciada fibra, escondió algunos huevos de gusano de seda y semillas de morera en su cabello. Gracias a su gesto, la sericultura se extendió a otras regiones, incluida Asia Central.

El gusano de seda y la diosa de la luna

Según algunas tradiciones chinas, se cree que los gusanos de seda son un regalo de la diosa de la luna Chang'e. Se dice que la diosa enseñó a los humanos a criar gusanos de seda y a enrollar la seda para crear ropa que se asemejara a la luz plateada de la luna.

El sacrificio de la joven campesina

Una antigua leyenda japonesa cuenta la historia de una joven campesina que sacrificó su vida para proteger una cosecha de capullos de gusanos de seda del ataque de los espíritus malignos. Tras su muerte, su espíritu se reencarnó en una polilla, simbolizando la continuidad del ciclo de vida del gusano de seda y del hilo de seda.



La morera mágica

Un cuento tradicional coreano narra la historia de una vieja morera mágica que podía hablar y proteger a los gusanos de seda. Este árbol, considerado sagrado, enseñó a los agricultores cómo cuidar a los gusanos para producir la seda más fina.

Estas leyendas enfatizan la profunda conexión entre el gusano de seda y la imaginación humana, y resaltan el significado cultural simbólico de este pequeño insecto.

04

La Ruta de la Seda





4.1 El largo viaje desde China hasta Europa

La seda era tan hermosa y escasa que los reyes y emperadores de países fuera de China la codiciaban, pero nadie sabía cómo se fabricaba.

Para llevar la seda de un lugar a otro, los comerciantes utilizaban una ruta muy larga llamada la Ruta de la Seda. No era una carretera, sino una serie de rutas largas y difíciles que atravesaban montañas, desiertos y ciudades llenas de color, mercados y gente de todo el mundo.

Los mercaderes y sus caravanas, cargadas con los codiciados rollos de seda, solían viajar durante meses, vendiendo los tejidos a cambio de oro, especias y piedras preciosas.

Poco a poco, la cría de gusanos de seda se extendió a lo largo de la Ruta de la Seda con el cultivo de moreras, hasta que, primero los árabes y luego los habitantes de Bizancio (la capital del Imperio de Justiniano) la expandieron a Europa. Así, los europeos aprendieron a criar gusanos y a procesar la seda.

