| PROGRAMA DE FORMACIÓN | Propagación masiva de material vegetal. |
| --- | --- |

| COMPETENCIA | 220202016-Endurecer vitroplantas de acuerdo con procedimiento técnico y normativa técnica. | RESULTADOS DE APRENDIZAJE | 220202016-3. Adaptar vitroplantas en invernadero o casa malla según protocolos establecidos por la especie.  220202016-4. Ajustar condiciones ambientales durante el endurecimiento de vitroplantas según protocolos. |
| --- | --- | --- | --- |

| NÚMERO DEL COMPONENTE FORMATIVO | 6 |
| --- | --- |
| NOMBRE DEL COMPONENTE FORMATIVO | Manejo apropiado de vitroplantas |
| BREVE DESCRIPCIÓN | Este componente formativo se encuentra integrado por temas asociados a la consolidación de las vitroplantas, en cuanto a los elementos necesarios para proporcionar las condiciones inmediatas que garanticen el establecimiento definitivo de los nuevos organismos generados mediante la micropropagación in vitro; esto significa el abordaje de situaciones y condiciones relacionadas con el tipo de sustratos de transición, los aspectos de sanidad y nutrición a considerar, así como la regulación del proceso de adaptación al entorno y las condiciones ambientales. |
| PALABRAS CLAVE | Endurecimiento, sustrato, sanidad vegetal, enraizamiento, aclimatación. |

| ÁREA OCUPACIONAL | 2 – CIENCIAS NATURALES, APLICADAS Y RELACIONADAS |
| --- | --- |
| IDIOMA | Español |

# **TABLA DE CONTENIDOS**

Introducción

1. Consolidación de vitroplantas

1.1. Sustratos para el endurecimiento vegetal.

1.2. Trasplantado de vitroplantas.

1.3. Adaptación vegetal.

1.4. Prendimiento vegetal.

1.5. Sanidad vegetal.

1.6. Selección y dosificación de agroinsumos.

1.7. Mecanismos de seguimiento al proceso.

2. Sostenimiento de condiciones para la consolidación.

2.1. Identificación de condiciones agroambientales.

2.2. Identificación de calidad del agua.

2.3. Funcionamiento y frecuencia del sistema de riego.

2.4. Gestión de residuos en el endurecimiento.

**INTRODUCCIÓN**

| Cuadro de texto |
| --- |
| Bienvenidos al sexto componente formativo del programa técnico en Propagación Masiva de Material Vegetal del SENA, denominado Manejo Apropiado de Vitroplantas, donde se profundizará en el concepto de endurecimiento de plántulas y la aclimatación necesaria para concluir la producción *in vitro* de material vegetal. Para comprender este conjunto de condiciones complejas, se abordan diferentes aspectos que proporcionan la posibilidad de aprender a definir el tipo de sustrato vegetal a ser utilizado para el proceso de endurecimiento, así como los procedimientos relacionados con el trasplantado de las vitroplantas y los condicionantes para la consolidación de las mismas, entre los que se destaca la necesidad de utilización de agroinsumos y una oportuna lectura del comportamiento progresivo de las plántulas; además de esto, se abordan también condiciones asociadas al uso del agua y la gestión de los residuos sólidos. Lo invitamos a iniciar este recorrido observando el video de introducción del componente formativo. |

