



5S

Cultivando plantas *in vitro* en casa

Q. B. A. Ileana Cecilia Borges Argáez
Dra. Leticia Peraza Echeverría
M. C. Miguel Ángel Herrera Alamillo

Unidad de Biotecnología

Descripción

Se propone el uso de las técnicas de cultivo de tejidos como una herramienta más para la conservación de la biodiversidad, adaptándolas para llevarlas a cabo en casa.

Objetivo

Que los y las alumnas conozcan los principios del cultivo *in vitro* y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad vegetal a través de la tecnología casera.

Materia afín

Ciencias y Tecnología/Biología/Diversidad, continuidad y cambio.

(Currícula en: www.planyprogramasdestudio.sep.gob.mx/index-mapa-curricular2019.html)

Pregunta inicial

¿Puedo aplicar el cultivo *in vitro* con tecnología casera para germinar semillas?





¿Qué vas a aprender?

- Que los y las participantes conozcan los principios del cultivo *in vitro* y cómo puede ser utilizado para la conservación de especies de interés.
- Que aprendan cómo pueden preparar un medio de cultivo con materiales que usamos en la cocina.
- Lograr la germinación *in vitro* de semillas (granos o frutas) que se consumen normalmente en casa.
- Aprender sobre el proceso de adaptación de un ambiente de frasco (*in vitro*) a las condiciones exteriores (*ex vitro*).



Panorama general del tema

La conservación de la biodiversidad vegetal es un tema importante para toda la humanidad. La presión del ser humano, la introducción de plantas foráneas, así como de plantas domesticadas, tienen efectos graves en la diversidad vegetal y esto se ve reflejado en el incremento de

especies vegetales amenazadas. La biodiversidad vegetal es una fuente natural de productos para las industrias alimentarias y de medicamentos, además de ser reservas genéticas útiles para los programas de mejoramiento vegetal, entre otras muchas cosas.



Presentación

El crecimiento de la población ha ocasionado una mayor demanda de los recursos naturales para satisfacer las necesidades de alimentación, transporte, servicios de salud, etcétera, ocasionando la alteración de los hábitats naturales, y con ello, poniendo en riesgo la diversidad vegetal, ya sea por la sobreexplotación en áreas silvestres o por el cambio de uso de suelo, entre otros factores.

El uso de las técnicas de cultivos de tejidos *in vitro* puede ayudar al rescate de especies amenazadas, difíciles de propagar o en peligro de extinción, así como en el rescate de semillas.

Ejemplo de la aplicación de estas técnicas son el rescate de la pata de elefante (Herrera-Alamillo, comunicación personal), de la *Mammillaria gaumeri*, etcétera.



Desarrollo



La biodiversidad y la importancia de su conservación.

El cultivo de tejidos como una herramienta para la conservación de los recursos vegetales.

Pregunta de investigación

¿Cómo puedo contribuir a la conservación de la biodiversidad en mi entorno?



Actividad 1

Observar el entorno que me rodea



Desarrollo

Observa tu patio, jardín o las plantas de un parque. ¿Qué plantas conoces?, ¿son visitadas por insectos o pájaros?, ¿qué pasaría si se extinguieran todas las plantas?



Materiales

- Lápiz y papel.



Lo que debes saber

La biodiversidad agrícola se refiere a la variedad y variabilidad de animales, plantas y microorganismos en la Tierra que son importantes para la alimentación y la agricultura que resultan de la interacción entre el medio ambiente, recursos genéticos, el manejo de sistemas y prácticas utilizadas por la gente.

Tiene en cuenta no solo la diversidad genética, de especies y de agroecosistemas y las diferentes formas en que se utiliza la tierra y los recursos hídricos para la producción, sino también la diversidad cultural, que influye en las interacciones humanas en todos los niveles.



Cartel: "Biodiversidad es bienestar" / Conábilo



Tema: El laboratorio de cultivo de tejidos vegetales.

Conocerás cómo es un laboratorio dedicado al cultivo *in vitro* de tejidos y los equipos que se utilizan (Figura 1).