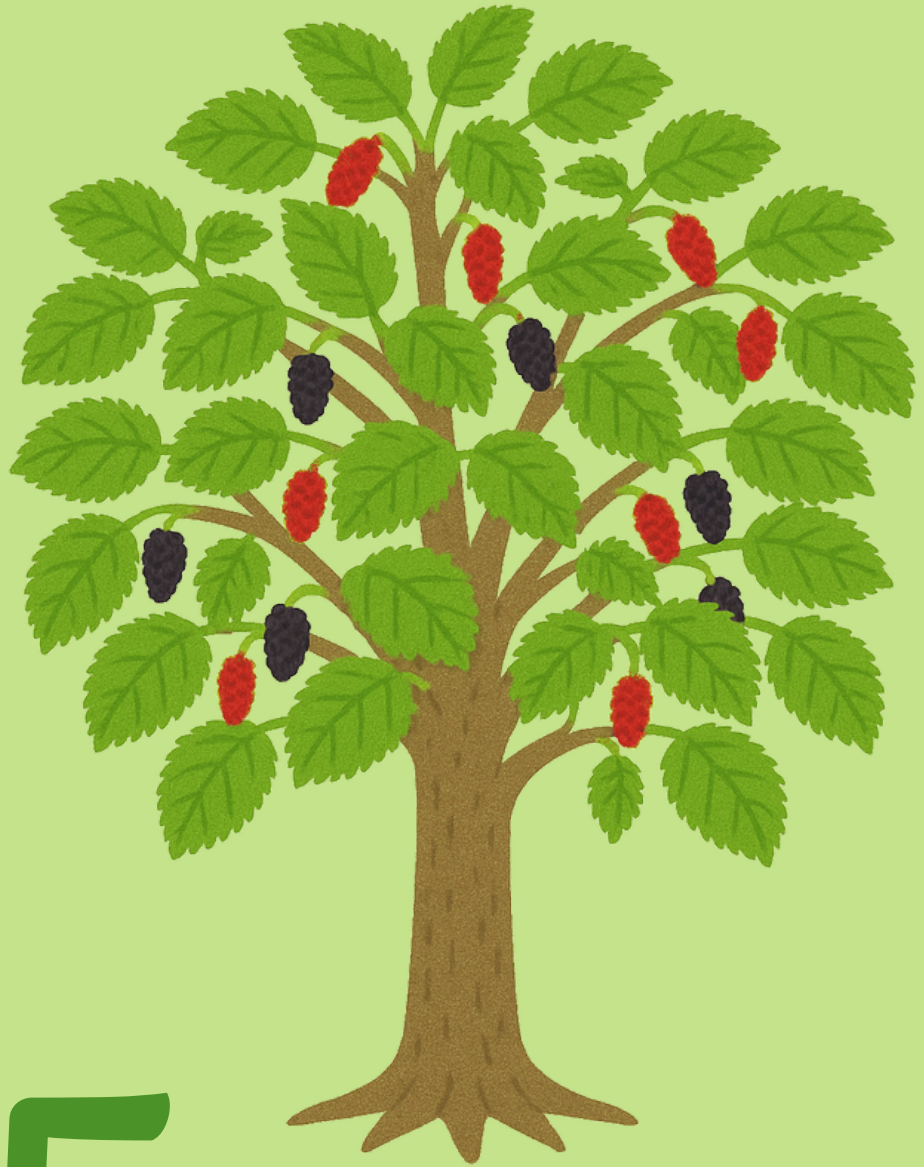
Esta fibra también comenzó a producirse en Italia, primero en el sur y finalmente en Venecia y Como, ciudades que se hicieron famosas por sus tejidos de seda. Igualmente, llegó a España, principalmente a la zona mediterránea, dando riqueza a ciudades como Valencia y Murcia.



4.2 Marco Polo y la Ruta de la Seda

Marco Polo, un famoso viajero veneciano, tenía una relación especial con la seda. Hace unos 700 años, en 1271, Marco Polo emprendió un increíble viaje a China, siguiendo las rutas de la famosa Ruta de la Seda. De hecho, estas rutas se utilizaban para intercambiar seda, pero también especias, joyas y muchos otros productos preciosos entre Oriente y Occidente. Cuando Marco Polo llegó a China, conoció al emperador Kublai Khan y quedó fascinado por la belleza y la importancia de la seda. Contó que la seda estaba presente en todas partes: en la ropa de los emperadores, en las telas de las cortinas e incluso en los regalos que se intercambiaban los nobles. Al regresar a casa después de años, Marco Polo trajo consigo increíbles historias sobre China y su fibra.

Su libro “El millón” fue uno de los primeros en narrar el vínculo entre Oriente y Occidente a través de la Ruta de la Seda, y contribuyó a difundir el mito de Oriente, compuesto por tierras lejanas, diferentes en costumbres y hábitos, así como por maravillosos hilos de seda.



05

La morera



5.1 La morera

En Europa hay principalmente dos especies de morera: *Morus nigra* (la morera negra o moral) y *Morus alba* (la morera blanca). Estas plantas pertenecen a la familia *Moraceae*.

Otras especies de morera, como la morera roja (*Morus rubra*), originaria de América del Norte, son menos comunes en Europa.

La morera produce una sorosis, que es una infrutescencia formada por muchos frutos pequeños que crecen juntos. Cada uno de ellos surge de una flor diferente y se desarrolla a partir de una parte de la flor llamada ovario.

Crecen muy juntos en un pedúnculo, formando lo que comúnmente llamamos una mora.