**GUION DE VIDEO INTRODUCTORIO**

| **Tipo de recurso.** | Video spot animado | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Título** | Manejo apropiado de vitroplantas. | | | |
| **Escena** | **Imagen** | **Sonido** | **Narración (voz en off)** | **Texto** |
| **Escena 1** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    222116\_i1  Insertar en primer plano una bacterióloga que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i2  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**La propagación masiva de material vegetal aprovecha un conjunto de características propias de las plantas**”. | NA | **La propagación masiva de material vegetal aprovecha un conjunto de características propias de las plantas** que posibilitan su reproducción desde células y tejidos conservando genotipos altamente competitivos y, por lo tanto, de notable utilidad para la productividad agraria. El desarrollo de los procedimientos requeridos para lograr la micropropagación in vitro exige el cumplimiento estricto de protocolos de laboratorio que garanticen un conjunto de condiciones específicas y controladas para el desarrollo óptimo de las técnicas biotecnológicas implicadas. Estas condiciones pueden clasificarse de forma genérica, en ambientales, sanitarias y nutricionales. | Manejo apropiado de vitroplantas. |
| **Escena 2** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    222116\_i1  Insertar en primer plano una bacterióloga que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i2  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**Los procedimientos requeridos se agrupan en cinco fases**”. | NA | **Los procedimientos requeridos se agrupan en cinco fases** ampliamente conocidas que se centran en la preparación del material donante, introducción del mismo al escenario in vitro, la multiplicación propiamente dicha, el enraizamiento y, finalmente, la aclimatación. En esta última fase, se establece el límite entre el escenario con condiciones controladas y el escenario con condiciones no controladas donde sucede la culminación del proceso de micropropagación y tiene lugar en la salida al campo productivo de ejemplares aptos para el establecimiento. | Manejo apropiado de vitroplantas. |
| **Escena 3** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    222116\_i1  Insertar en primer plano una bacterióloga que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i2  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**Interpretación asertiva de las condiciones diferenciadas de las especies vegetales objeto de propagación**”. | NA | Alcanzar la categoría de ejemplar apto para el establecimiento, implica la **interpretación asertiva de las condiciones diferenciadas de las especies vegetales objeto de propagación**, así como de los mecanismos más oportunos para lograr la adaptación apropiada de los ejemplares a las condiciones del entorno, puesto que en condiciones de laboratorio es posible obtener numerosos productos promisorios resultado de la micropropagación, pero estos solamente se convierten en medida del éxito del procedimiento cuando consiguen adaptarse de manera funcional efectiva a los entornos productivos *ex vitro*, toda vez que las condiciones en las que se originan de ambientes con alta humedad relativa, baja intensidad lumínica, temperatura controlada, escaso intercambio gaseoso y la disponibilidad de medios nutritivos solo son la parte inicial del proceso y su refrendación tiene lugar en los campos abiertos e invernaderos de producción vegetal. | Manejo apropiado de vitroplantas. |
| **Escena 4** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    222116\_i1  Insertar en primer plano una bacterióloga que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i2  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**Condiciones propias para enfrentar los factores ambientales cambiantes y exigentes**”. | NA | El escenario materializado por el inicio de la propagación vinculado a las condiciones controladas de laboratorio, origina en las plántulas cambios morfológicos y fisiológicos que configuran la necesidad de dedicar una proporción importante del tiempo de cada ensayo, a la adaptación oportuna del material obtenido, en cuanto al desarrollo de las **condiciones propias para enfrentar los factores ambientales cambiantes y exigentes**, siendo las primeras semanas el momento crucial de esta fase, donde se determina cuáles son las plántulas que consiguen adaptarse a las nuevas condiciones de crecimiento. | Manejo apropiado de vitroplantas. |
| **Escena 5** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    222116\_i1  Insertar en primer plano una bacterióloga que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i2  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**Aprovechamiento oportuno de los recursos genéticos en concordancia con la riqueza biológica y agroecológica del país**”. | NA | Por tal motivo, el presente componente explora las características propias de este complejo ejercicio, brindando al participante la oportunidad de comprender las diversas etapas y condicionantes más relevantes relacionadas con los temas de consolidación de vitroplantas y el sostenimiento de las condiciones que la permiten, mientras se profundiza en diversos aspectos que pueden viabilizar la consecución de los objetivos de propagación para cada ensayo, construyendo una base de conocimiento y de gestión que posibilitan el **aprovechamiento oportuno de los recursos genéticos en concordancia con la riqueza biológica y agroecológica del país**. | Manejo apropiado de vitroplantas. |
| **Escena 6** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    222116\_i1  Insertar en primer plano una bacterióloga que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i2  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**Lo invitamos a explorar el contenido de este componente formativo Manejo apropiado de vitroplantas**”. | NA | **“Lo invitamos a explorar el contenido de este componente formativo Manejo apropiado de vitroplantas”.** | Manejo apropiado de vitroplantas. |
| **Nombre del archivo** | 222116\_v1 | | | |

**DESARROLLO DE CONTENIDOS**

1. **Consolidación de vitroplantas**

| **Tipo de recurso** | Slider Imagen | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | En este apartado lo relacionado con la consolidación del material vegetal, como una de las fases determinantes del proceso de producción *in vitro*. | |
| La consolidación del material vegetal es fundamental puesto que las plántulas obtenidas a través de esta técnica carecen de la fortaleza necesaria para la enfrentar las condiciones ambientales *ex vitro*, además de no contar con las características funcionales para obtener los nutrientes de un medio natural como es el suelo. | | **Imagen:** 222116\_i3 |
| En tal sentido, se hace indispensable generar las condiciones que induzcan en la plántula el desarrollo de las condiciones que le permitan establecerse como un organismo autótrofo, siendo esto el objetivo central en sí mismo, de manera que la plántula pueda adaptarse a los diferentes contextos productivos donde sea requerido el material vegetal para su establecimiento definitivo. | | **Imagen:** 222116\_i4 |
| La consolidación de vitroplantas aborda elementos asociados a los cuidados y manipulación necesaria de las plántulas para promover el proceso de adaptación y, de manera complementaria a esto, los elementos requeridos para la sanidad, nutrición y riego, así como el respectivo seguimiento que debe ser llevado a cabo. | | **Imagen:** 222116\_i5 |