Figura 1. Materiales y equipos utilizados en un laboratorio de cultivo *in vitro*. 1. Mesas de trabajo, 2. Campana de flujo laminar, 3. Equipo para medir pH, 4. Autoclave, 5. Cuarto de cultivo.

Pregunta de investigación

¿Puedo adaptar un laboratorio de cultivo de tejidos en casa?



Actividad 2

Video sobre un laboratorio dedicado al cultivo *in vitro* de tejidos vegetales.

- Preparación de medios de cultivo para el cultivo *in vitro* de plantas o de material vegetal | | UPV. www.youtube.com/watch?v=FpOu60dC3So&t=29s
- Cultivo *in vitro*. Definición y preparación. www.youtube.com/watch?v=-7JkxXFRN_vY&t=335s



Materiales

- Computadora con acceso a internet.



Desarrollo

Observa atentamente el video, pon atención en los materiales y equipos que aparecen en él.



Actividad 3

Preparando mi laboratorio en casa, haciendo un mechero de alcohol y solución de alcohol al 70 % para limpiar.



Materiales

- Frasco de vidrio con tapa metálica. (ejemplo: frasco de Cheez Whiz de 235 g).
- Estambre.
- Alcohol de farmacia (96 %).
- Preparación de alcohol al 70%.



Figura 2. Ejemplos de mecheros caseros.



Desarrollo

1. Perfora la tapa del frasco en la parte media con ayuda de un clavo, teniendo cuidado que el orificio sea justo para pasar a través de él un trozo de estambre trenzado. Este debe ser lo suficientemente largo para tocar el fondo del frasco. Llénalo con alcohol y asegúrate de que se humedezca bien el estambre antes de encenderlo y utilizarlo como mechero.
2. Preparación de alcohol al 70 %. Medir 70 ml del alcohol de farmacia y agregar 30 ml de agua purificada. Agitar para mezclar.



Lo que debes saber:

En general, los laboratorios requieren de instalaciones, materiales y equipos especializados. En particular, el dedicado al cultivo de tejidos necesita que cuente con aire acondicionado, gas, cuartos con iluminación, temperatura y humedad controlada, un equipo donde poder realizar la esterilización de los medios de cultivo, así como un área para trabajar en condiciones de esterilidad. Asimismo, se manejan reactivos especiales para la preparación de las soluciones nutritivas del medio de cultivo, entre otras cosas.

Preguntas de investigación

¿Puedes mencionar algunos de los materiales utilizados en el video para el cultivo *in vitro*? ¿Puedes sustituir alguno de ellos con lo que tienes en casa? Realiza una lista.



Preparación de un medio de cultivo casero y de los materiales necesarios para el cultivo *in vitro*.

Pregunta de investigación

¿Puedo preparar un medio de cultivo con cosas que tengo en casa?



Actividad 4

Preparación de un área limpia de trabajo en casa (Figura 3).



Materiales

- Alcohol de farmacia.
- Algodón, papel de cocina o servilletas de papel.
- Mecheros de alcohol (utiliza los que fabricaste), o a su vez, pueden utilizarse 3 veladoras.



Figura 3. Ejemplo de cómo se puede hacer un área de trabajo para cultivo *in vitro* en casa.



Desarrollo

1. Localiza un área de tu casa donde tengas una superficie resguardada de corrientes de aire. Puede ser un rincón de la meseta de tu cocina o en una mesita colocada en una esquina de la pared de tu cuarto.
2. Humedece el algodón con el alcohol al 70 % y limpia el área que seleccionaste. De manera opcional, puedes colocar sobre la superficie un pedazo de papel aluminio como una especie de mantel, el cual deberás limpiar también con alcohol.
3. Coloca los mecheros a los extremos del área que seleccionaste. Si tienes veladoras coloca una en cada extremo del área y una en la parte media. Enciéndelas hasta el momento que vayas a trabajar en este espacio.



Actividad 5

Preparación de 2 medios de cultivo



Materiales

- 6 frascos de cristal con tapa o contenedores transparentes con tapa (pueden ser reciclados, ejemplo: frasco de Cheez Whiz de 235 g o frascos de vidrio de café de 40 g).
- Una olla.
- Estufa.
- 3 tomates verdes o un plátano, y 2 dientes de ajo.
- Gelatina sin sabor (grenetina), 36 g por cada medio.
- Olla de presión (opcional).
- Papel de cocina.
- Colador.
- Un recipiente de plástico (puede ser una jarra).
- Taza medidora de cocina, tacita para medir medicinas, jeringa de 10 ml o una botella vacía de PET (de refresco de un litro o de 600 ml, servirán para medir).