5.2 *Morus nigra* and *Morus alba*

La morera negra o moral es originaria de Oriente Medio y muy pronto se extendió a Grecia y al sur de Italia, donde el clima más cálido resulta más favorable. Era conocida por los griegos y los romanos, que apreciaban sus frutos de color rojo oscuro por su sabor y sus beneficios nutraceuticos. La palabra nutraceutico es una combinación de nutrición y farmacéutico, ya que esta disciplina estudia todas las sustancias de los alimentos que pueden promover la salud, prevenir enfermedades o curarlas.

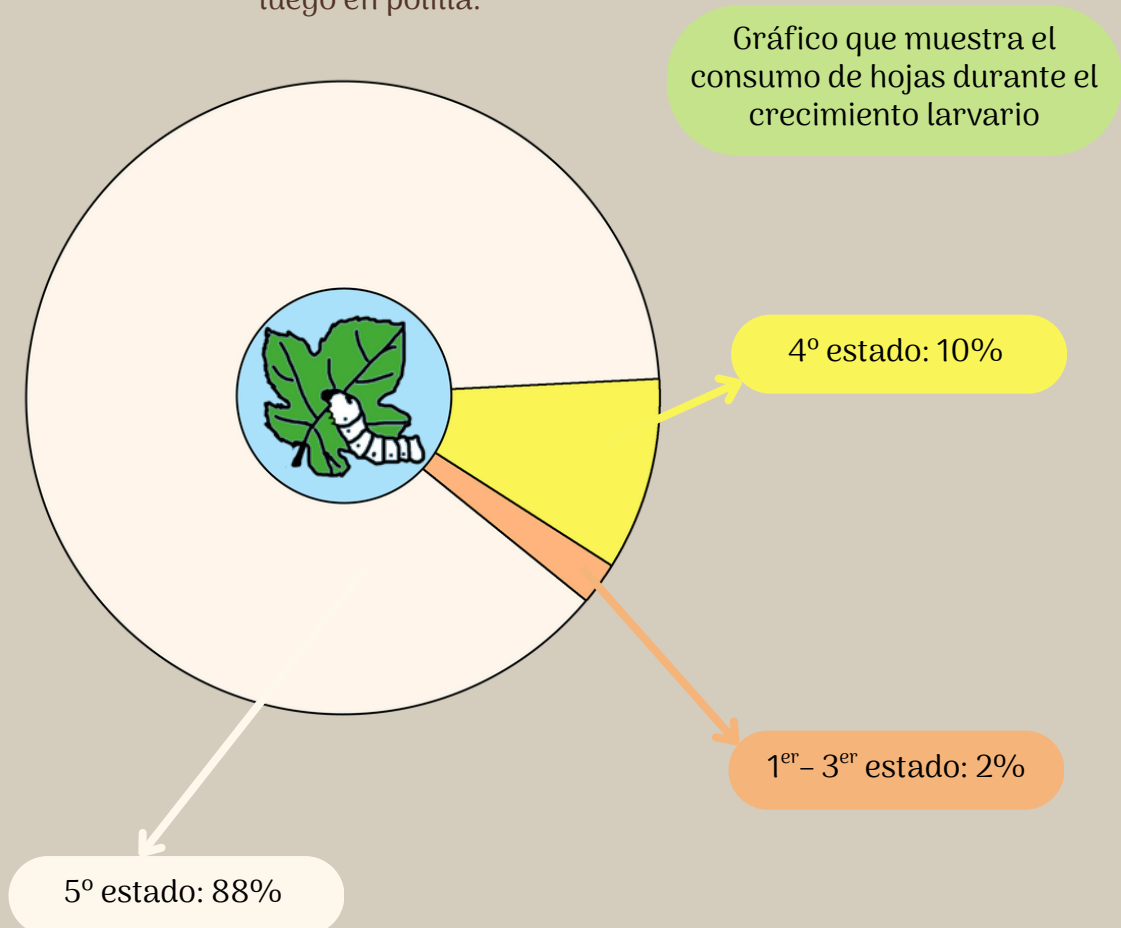


La morera blanca, por otro lado, se introdujo más tarde, alrededor del año 1400, en la zona mediterránea, cuando fue traída desde China. Se cultivaba principalmente para la cría de gusanos de seda. Se ha vuelto muy común en toda Europa, especialmente en regiones meridionales como España, Francia e Italia, ya que prospera en climas más fríos en comparación con la morera negra. El color de su fruto varía, pasando del blanco al rosáceo y al rojo, pero es menos valioso que el de la morera negra.