* 1. **Sustratos para el endurecimiento vegetal**

| **Tipo de recurso** | Slider Hitos/ Línea de tiempo horizontal | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | En el proceso de consolidación de material vegetal se hace necesario reconocer las fases que la componen. | |
| **Fase de endurecimiento** | El endurecimiento es entendido como el proceso que consiste en la adaptación de las vitroplantas a las condiciones fisiológicas ambientales; este paso adaptativo es uno de los aspectos que revisten mayor importancia de la micropropagación de material vegetal, esto debido a la dificultad asociada a las características de las vitroplantas en cuanto a la aclimatación al sustrato sólido, espacio donde se evidencian las limitaciones o dificultades relacionadas la baja asimilación del dióxido de carbono, como resultante de las deficiencias en el funcionamiento de los estomas. Es por esta razón que el endurecimiento en general es establecido como un apartado crucial, puesto que es la fase de transición entre las condiciones de laboratorio y las condiciones reales cotidianas del contexto de producción definitiva de las plántulas obtenidas. | Químico realizando pruebas en plantas  **Imagen:** 222116\_i6 |
| **Fase de acondicionamiento - Parte 1** | El proceso de acondicionamiento se enfoca en la promoción de la capacidad de respuesta por parte la plántula, respecto a las exigencias del entorno tanto atmosférico como edáfico, por tal motivo, se presenta un énfasis en las condiciones fisiológicas, estructurales y anatómicas propias del material vegetal obtenido, material que, dicho sea de paso, se encuentra adaptado a las condiciones reguladas del ensayo *in vitro,* con luz artificial, medio de cultivo nutricionalmente balanceado, nivel bajo de intercambio gaseoso, nivel alto de humedad relativa y temperatura regulada. | Transpiración de las plantas  **Imagen:** 222116\_i7 |
| **Fase de acondicionamiento - Parte 2** | Este conjunto de condiciones, genera en la plántula un tipo de características acordes con la levedad manifiesta de dicho entorno de propagación, entre estas se resaltan, por su nivel de relevancia, la menor producción de cera en la superficie de las hojas, el incorrecto funcionamiento de estomas y del sistema radicular, características que ocasionan una mayor fragilidad frente a fenómenos de deshidratación que pueden derivar en la muerte del ejemplar; por lo tanto, no es viable exponer la plántula de manera directa e inmediata, a las condiciones naturales (luz solar, temperatura variable, necesidad de absorción tanto de nutrientes como agua desde el suelo), puesto que el resultado más probable será la mortalidad debido a la imposibilidad por parte de las plántulas para adaptarse en un periodo de tiempo definido por la inmediatez y gravedad de las exigencias asociadas, principalmente, a la alta transpiración vegetal. | **Imagen:** 222116\_i8 |
| **Proceso de endurecimiento** | El objetivo del endurecimiento es entonces el retorno al funcionamiento autotrófico y la recuperación de las condiciones normales morfológicas y fisiológicas. Se considera como “retorno” a dichas condiciones debido que el material vegetal originario proviene de un individuo donante que contaba con dichas capacidades; por tal motivo, como resultado de la morfogénesis y la diferenciación celular que permiten la conformación de los diferentes órganos vegetales, el nuevo individuo, bajo las condiciones apropiadas de adaptación, volverá a desarrollar los procesos físicos, químicos y biológicos requeridos para establecer este conjunto de dinámicas por cuenta propia, de manera que pueda enfrentar las condiciones naturales y sus variaciones, tal como una planta producida de forma convencional. | ORGANISMOS AUTÓTROFOS: qué son, características y ejemplos - ¡Resumen!  **Imagen:** 222116\_i9 |
| **Fase de generación del sistema radicular** | En la IV fase del proceso de micropropagación, se induce la generación del sistema radicular, | **Imagen:** 222116\_i10 |
| **Fase de aclimatación** | Se continúa con la V fase, correspondiente a la aclimatación, siendo este el último paso, que se presenta como el pináculo del ensayo, puesto que es donde se establece el logro de los objetivos productivos, en términos de cantidad y calidad del material obtenido. Esta aclimatación debe suceder de forma gradual, en aras de reducir el nivel de estrés asociado a los cambios propios de las condiciones de temperatura y humedad. Para realizar esto de la manera apropiada, se recurre a alguna de dos alternativas que permitan una transición en un ritmo compatible con las posibilidades adaptativas de las plántulas, siendo necesario, en ambos casos, primero la realización de trasplantado a sustrato sólido en contenedores tipo almaciguera. | **Imagen:** 222116\_i11 |

| **Tipo de recurso** | | Pestañas o tabs Verticales |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | | En concordancia con las fases anteriormente descritas se describen a continuación alternativas que guardan una notable similitud y su selección depende de las posibilidades logísticas y preferencias vigentes para cada ensayo. |
| Cultivo in vitro: Multiplicación, Reproducción de frutales.  **Imagen:** 222116\_i12 | | |
| **Primera alternativa** | **Instalación de una cámara húmeda** La primera de estas alternativas corresponde a la instalación de una cámara húmeda donde se ubiquen las plántulas objeto de aclimatación; esto consiste en la construcción de espacios cerrados por cortinas plásticas que garanticen el sostenimiento de condiciones de humedad y temperatura determinadas; con el paso de un tiempo prudencial, regularmente de dos semanas posteriores al trasplantado, se procede a ocasionar una reducción progresiva de la humedad alcanzada, mediante la contracción (hasta la mitad, en la semana dos y completamente, en la semana cuatro) de las cortinas. | |
| **Segunda alternativa** | **Generación de un recubrimiento de los contenedores** La segunda alternativa corresponde a un método más dispendioso, pues remite a la generación de un recubrimiento de los contenedores tipo almaciguera, con las plántulas ubicadas en ellos, mediante la utilización de plástico, de manera que se conserven las condiciones de humedad para cada bandeja de manera individual; en tal sentido, el proceso de adaptación progresiva a nuevas condiciones de humedad, se realiza a través de la generación de agujeros en el plástico, en aras de permitir un intercambio gaseoso con el entorno, intercambio que cada vez debe ser superior, realizando cada vez más agujeros en el plástico hasta que el mismo sea eliminado como barrera. | |

| **Tipo de recurso** | Slider Presentación | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | El sustrato a elegir para realizar este proceso adaptativo, es un aspecto también relevante y que debe responder a las características propias de las plántulas generadas *in vitro*, | |
| En tal sentido, debe ser un tipo de sustrato de estructura suelta y alta porosidad, donde se puede generar un tipo de mezcla (por citar algunos de los materiales de utilización más común), de turba y cascarilla de arroz. Estas características son necesarias para permitir el crecimiento y desarrollo oportuno del sistema radicular, de manera que se facilite el desarrollo de las funciones requeridas de las raíces para la consolidación de la plántula. | | **Imagen:** 222116\_i13 |
| Si bien se utiliza el referente de la turba y cascarilla de arroz para la mezcla del sustrato, esta puede ser distinta, toda vez que existen diferentes opciones que al final deben ser establecidas en concordancia con las características específicas del tipo de especie vegetal con la que se está trabajando. Por ejemplo, especies leñosas tipo forestales o frutales de hoja caduca, tienden a requerir sustratos más complejos y la respuesta puede ser más lenta que en especies herbáceas. | | **Imagen:** 222116\_i14 |