Desarrollo

1. Poner aproximadamente 500 ml de agua purificada en una olla para cubrir los 3 tomates, agregar ahí mismo los 2 dientes de ajo pelados. Si utilizas plátano, córtalo en trozos y ponlo a hervir junto con los dientes de ajo. Dejar hervir, cuando empiecen a salir burbujitas, esperar 5 minutos y apagar. Permitir que se enfríe.
2. Pasar el líquido que hirvió a través de un colador que tenga 3 a 4 hojas de papel de cocina y filtrar. Colocar el colador sobre un recipiente para recolectar el líquido.
3. Disolver en una taza aparte la grenetina, primero agregarle 3 cucharadas de agua fría y remover para disolver. Después, adicionar 6 cucharadas de agua caliente.
4. Adicionar la grenetina disuelta en el líquido que se filtró anteriormente y mezclar. Si no se tiene olla de presión para esterilizar, cubrir el recipiente con papel aluminio y refrigerar de 15 a 20 minutos para ayudar a que empiece a gelificar el medio, pero no lo suficiente para que quede sólido. Llevar el recipiente al área previamente preparada y llenar los frascos con el medio. Taparlos y refrigerar hasta su uso.

IMPORTANTE



Si no tienes una olla de presión con la cual esterilizar el medio que vas a preparar, realiza todo este procedimiento en un área previamente limpia, resguardada de corrientes de aire y junto al mechero de alcohol que preparaste anteriormente. Es importante también que los frascos donde vas a poner el medio, los limpies previamente remojándolos en una solución de cloro por 30 minutos (puede ser una parte de cloro mas 2 partes de agua

purificada). Después de que pase este tiempo, enjuaga los frascos 2 veces con agua purificada y déjalos escurrir sobre un papel limpio en el área que preparaste, teniendo cuidado de no tocar los bordes de la boca de los frascos.

La limpieza de los frascos la puedes realizar un día antes de la preparación de los medios de cultivo; una vez que estén secos, cúbrelos con su tapa para conservarlos estériles hasta el momento que los utilices.

5. Si se cuenta con una olla de presión, pasar el medio de cultivo preparado a un frasco de cristal con tapa (esta debe ser de metal) y ciérrala ligeramente. Si la tapa es de plástico, no la utilices para cerrar el frasco, ya que se puede derretir (puedes cubrirlo con una doble capa de papel aluminio y sellarla con una liga). Ver la Figura 4.



Figura 4. Frasco con tapa de aluminio.



Al momento de esterilizar el medio, puedes aprovechar también para desinfectar el siguiente material:

- Los frascos vacíos donde pondrás el medio y 3 frascos vacíos adicionales que servirán para la asepsia del material.
 - Frascos de cristal con agua purificada, tapados de la manera que se indicó para el medio de cultivo. Pueden ser 2 o 3 piezas.
 - 2 cucharas de metal envueltas en papel aluminio.
 - Un sobrecito hecho con papel aluminio donde se pongan 3 o 4 servilletas de papel o toallas de papel de cocina.
6. Colocar todo el material preparado anteriormente en una olla de presión por 15 minutos, con el objetivo de esterilizarlos.
 7. Una vez que baje la presión de la olla, destaparla y retirar el material. En el área estéril previamente preparada, llenar los frascos con el medio, cerrarlos y guardarlos en refrigeración hasta su uso.