5.3 El único alimento del gusano de seda

En el pasado, la morera se cultivaba casi exclusivamente para alimentar a los gusanos de seda. Hoy en día, sin embargo, se considera útil en muchos sentidos: es estéticamente atractiva en campos y jardines, su fruto es nutritivo y sabroso, de sus hojas se pueden extraer proteínas y fibras vegetales, y algunos de sus compuestos se utilizan en medicamentos y cosméticos naturales. Además, a partir de la morera se pueden producir bioplásticos, que son más sostenibles que los plásticos tradicionales.

Como se ha mencionado anteriormente, los gusanos de seda se alimentan exclusivamente de hojas de morera y, durante su ciclo de vida, que dura alrededor de un mes, una sola larva puede consumir hasta 20 gramos de hojas frescas, el 88% de las cuales se ingieren en la quinta fase larvaria. Este rico alimento permite al gusano de seda crecer y almacenar lo que necesita para producir seda y construir el capullo que lo protegerá durante su transformación primero en crisálida y luego en polilla.



06

La economía del gusano de seda





6.1 La seda

La seda es una fibra animal producida por dos glándulas especializadas en el cuerpo de la larva del gusano de seda. Está compuesta por dos proteínas principales: fibroína y sericina.

La **fibroína** representa alrededor del 75% del hilo y es insoluble en agua. Se caracteriza por su brillo, elasticidad y resistencia a la tracción.

La **sericina**, que constituye alrededor del 25% de la seda natural, rodea la fibroína como una vaina. Actúa como una especie de pegamento, asegurando que los hilos se unan para formar las capas del capullo.

6.2 Procesado de la seda

Para poder utilizarla, la seda debe **desenrollarse** del capullo en el que se encuentra recogida, un proceso conocido como **devanado**. El capullo se sumerge en agua caliente, lo que disuelve la sericina y permite desenredar el largo hilo de fibroína. Este proceso tiene lugar en fábricas conocidas como '**plantas de devanado**', que son testimonio de la temprana industrialización de los territorios del sur de Europa, cuyos vestigios aún pueden verse hoy en día en los grandes complejos con altas chimeneas que salpican los paisajes agrícolas, especialmente en el norte de Italia y el sureste de España.

El hilo se enrolla en bobinas, formando madejas de seda cruda. Sin embargo, la madeja de seda aún debe ser '**desgomada**' para eliminar toda la sericina residual y adquirir su característica suavidad.

Solo los capullos más finos, blancos y perfectos pueden utilizarse en el proceso de devanado. Los capullos con pequeñas manchas o imperfecciones pueden utilizarse en el proceso de cardado, similar al que se utiliza para la lana. Esto produce una madeja de seda, que luego puede transformarse en un hilo de seda discontinuo, menos valioso que la seda devanada.





6.3 Usos alternativos de la seda

Debido a sus propiedades únicas, la seda tiene una amplia gama de aplicaciones más allá de la industria textil. Al ser una fibra proteica, puede disolverse y regenerarse para su uso en biomedicina o como biomaterial. De hecho, la seda es biocompatible, lo que significa que puede utilizarse para reparar o sustituir tejidos del cuerpo humano.

Se utiliza para fabricar membranas, tubos y mallas que pueden implantarse en el cuerpo, por ejemplo, para injertos vasculares o como recubrimiento de implantes.

La fibroína puede utilizarse para crear 'andamios' o soportes en los que pueden crecer células humanas, para la reconstrucción de piel, hueso, cartílago, tejido nervioso o vasos sanguíneos.

La sericina se utiliza en cosméticos, como cremas, champús, acondicionadores, sérums y pomadas.