| **Tipo de recurso** | Tarjetas Avatar | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | En general, las características que se resaltan como las de mayor importancia para la selección y elaboración de sustratos para el endurecimiento, son las siguientes: | |
| **Estructura fina libre de agentes tóxicos**  Buscando reducir la hostilidad del medio para el desarrollo de las funciones naturales de la raíz. | | **Imagen:** 222116\_i15 |
| **Peso liviano y de condición porosa**  Siendo una condición requerida para posibilitar una apropiada movilidad de las raíces durante su crecimiento, así como un adecuado nivel de infiltración del agua y la posibilidad de intercambio gaseoso. | | **Imagen:** 222116\_i16 |
| **Asequibilidad económica**  Como condición fundamental, pues si bien pueden existir materiales óptimos, la toma de decisión debe partir de un adecuado balance de costo-beneficio, donde la actividad productiva resulte efectivamente productiva y rentable. | | Nota: Se sugiere cambiar los bombillos por plantas.  **Imagen:** 222116\_i17 |
| **Inercia**  Teniendo en cuenta la fragilidad manifiesta de la plántula, derivada de las condiciones controladas del medio de cultivo original, se debe propender por la no presencia de otros agentes biológicos que puedan generar competencia durante los primeros momentos de la consolidación. | | **Imagen:** 222116\_i18 |

| Cuadro de texto |
| --- |
| Entre las opciones de mezcla de componentes para la elaboración de sustrato, se encuentran los suelos minerales, compost y estiércol, con los que se puede obtener resultados positivos; sin embargo, pueden también generarse resultados adversos asociados a condiciones de sanidad y la complejidad en el manejo complejo. En términos de eficiencia demostrada, se identifican sustratos de amplia utilización para el establecimiento de vitroplantas, el suelo estéril, vermiculita, hojarasca, compost de corteza, entre otros.  SciELO - Brasil - ENRAIZAMIENTO DE VITROPLANTAS DE MEMBRILLO (<i>Cydonia  oblonga</i>) POR MEDIO DE INMERSIÓN TEMPORAL AUTOMATIZADA Y SU ACLIMATACIÓN  ENRAIZAMIENTO DE VITROPLANTAS DE MEMBRILLO (<i>Cydonia oblonga</i>) POR  MEDIO DE INMERSIÓN TEMPORAL  **Imagen:** 222116\_i19 |

* 1. **Trasplantado de vitroplantas**

| **Tipo de recurso** | Pestañas o tabs horizontales | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | Posterior a la selección del sustrato más apropiado para el endurecimiento del material propagado, es necesario realizar el trasplantado del mismo desde el medio de cultivo respectivo, al sustrato previamente organizado en contenedores tipo almaciguera, siendo un procedimiento que reviste un cuidadoso seguimiento de precauciones que permitan una manipulación apropiada de las frágiles plántulas. | |
| **Primer paso** | Para esto, debe generarse limpieza de las raíces de cada uno de los ejemplares y, seguidamente, realizar su siembra en el sustrato. | **Imagen:** 222116\_i20 |
| **Segundo paso** | Posteriormente, llevar a cabo el cubrimiento con plástico o traslado a la cámara húmeda, según sea el caso, de manera que se permita conservar las condiciones de humedad acordes con las exigencias de los individuos. | **Imagen:** 222116\_i21 |

| **Tipo de recurso** | Carrusel de tarjetas | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | El tipo de manejo que debe llevarse a cabo para lograr esta transición en el trasplantado, se destaca que debe ser gradual y progresivo evitando la generación de traumas, puesto que es el paso donde mayor porcentaje de pérdidas suele ocurrir; el procedimiento estándar, es el siguiente: | |
| **Imagen:** 222116\_i22 | | |
| Realizar cuidadoso lavado de raíces, buscando eliminar residuos del medio de cultivo, con una baja afectación a las débiles estructuras celulares presentes (pelos absorbentes). | | **Imagen:** 222116\_i23 |
| Desarrollar inmersión de las plántulas en solución auxínica de 0,1mg/L, en aras de promover el proceso de crecimiento y desarrollo del sistema radicular. | | **Imagen:** 222116\_i24 |
| Llevar a cabo siembra en sustrato previamente organizado, guardando las medidas de precaución respectivas en la manipulación de la raíz para no afectar sus diferentes partes por fricción o compresión indebida. | | **Imagen:** 222116\_i25 |

| Cuadro de texto con imagen |
| --- |
| De forma complementaria al trasplantado, debe realizarse riego frecuente en bajo volumen, buscando incrementar la humedad relativa y, de la misma forma, reducir la intensidad lumínica en las dos primeras semanas de endurecimiento. Finalmente, se han de transferir las plántulas al invernadero.  http://scielo.sld.cu/img/revistas/cag/v45n3/0253-5785-cag-45-03-32-gf1.png  **Imagen:** 222116\_i26 |