Lo que debes saber



Los medios de cultivo proporcionan al tejido los nutrientes necesarios para su crecimiento. Generalmente son mezclas de sales de macro y micronutrientes (como nitrógeno, **fósforo**, potasio, cobalto, entre otros elementos), vitaminas, reguladores de crecimiento necesarios para el crecimiento y diferenciación de los tejidos, una fuente de carbono que es proporcionada por el azúcar, y un gelificante que ayuda a que el medio sea **sólido. Además, los medios de cultivo deben tener un grado de acidez o alcalinidad (pH) que faciliten la toma de nutrientes por parte de los tejidos.**

El extracto de tomate, el plátano y el ajo utilizados en el medio casero, proporcionan algunas sales, aunque no todas como las de un medio preparado en un laboratorio establecido. Además, el ajo por sus propiedades antisépticas ayuda a que no se contamine el medio preparado. En este caso, no se añadió una fuente de carbono, que podría ser azúcar común, por no tener seguro el contar con una olla de presión para una esterilización ya que podría contaminarse más pronto el medio.

La grenetina se utiliza para dejar sólido el medio de cultivo.



Cultivo *in vitro* de semillas en el medio casero.

Pregunta de investigación

¿Cómo puedo germinar semillas *in vitro* en medios caseros?



Actividad 6

Colecta y limpieza de semillas



Materiales

- Semillas que hayas colectado de frutas que consumes en casa o granos como maíz, frijol, lentejas, etcétera.
- Colador.
- Papel de cocina o servilletas de papel.
- Un vaso.
- Agua corriente.



Desarrollo

Colecta de semillas.

Si tus semillas tienen restos de la pulpa, es importante hacer lo siguiente:

1. Lavarlas con agua corriente para retirar restos de la pulpa. Te puedes ayudar con un colador para no perder semillas.
2. Una vez limpias, dejarlas remojadas en un vaso lleno con agua por un tiempo de 15 a 20 minutos y recolectar únicamente aquellas que no floten.
3. Dejar secar sobre papel y, una vez secas, guardar en sobrecitos de papel hasta el momento de utilizarlas para germinar.

NOTA



Esto se hace con el fin de seleccionar las semillas llenas (que tengan embrión) de las vacías (semillas huecas sin embrión). Las semillas llenas se irán al fondo del vaso mientras que las huecas flotarán. Las que tú utilizarás son las que se quedan en el fondo del vaso.



Actividad 7

Desinfección de semillas y siembra *in vitro* en mi laboratorio casero.



Materiales:

- 3 vasos (pueden ser de vidrio, de plástico o reciclados) y un frasco limpio con tapa.
- Detergente líquido para trastes o detergente en polvo (si es líquido, mejor).
- Colador.
- Cloro comercial del que usan en tu casa.
- Alcohol de farmacia.
- Botella de agua purificada de un litro (nueva, sin abrir) o en el caso de contar con una olla de presión, se pueden esterilizar botellas de vidrio con agua purificada.
- Vaso medidor de medicina, jeringa de 5 o 10 ml o una taza medidora.
- Semillas.
- Medios de cultivo.
- Mechero de alcohol.
- Una cuchara.



Desarrollo

1. En un vaso grande (de aproximadamente 250 ml) lleno hasta la mitad con agua, poner 10 gotas de detergente líquido para trastes o una pizca de detergente en polvo (mezclar sin formar mucha espuma).
2. Sumergir las semillas en esta preparación y agitar con ayuda de una cuchara durante 10 minutos.
3. Transcurrido este tiempo, enjuagar con agua de la llave hasta que no salga espuma. Utilizar un colador para evitar perder semillas.
4. En el área limpia y con el mechero encendido (que funcionará como nuestra área estéril), poner en un vaso el suficiente alcohol de manera que cubra completamente las semillas y agregar de 2 a 3 gotas de detergente líquido. Agitar por 15 minutos.
5. Retirar el alcohol cuidando que no se pierdan muchas semillas. Te puedes ayudar con una cuchara metálica, que previamente hayas calentado en la llama de la vela o mechero, para evitar que pierdas semillas al momento de desechar el alcohol. Asegúrate de que la cuchara se enfríe antes de utilizarla con tus semillas. Enjuagar 3 veces con el agua purificada recién abierta.
6. En otro vaso preparar una solución de cloro a partir del que normalmente se utiliza en casa. Medir 20 ml de cloro y agregar 80 ml del agua purificada. Pon las semillas a remojar en esta solución por 30 minutos, agitando el vaso para asegurar que todas las semillas tengan contacto con la solución.
7. Enjuagar 3 veces con el agua purificada y después pasar las semillas a un frasco limpio con agua purificada. Esta debe ser suficiente para cubrir las semillas. Dependiendo de la dureza de tus semillas, puedes dejarlas remojando 1 hora (si son semillas muy suaves), o de 12 a 24 horas (si son de consistencia muy dura) antes de sembrarla en el medio de cultivo. Recuerda mantener el frasco tapado durante el tiempo de espera.
8. Con ayuda de una cuchara metálica que previamente hayas calentado y enfriado, retira las semillas del frasco, ponlas sobre el papel para retirar el exceso de agua y después, deposítalas en el medio que preparaste.
9. Coloca tus frascos sembrados en un lugar limpio donde les de la luz, como puede ser cerca de una ventana.