La crisálida contenida en el capullo puede utilizarse como pienso, pero en determinadas condiciones también puede utilizarse como alimento para los seres humanos debido a su riqueza en nutrientes. Por lo tanto, cada subproducto puede convertirse en la materia prima de una nueva cadena de suministro.



07

Talleres educativos



7.1 Sugerencias para talleres educativos

Esta última sección de la guía de cría contiene sugerencias de actividades y manualidades para realizar con los alumnos. El objetivo es reforzar los conocimientos adquiridos al utilizar el kit.

Estas sugerencias están diseñadas para desarrollar las habilidades de observación y análisis de los alumnos, animándolos a comprender en detalle la transformación del gusano de seda e identificar la planta de morera.

Las actividades tienen como objetivo fomentar la empatía hacia los seres vivos y promover el respeto por los animales y las plantas. Las actividades manuales y prácticas también promueven la destreza manual y la creatividad.

Mayu no Hana

Proponer el antiguo arte japonés de **crear flores a partir de capullos de seda**, llamado *Mayu no Hana* (o *Hanamayu*), es una idea original e inspiradora para involucrar a los alumnos en un taller manual creativo en el aula. En Japón, esta tradición se remonta a varios siglos atrás, cuando las familias de los criadores de gusanos de seda solían emplear los capullos sobrantes para hacer elegantes adornos y pequeñas flores que se regalaban o se vendían en los mercados. Hoy en día, convertir los capullos en flores de colores puede ser un proyecto educativo útil para desarrollar la destreza manual, así como la paciencia y la atención al detalle. Además, esta actividad también fomenta la reflexión sobre la reutilización de materiales. Cada alumno puede elegir una flor, cortar los pétalos de los capullos, montarlos en un alambre y personalizar su trabajo con colores, así como con hojas de papel o tela. Las flores terminadas pueden convertirse en regalos originales para las familias o en decoraciones para el aula. Un taller de Mayu no Hana mantiene viva la tradición de la artesanía, estimulando la creatividad y enfatizando la importancia del trabajo manual en una era dominada por la tecnología.



Creación de animales y otras decoraciones con capullos de seda

Además de crear flores, recortar los capullos te permite hacer una variedad infinita de pequeños objetos, como simpáticos animalitos. También puedes crear accesorios para llevar puestos, como collares y horquillas, así como decoraciones para el hogar y tarjetas de felicitación. Con pegamento para tela o vinilo, las posibilidades son infinitas.



Herbario de hojas de morera

Conservar las hojas de morera durante mucho tiempo, de forma que se pueden utilizar para crear un herbario para el aula. Esto estimula la observación y la atención al detalle, ayudando a los niños a reconocer la planta en su entorno. Este taller tiene un valor científico e histórico, pero sobre todo tiene un significado práctico, ya que ayuda a los niños a familiarizarse con la botánica, redescubrir su conexión con la naturaleza y desarrollar sus habilidades organizativas.

Mientras se espera a que se sequen las hojas, se puede aprovechar la técnica del '*frottage*', que consiste en frotar. Basta con colocar una hoja de papel blanco sobre la hoja, con el nervio hacia arriba, y frotar el lápiz de cera sobre la superficie para que los detalles aparezcan en el papel.

Juegos ópticos previos al cine

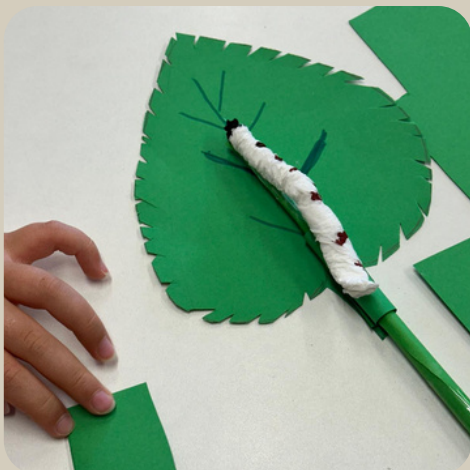
El *taumátropo* es un antiguo juguete óptico que consiste en un disco con dos imágenes diferentes en cada lado. Cuando se gira rápidamente, las imágenes de gusanos, capullos y polillas se fusionan para crear una única escena en movimiento. Esta herramienta permite experimentar el efecto de persistencia de la visión, combinando ciencia, creatividad y diversión. Se trata de una experiencia interactiva que estimula la destreza manual y enseña al tiempo que entretiene.