* 1. **Adaptación de material vegetal**

| **Tipo de recurso** | Slider Presentación | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | Una vez reconocido los elementos destacados en relación con el trasplantado de vitroplantas, se presenta en este apartado lo relacionado con la adaptación de material vegetal. | |
| La totalidad de la fase aclimatación es un proceso de adaptación, razón que origina que cada uno de los pasos o acciones que la integren, proporcionen elementos enfocados en alcanzar la meta de generación de capacidad autotrófica en las plantas obtenidas, como es el caso de la selección de sustrato y el mecanismo de trasplantado; desde dichos momentos, se empiezan a gestar, inducir y facilitar la transición de las plántulas, tal es el caso de la cobertura de plástico que permite el mantenimiento de las condiciones de humedad después del sembrado transitorio. | | **Imagen:** 222116\_i27 |
| Una vez transcurridos 15 días del trasplantado al sustrato, se debe iniciar el levantamiento del plástico en horarios concordantes con los momentos de menor calor, sea en horas del inicio de la mañana o horas de final de tarde, sometiendo las plántulas a las condiciones ambientales en invernadero durante periodos de 30 minutos en la primera semana, 60 minutos desde la segunda semana, la totalidad del día y tapadas en la noche desde cumplido el primer mes hasta el momento en el que las plántulas empiecen a generar hojas nuevas, momento en el que pueden dejarse destapadas de forma total y permanente (Suárez Padrón, 2020). | | ACLIMATACIÓN DE HÍBRIDOS INTRAESPECÍFICOS DE Vanilla planifolia Jacks. ex  Andrews, OBTENIDOS in vitro  **Imagen:** 222116\_i28 |
| Resulta pertinente resaltar que las vitroplantas tienden a enfrentar de una mejor manera la fase de aclimatación cuando hay utilización de micorrizas, pues la simbiosis que estas generan ocasionan un mejoramiento en los procesos de captación y asimilación de nutrientes como el fósforo (de baja movilidad en la plántula), reducción de estrés hídrico y mejoramiento de funcionamiento fotosintético y estomático, además de promover, en algunos casos, la defensa frente a organismos patógenos, incremento del desarrollo foliar y radicular, así como en cuanto a la producción de hormonas. | | **Imagen:** 222116\_i29 |

* 1. **Prendimiento vegetal**

| **Tipo de recurso** | Slider pasos | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | En relación con la adaptación de material vegetal presentada en el anterior apartado, vamos a reconocer algunas características del prendimiento vegetal. | |
| **Slide 1** | Tan pronto como se obtienen las plántulas, se realiza una clasificación donde se identifique la cantidad de las mismas que cumplen con los requerimientos de producción establecidos por el laboratorio; es importante definir esto para filtrar el número básico con las que se debe trabajar, de manera que no exceda las capacidades logísticas y operativas del lugar. El punto óptimo de esto se encuentra estrechamente relacionado con el sostenimiento de flujo de plántulas hacia la fase de endurecimiento que pueda cubrir la demanda de plantas en el mercado objeto y el mantenimiento de una base en producción *in vitro*. | **Imagen:** 222116\_i30 |
| **Slide 2** | Entendiendo la fase de aclimatación como el paso más crítico del proceso de micropropagación de material vegetal, debido a que gran parte de los ejemplares no logra superar esta desafiante transición del medio controlado al medio no controlado, es vital para el ejercicio productivo identificar el porcentaje de sobrevivencia logrado una vez concluida la actividad o lote procesado, generando la relación entre el material adaptado y el material sembrado inicialmente, siendo un dato de referencia para la estimación de costos y la posible toma de decisiones frente a la viabilidad de la especie, variedad, lote, entre otros. | **Imagen:** 222116\_i31 |

* 1. **Sanidad vegetal**

| **Tipo de recurso** | Acordeón tipo 1 |
| --- | --- |
| **Introducción** | Otro elemento a considerar en la consolidación de las vitroplantas se conoce como sanidad vegetal. |
| http://universidadagricola.com/wp-content/uploads/2018/01/cultivo-in-vitro-750x450.jpg  **Imagen:** 222116\_i32 | |
| Las posibilidades que ofrece la micropropagación *in vitro* en cuanto a la sanidad del material obtenido, reduce las posibilidades de presentar pérdidas por cuenta de la generación de patologías asociadas a las condiciones del material original o plantas donantes en cuanto a la presencia de virus. | |
| El cultivo de meristemos permite reducir notablemente dicha condición de amenaza incluso eliminarla en la mayoría de las especies objeto de propagación; sin embargo, esta posibilidad depende de la complejidad de los agentes patógenos y de la falta de certeza al respecto de ausencia de los mismos en el explante; por tal razón, es aconsejable complementar el uso de meristemos de forma combinada con tratamientos sanitarios como termoterapia, quimioterapia o crioterapia, en aras de incrementar el porcentaje de efectividad. | |
| En este punto, es necesario generar procedimientos de diagnóstico sanitario sobre el proceso de endurecimiento cuando sea necesario, pues diversos síntomas virales pueden confundirse con desórdenes de tipo fisiológico asociados a presencia de hongos y bacterias que también pueden afectar el producto final, incluso sobre la totalidad de la producción. | |
| Para el caso específico del diagnóstico de virus y viroides, las metodologías vigentes son derivadas de las desarrolladas en los campos de la medicina, disponiéndose de técnicas que recurren a la utilización de métodos biológicos, serológicos y moleculares, estas varían tanto en el grado de efectividad, como en la efectividad del diagnóstico (Suárez-Padrón, 2020). | |
| Los tratamientos sanitarios de termoterapia y crioterapia, pueden inactivar los agentes patógenos, sin afectar el crecimiento vegetal; mientras que la quimioterapia presenta algunas condiciones específicas asociadas a las sustancias utilizadas que pueden resultar fitotóxicas. | |