Ayúdate con la cuchara teniendo cuidado de no tocar con los dedos el borde del frasco ni las semillas. Después calienta ligeramente en la llama el borde del frasco antes de cerrarlo.



Actividad 8

Adaptación de las plantas obtenidas por la germinación *in vitro* (Figura 5).



Materiales

- Frascos con plantas que tengan bien formada su raíz.
- Agua corriente.
- Servilletas de papel o papel de cocina.
- Contenedores de plástico limpios y perforados en el fondo (pueden ser botes pequeños vacíos de yogurt, vasos desechables reciclados, empaques de huevos, etcétera).
- Bolsas de plástico recicladas (si consigues transparentes mucho mejor).
- Tierra.



Desarrollo

1. Destapa los frascos y con ayuda de una cuchara, separa con cuidado el medio de cultivo con todo y planta. Retíralos del frasco.
2. Con la mano, retira cuidadosamente la gelatina que rodea a tu planta, pero no trates de jalar con fuerza el medio alrededor de las raíces.
3. Coloca la planta bajo el chorro suave de la llave de agua y enjuaga las raíces hasta asegurarte que has retirado toda la gelatina.
4. Mientras preparas tus macetas, mantén tus plantas envueltas en papel humedecido para evitar que se sequen.
5. Llena tus contenedores con tierra, humedécela bien y cuidadosamente siembra tus plantas.
6. Cubre con la bolsa de plástico la maceta, pero trata de no aplastar la planta que sembraste. Puedes amarrar los bordes de la bolsa alrededor de la maceta con un hilo o liga, de manera que se mantenga firme.
7. Revisa diariamente que la tierra esté lo suficientemente humedecida y riega cuando lo necesite. ¡No te olvides colocar nuevamente la bolsa de plástico!
8. Al cabo de una semana, realiza pequeños orificios a la bolsa que cubre a las macetas. Sigue vigilando que la tierra siempre esté humedecida.
9. Una semana después, retira la bolsa de las macetas. Si observas que tus plantas se resecan, aunque la tierra esté humedecida, vuelve a colocar la bolsa por unos 3 días más.

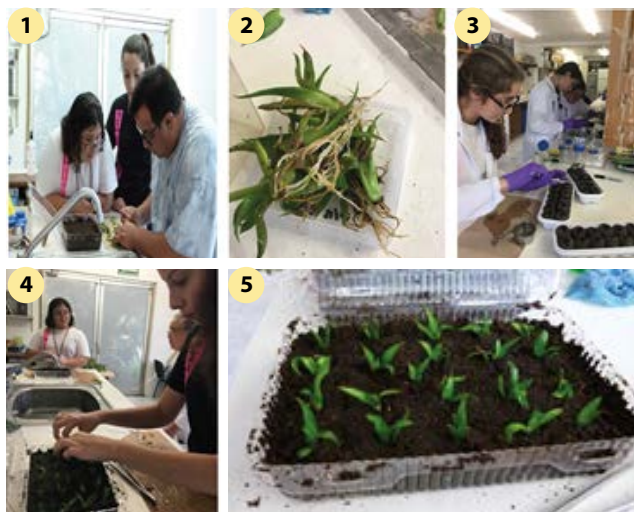


Figura 5. Proceso de adaptación de plantas. 1 y 2) Limpieza de plantas producidas *in vitro* antes de la siembra en contenedores con tierra para su adaptación *ex vitro*. 3 y 4) Siembra en diferentes sustratos. 5) Plantas listas para su adaptación a condiciones *ex vitro*.