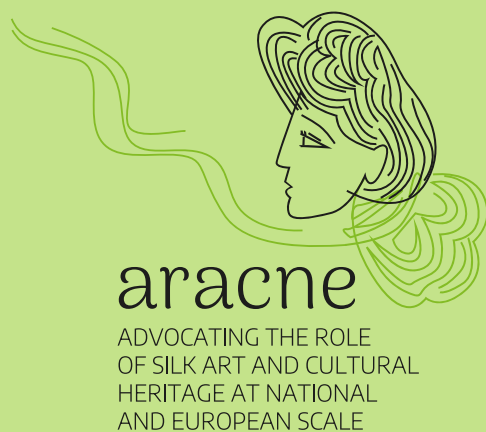
Descargar
la plantilla del taumátropo
desde el código QR

Montar el gusano de seda en una hoja

En Internet se pueden encontrar numerosos tutoriales que explican cómo hacer una simpática larva que se mueve por una hoja de cartón. Se puede hacer utilizando una servilleta o un pañuelo de papel, o recortando una pajita. Las distintas piezas se ensamblan fácilmente con pegamento.



Bibliografía:	Idioma
Fila, Gianni, and Silvia Cappelozza, eds. <i>The Silkworm: History, Culture, Traditions and Science. A Commented Catalogue of the Historical Silk Science and Technology Collections Housed at the Former Experiment Sericulture Station of Padua</i> . Rubano (PD): Turato Publisher, 2023.	Inglés
Dedos, Skarlatos. <i>Σηροτροφία (Sericulture)</i> . Kallipos University Publications, 2023.	Griego
Centro Studi Memorandum. <i>Il bravo allevatore: Manuale</i> . Cortale: Centro Studi Memorandum, 2017.	Italiano
Cappelozza, Silvia. <i>Manuale di buona pratica agricola per la bachicoltura</i> . Published online on masaf.gov.it, 2010.	Italiano
Moraschini, Paolo, Lorena Cirnigliaro, and Laura Ghidini. "L'allevamento dei bachi da seta: un'attività sperimentale alla scuola primaria." <i>Emmeciquadro</i> , no. 29 (April): Euresis, 2007.	Italiano
Grekov, Dimiter, Euripidis Kipriotis, and Panomir Tzenov. <i>Sericulture Training Manual</i> . Komotini: Agricultural Research Station of Komotini, NAGREF, 2005.	Inglés
Faragò, Silvio, and Walter Filz. <i>Il baco da seta</i> . Milano: Stazione Sperimentale per la Seta, 2001.	Italiano
Lim, Soo-Ho, Young-Taek Kim, Sang-Poong Lee, In-Jun Rhee, Jung-Sung Lim, and Byung-Ho Lim. <i>Sericulture Training Manual</i> . FAO Agricultural Services Bulletin 80. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1990.	Inglés



Créditos:

Textos: Silvia Cappellosza, Diana Mantegazza, Graziella Paglia and Alessio Saviane

Gráficos: Diana Mantegazza

Ilustraciones: @irasutoya via Canva y Diana Mantegazza

Fotos: CREA-AA; PIOP; Paolo Zerbato de Pixabay; ivabalk de Pixabay; LoggaWiggler de Pixabay; Rafael Ben-Ari de AdobeStock

Traducción al español: Ana Pagán Bernabeu, Javier Ibañez Molina y Clara de Pascual Monreal

Más información:

www.aracneproject.eu

Contacto:

education@aracneproject.eu

Padua – 2025



Escanear para ver la guía completa,
disponible en varios idiomas:
<https://aracneproject.eu/educational-kit/>