* 1. **Selección y dosificación de agroinsumos**

| **Tipo de recurso** | Slider Imagen | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | En el proceso de consolidación de vitroplantas se presenta en este apartado lo relacionado con la selección y dosificación de agroinsumos. | |
| Las plántulas en el proceso de endurecimiento, provienen de un medio de cultivo que suministraba las condiciones requeridas para el crecimiento y desarrollo del individuo, aunadas las condiciones ambientales requeridas y reguladas para facilitar su consolidación. | | **Imagen:** 222116\_i33 |
| Una vez concluida este proceso en la fase de enraizamiento, la plántula se encuentra con un panorama que presenta otro tipo de exigencias al pasar al sustrato de transición, donde ya debe empezar a generar otro tipo de dinámicas que garanticen su supervivencia. | | **Imagen:** 222116\_i34 |
| Teniendo en cuenta el nivel de estrés al que se somete la plántula durante esta transición, es necesario ajustar de manera apropiada la adición de insumos requeridos para el desarrollo de la planta, siendo uno de los principales riesgos la llegada de hongos que pueden generar afectación; en tal sentido, es posible realizar riego con solución fungicida para establecer un proceso preventivo de la colonización de este tipo de organismos oportunistas. | | **Imagen:** 222116\_i35 |
| En cuanto al proceso de fertilización, varía dependiendo de la especie vegetal; sin embargo, se establecen elementos comunes en cuanto al tiempo, señalando que las aplicaciones pueden iniciarse después de los 15 o 20 días del trasplantado, iniciando regularmente con fósforo para la promoción de la formación de raíces. | | **Imagen:** 222116\_i36 |

| **Tipo de recurso** | Infografía interactiva Punto caliente | |
| --- | --- | --- |
| **Texto introductorio** | En la medida que aumenta el tiempo y el crecimiento, se debe ajustar el uso de fertilizantes, así como establecer un protocolo para la prevención de posibles plagas. En la infografía se presenta un ejemplo de esquema nutricional para la fase de endurecimiento, en el caso de la micropropagación de palma de aceite: | |
| **Imagen**    Fuente: Sánchez-Rodriguez, Saavedra-Hortúa y Romero, 2012. | | |
| **Código de la imagen** | 222116\_i37 | |
| **Punto caliente 1** | **Intensidad (veces por semana)**: 2  **Dosis líquido:** 2 mL/L  **Dosis granulado:** 1 g/L | Al hacer clic en la expresión “3 y 4”. |
| **Punto caliente 2** | **Intensidad (veces por semana)**: 3  **Dosis líquido:** 4 mL/L  **Dosis granulado:** 3 g/L | Al hacer clic en la expresión “5 y 6”. |
| **Punto caliente 3** | **Intensidad (veces por semana)**: 3  **Dosis líquido:** 5 mL/L  **Dosis granulado:** 4 g/L | Al hacer clic en la expresión “7 y 8”. |
| **Punto caliente 4** | **Intensidad (veces por semana)**: 3  **Dosis líquido:** 6 mL/L  **Dosis granulado:** 5 g/L | Al hacer clic en la expresión “9 en adelante”. |

| Cuadro de texto con imagen |
| --- |
| En cuanto a la aplicación de insumos para la prevención de ataques de hongos, se utilizan regularmente dos o más ingredientes activos de forma alternada y en bajas concentraciones, buscando evitar generación de procesos de resistencia a un único tipo de insumo por parte de los agentes patógenos. Continuando con el ejemplo de la palma de aceite, se presenta la propuesta de Sánchez-Rodriguez, Saavedra-Hortúa y Romero (2012), que contiene Mancozeb, Metalaxil y Fosetil Aluminio, en dosis de 1g/L.    **Imagen:** 222116\_i38 |

* 1. **Mecanismos de seguimiento al proceso**

| **Tipo de recurso** | Slider Presentación | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | Para finalizar los elementos constitutivos de la consolidación de vitroplantas, se presenta en este apartado los mecanismos de seguimiento al proceso. | |
| El éxito del proceso de micropropagación *in vitro* de material vegetal, al tratarse de un conjunto de actividades que demanda precisión y conservación de condiciones controladas de cultivo, necesita del reconocimiento permanente del comportamiento de las diferentes variables que configuran el desarrollo de las diferentes prácticas del ensayo. | | **Imagen:** 222116\_i39 |
| Este seguimiento no concluye con la obtención de las plántulas que se logran propagar del material inicialmente obtenido, toda vez que ésta obtención solo se valida cuando este material vegetal es sometido a las condiciones *ex vitro* y logra una adaptación positiva a las condiciones ambientales y el desarrollo de su capacidad autotrófica. | | **Imagen:** 222116\_i40 |
| En tal sentido, es necesario establecer un registro oportuno de las diferentes variables que indican de manera progresiva, el desarrollo del endurecimiento o adaptación de las plántulas a las nuevas condiciones preámbulo del destino final del material obtenido. En este caso, la vigorosidad de las plantas se convierte en un aspecto indicador de valor determinante, puesto que desde la observación directa permite identificar las condiciones de respuesta en tiempo real. | | **Imagen:** 222116\_i41 |
| Entre las variables que se pueden referenciar o investigar en las vitroplantas para esta fase, se reconocen la altura, coloración, número de brotes, número de hojas, largo y ancho de hojas, número y longitud de entre nudos, diámetro del tallo, entre otras. | | **Imagen:** 222116\_i42 |