Lo que debes saber

El establecimiento de un cultivo bajo condiciones *in vitro* requiere de una serie de pasos o etapas que se mencionan a continuación:

- Etapa 0/Preparación: involucra la selección del tejido a cultivar.
- Etapa I/Establecimiento: involucra la producción de cultivos viables y libres de contaminación.
- Etapa 2/Multiplicación: en este paso, el número de propágulos se incrementa.
- Etapa 3/Producción de plantas: se cuenta con el número suficiente de plantas de tamaño adecuado con raíces y calidad para poder ser llevadas a condiciones *ex vitro*.
- Etapa 4/Climatización: involucra la adaptación de las plantas de un ambiente *in vitro* (o sea dentro de frascos) a *ex vitro* (condiciones externas) en un invernadero, vivero y en algunas ocasiones, directo al campo dependiendo del tipo de planta que estemos trabajando.

En la actividad 6, la colecta de semillas y la selección que hiciste de las mismas

al separar “buenas” (semillas llenas) de “malas” (semillas vacías) sería la Etapa 0.

En la actividad 7, la desinfección de tus semillas y la siembra en el medio que preparaste, correspondería a lo que es la Etapa 1 o de establecimiento del cultivo.

Para las etapas de multiplicación y producción masiva de plantas, necesitarías utilizar un medio de cultivo al que se le tendría que agregar otros componentes, como son los reguladores de crecimiento, además de realizar una serie de pruebas para ver qué combinación de estos es la adecuada para estimular la formación de más plantas.

En la actividad 8, el pase de tus plantas del frasco cerrado a macetas, corresponde a la etapa de climatización o adaptación.

Las plantas en los frascos están en un ambiente muy húmedo y no necesitan regular la pérdida de agua, por lo que no han desarrollado bien las estructuras encargadas de esto como lo hacen las que crecen en ambientes externos. La adaptación gradual permite el desarrollo de estas estructuras (estomas) y garantiza la sobrevivencia de un ambiente *in vitro* a otro *ex vitro*.



Sobre los autores

Ileana Cecilia Borges Argáez es Química Bióloga Agropecuaria con experiencia en el área de cultivo *in vitro* de tejidos vegetales, en particular en embriogénesis somática, cultivo de cactáceas y semilla artificial. Actualmente trabaja en el cultivo *in vitro* de microalgas en el laboratorio de Biotecnología de Microalgas de la Unidad de Biotecnología. “Cuando estaba en secundaria me gustaban varias disciplinas: geografía, biología, química y sobre todo, las prácticas de laboratorio; aunque también me gustaba mucho la clase de música. No tenía claro que me gustaría ser, a veces quería estudiar para pianista, otras para psicóloga o medicina, y al final ganó la que no tenía imaginado, la química”.

Dra. **Leticia Peraza Echeverría**. “Llevo aproximadamente 10 años participando en cursos para jóvenes estudiantes de primaria, secundaria y preparatoria, y más de 21 años asesorando tesis a estudiantes de licenciatura y posgrado; todos relacionados con el quehacer de la ciencia, principalmente en el área de la biotecnología vegetal. Las áreas que domino son el cultivo de tejidos vegetales, biología molecular, obtención de extractos acuosos vegetales. El trabajo científico que he realizado ha sido con el objetivo de buscar alternativas de combate a hongos que atacan a los cultivos de importancia comercial, ya sea a través de la búsqueda de genes de

resistencia o extractos acuosos de plantas de la región que también puedan ser usados para atacar a dichos hongos patógenos. Cuando estaba en la secundaria, me hubiera gustado estudiar para ser maestra. Una vivencia: me tocó el taller de electricidad. Éramos solo 2 mujeres entre varones; aunque al principio me sentía incómoda, después me di cuenta que mis compañeros eran muy respetuosos y colaborativos. Ese taller me ayudó mucho con las materias de física y química. ¡Terminó encantándome el taller!”.