1. **Sostenimiento de condiciones para la consolidación**

| Cuadro de texto con imagen |
| --- |
| El segundo tema del componente formativo aborda las condiciones del entorno inmediato de la plántula que, asumidas de forma apropiada puede permitir la consolidación de la misma, pero también, alguna falencia en relacionada, puede significar el fracaso en la posibilidad de endurecimiento del material vegetal obtenido. Entre estos apartados se destacan como los de mayor relevancia, la identificación de las condiciones agroambientales, siendo un elemento imperativo en esta fase, puesto que es el referente respecto al cual la plántula debe definir su respuesta; una condición similar se establece con los demás apartados del tema, específicamente con la relación de la planta con el agua y, de igual forma, con la gestión de residuos de la fase. Para iniciar lo invitamos a observar a continuación un video relacionado con la aclimatación como fase crítica del procedimiento.    **Imagen:** 222116\_i43 |

| **Tipo de recurso.** | Video spot animado | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Título** | La aclimatación como fase crítica del procedimiento. | | | |
| **Escena** | **Imagen** | **Sonido** | **Narración (voz en off)** | **Texto** |
| **Escena 1** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    Nota. Se recomienda eliminar de la imagen el recipiente de vidrio con líquido verde (matraz)  222116\_i44  Insertar en primer plano un bacteriólogo que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i45  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**Las plántulas emergentes se encuentran bajo condiciones ambientales controladas que implican una alta humedad relativa**”. | NA | El proceso de aclimatación de plántulas de condiciones *in vitro* a condiciones *ex vitro*, es considerado como el periodo más crítico en la micropropagación de material vegetal, esto debido a que durante el cultivo *in vitro* **las plántulas emergentes se encuentran bajo condiciones ambientales controladas que implican una alta humedad relativa**, que puede ubicarse entre el 85% y hasta el 100%, donde además es generalmente bajo el nivel de irradiación mediante luz artificial y se presenta una notable carencia de CO2, pero se compensa con la presencia de fuentes de carbono y reguladores del crecimiento en el medio de cultivo específicamente generado para el desarrollo del material. | La aclimatación como fase crítica del procedimiento. |
| **Escena 2** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    Nota. Se recomienda eliminar de la imagen el recipiente de vidrio con líquido verde (matraz)  222116\_i44  Insertar en primer plano un bacteriólogo que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i45  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**Las condiciones sanitarias son estrictamente vigiladas**”. | NA | En este mismo sentido, **las condiciones sanitarias son estrictamente vigiladas**, previniendo la posible llegada y proliferación de microorganismos que puedan llegar a afectar negativamente el crecimiento y desarrollo de las plántulas. La ocurrencia de este tipo de condiciones sucede por cuenta de la necesidad de regular el grado de exposición frente a los fenómenos ambientales, debido a que el sometimiento de los explantes a las condiciones naturales ocasionaría un grado de estrés insoportable para el ensayo y derivaría en el fracaso de cualquier experimento desarrollado. | La aclimatación como fase crítica del procedimiento. |
| **Escena 3** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    Nota. Se recomienda eliminar de la imagen el recipiente de vidrio con líquido verde (matraz)  222116\_i44  Insertar en primer plano un bacteriólogo que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i45  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**Las raíces de las vitroplantas altamente vulnerables al daño físico**”. | NA | La promoción de estas condiciones artificiales, inducen a la planta al desarrollo tanto de una estructura, como de una fisiología que difieren de las obtenidas por métodos convencionales; un ejemplo de esto se encuentra en el sistema radicular, siendo **las raíces de las vitroplantas altamente vulnerables al daño físico**. También se puede referenciar como ejemplo la tasa de fotosíntesis que es comparativamente baja frente a la de las plantas *ex vitro* y la relativa baja funcionalidad comparada de su aparato estomatal, además de la presencia de cambios en tamaño, forma y densidad de estomas. | La aclimatación como fase crítica del procedimiento. |
| **Escena 4** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    Nota. Se recomienda eliminar de la imagen el recipiente de vidrio con líquido verde (matraz)  222116\_i44  Insertar en primer plano un bacteriólogo que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i45  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**Las vitroplantas cuentan con pocas probabilidades de adaptarse al ambiente exterior del laboratorio**”. | NA | Con este conjunto de características, **las vitroplantas cuentan con pocas probabilidades de adaptarse al ambiente exterior del laboratorio** donde se encuentra una humedad relativa es inferior, además de altamente variable, que puede ubicarse en escalas de cambio entre 30% y 80%, dependiendo de la hora del día y de la temporada del año, donde además el sustrato que se encuentra es áspero y con cuenta con las fuentes de carbono del medio de cultivo al cual se encuentran adecuadas. | La aclimatación como fase crítica del procedimiento. |
| **Escena 5** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    Nota. Se recomienda eliminar de la imagen el recipiente de vidrio con líquido verde (matraz)  222116\_i44  Insertar en primer plano un bacteriólogo que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i45  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**Adaptación gradual y progresiva a las condiciones *ex vitro***”. | NA | Por este motivo, es indispensable establecer una **adaptación gradual y progresiva a las condiciones *ex vitro***, puesto que experimentar un cambio tan drástico en las condiciones ambientales, puede desencadenar en la muerte de las plantas, por causas asociadas principalmente a la elevada tasa de transpiración y la ausencia de una fuente de carbono, además del daño mecánico que el sustrato agreste ocasiona en las raíces. | La aclimatación como fase crítica del procedimiento. |
| **Escena 6** | Incluir la siguiente imagen de fondo.    Nota. Se recomienda eliminar de la imagen el recipiente de vidrio con líquido verde (matraz)  222116\_i44  Insertar en primer plano un bacteriólogo que vaya teniendo movimiento y en lo posible narrando el texto citado.    222116\_i45  Destacar algunas frases del texto. Se sugiere que vayan apareciendo, se aumente el tamaño y desaparezcan.  “**De una aclimatación apropiada de las plántulas depende el éxito o fracaso de la micropropagación**”. | NA | A partir de este conjunto de consideraciones, se puede concluir que **de una aclimatación apropiada de las plántulas depende el éxito o fracaso de la micropropagación**, puesto que es este filtro la prueba de fuego para el material vegetal obtenido que puede funcionar muy bien bajo condiciones controladas de laboratorio, pero que sí no trasciende hasta el campo exterior, no estaría alcanzando la finalidad última de la tecnología. | La aclimatación como fase crítica del procedimiento. |
| **Nombre del archivo** | 222116\_v2 | | | |