M. C. **Miguel Ángel Herrera Alamillo**. “Tengo más de 24 años participando e impartiendo cursos y talleres formativos a jóvenes con interés en la ciencia, desde nivel primaria hasta posgrado. Mi área de experiencia es la Biotecnología Vegetal y la aplicación de todas las ramas que derivan de este enorme campo de trabajo, enfocado en el mejoramiento genético de las plantas para hacerlas más productivas y más resistentes a enfermedades o ataques de patógenos, y de igual modo, el rescate de aquellas que se encuentran en peligro de extinción. Cuando estaba en la secundaria, me gustaba la biología y la química. Tenía una lupa y un juego de química *Mi alegría*, y me gustaba coleccionar insectos y hacer reacciones con los elementos del juego, sobre todo, con aquellos que provocaban reacciones exotérmicas”.



GLOSARIO

Biodiversidad: es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos, así como otros sistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende la diversidad dentro de cada especie, entre ellas y de los ecosistemas.

Cultivo *in vitro*, cultivo de tejidos vegetales: este término abarca un amplio rango de técnicas que involucran el crecimiento de germoplasma vegetal bajo condiciones estériles en un medio de cultivo artificial.

Estomas: son poros situados en la superficie de las hojas que permiten el intercambio de gases y cuyo diámetro varía por cambios en la turgencia (hinchazón) de las células oclusivas o de guarda. Aunque son más frecuentes en las hojas, también se presentan en otros tejidos verdes, tales como tallos, frutos y partes de inflorescencias.

Explante: tejido a partir del cual se inicia el cultivo *in vitro* y que se obtiene de una planta donadora. Puede ser una hoja, raíz, tallo, semillas, etcétera.

Ex vitro: fuera de contenedores cerrados, en ambientes exteriores.

Germoplasma: conjunto formado por el total del material hereditario (o banco genético) que contiene todas las posibles variaciones que presentan una o varias especies, poblaciones y grupos, entre otros (NOM-056-FITO-1995).

In vitro: se refiere al cultivo realizado en frascos o contenedores cerrados, bajo condiciones de esterilidad.

Medio de cultivo: es la mezcla de varios componentes como nutrientes minerales, vitaminas, azúcares y reguladores de crecimiento, que le proporcionan al tejido cultivado lo necesario para su desarrollo. Pueden ser de consistencia líquida o sólida, si se agrega un agente gelificante como el agar.

Reguladores de crecimiento: son componentes críticos del medio de cultivo porque determinan la ruta de desarrollo de las células vegetales.

Recursos fitogenéticos: comprenden la diversidad vegetal cultivada que tiene un valor real o potencial en la seguridad alimentaria de la humanidad. Desde esta perspectiva, cada una de las especies que han presentado un proceso de domesticación, tanto a nivel local o mundial, asociando sus parientes silvestres, poseen un patrimonio genético invaluable.



Bibliografía

- Anca, P. (2009). Biotechnology for Endangered Plant Conservation: A Critical Overview. En *Romanian Biotechnological Letters* (Vol. 14, No. 1). Pp. 4095-4103.
- Azcón-Bieto, J., y Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal* (No. 581.1). McGraw-Hill Interamericana.
- Biodiversidad Mexicana. (2020). *¿Qué es la biodiversidad?* Consultado en: www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.
- Bonilla Morales, M. M., Mancipe Murillo, C., y Aguirre Morales, A. C. (2015). Conservación in vitro: una perspectiva para el manejo de los recursos fitogenéticos. En *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* (Vol. 6, No. 1).
- Cruz-Cruz, C. A., González-Arno, M. T., y Engelmann, F. (2013). *Biotechnology and Conservation of Plant Biodiversity*.
- Ferrer, M., Durán, R., Méndez, M., Dorantes, A., y Dzib, G. (2011). Dinámica poblacional de genets y ramets de *Mammillaria gaumeri* cactácea endémica de Yucatán. En *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (89), 83-105.
- Lynch, P. T. (2007). Tissue Culture techniques in *In vitro* plant conservation. En *Plant Conservation Biotechnology*.
- Monsalve Suárez, S. (2016). *The right to seeds and biological diversity*. Consultado en: www.fian.org/fileadmin/user_upload/droits_semences_UK_web.pdf