* 1. **Identificación de condiciones agroambientales**

| **Tipo de recurso** | Slider Imagen | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | El proceso de endurecimiento del material vegetal se reconoce como parte fundamental del proceso de micropropagación *in vitro*, debido a que es el punto en el que finalmente se reconoce el resultado definitivo del ensayo, donde las plántulas se presentan listas en términos fisiológicos, estructurales y anatómicos para ser utilizadas con fines productivos fuera de un contexto de laboratorio. | |
| Si bien la plántula establece nuevas condiciones de captura de nutrientes y distribución de los mismos a lo largo de su estructura, también debe responder a las condiciones del ambiente que serán diferentes a las condiciones controladas a las que se encontraba habituada y, además, serán cambiantes, ocasionando episodios de estrés que pueden ser determinantes para la supervivencia de la plántula. El logro de superación de este capítulo de redefinición del comportamiento mismo del ejemplar, se configura como la “prueba de fuego” del ejercicio en general. | | Cultivo de Plantas  **Imagen:** 222116\_i46 |
| Esta aclimatación, que es específicamente el nombre que recibe la última fase del proceso de micropropagación *in vitro*, permite a la planta alcanzar un crecimiento y desarrollo bajo condiciones de menor humedad relativa, una intensidad de luz superior, en un sustrato si bien séptico, diferente al sustrato proporcionado por el medio de cultivo y, por lo tanto, también exigente en términos de adaptación. | | **Imagen:** 222116\_i47 |
| Esta aclimatación, debe ajustarse en la medida de las exigencias encontradas en el proceso mediante la observación; en otras palabras, no se cuenta una fórmula constante que permita obtener invariablemente el resultado esperado, puesto que es una fase que justamente se concentra en el desarrollo de condiciones por parte de la plántula para poder responder a las exigencias propias de un panorama marcado por la variabilidad. | | **Imagen:** 222116\_i48 |
| Partiendo de este principio, puede asumirse como un estadio de promoción de cierta tolerancia y superación de las adversidades, de una forma similar a como lo realizan las plantas obtenidas mediante procesos de reproducción convencional sexual o asexual que, en múltiples sentidos, cuentan con la capacidad de enfrentar los escenarios ambientales y sanitarios cambiantes y exigentes, logrando salir airosos en proporciones dominantes. | | **Imagen:** 222116\_i49 |

| **Tipo de recurso** | Infografía interactiva Modal | |
| --- | --- | --- |
| **Texto introductorio** | Esta condición, hace que sea necesario comprender e interpretar las condiciones agroambientales que deben mantenerse, hasta el momento en el que es posible controlarlas y, la respuesta que debe inducirse a las mismas, en lo que respecta a las plántulas. Por esta razón, el horizonte avizorado para la promoción de esto, propone: | |
| **Imagen** | | |
| **Código de la imagen** | 222116\_i50 | |
| **Punto modal 1** | En las primeras dos semanas de la fase de aclimatación o periodo de tiempo inmediatamente posterior al trasplante, debe controlarse las condiciones ambientales, de manera que se aproxime lo máximo posible a las condiciones que se presentaban *in vitro* | Al hacer clic en el reloj. |
| **Punto modal 2** | Lo anterior en aras de reducir al mínimo el exceso de transpiración, mientras se establecen los elementos para conservación de una elevada humedad relativa (cercana al 100%) que permita el desarrollo adecuado de estomas y cutícula, siendo el lugar propicio para la generación de este microclima, la cámara húmeda, permitiendo una temperatura de 12 ± 2ºC. | Al hacer clic en el termómetro. |
| **Punto modal 3** | En caso de no contar con la cámara húmeda, el recubrimiento con plástico de los recipientes en los cuales se ha procedido a generar el sembrado de las plántulas, presenta la misma funcionalidad (con niveles de mano de obra superiores), pero dichos plásticos deben perforarse paulatinamente, hasta quedar eliminados en un periodo de 10 a 15 días. | Al hacer clic en las tijeras. |
| **Punto modal 4** | Luego de esta primera etapa, las plántulas deben ser trasladas al exterior de la cámara húmeda o integradas al invernadero (dependiendo del método desarrollado), donde la humedad relativa puede ubicarse entre el 40% y 60%, sombra al 70% y el riego a capacidad de campo, estimándose una duración en esta etapa de hasta 30 días. | Al hacer clic en la planta que está fuera de la cámara. |

* 1. **Identificación de calidad del agua**

| **Tipo de recurso** | Slider Hitos/ Línea de tiempo horizontal | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | El agua es un factor fundamental para la vida; en el mundo vegetal esto no es una excepción y, específicamente en la fase de aclimatación. | |
| **Condiciones de calidad del agua** | Lo relacionado con el agua es uno de los aspectos más neurálgicos para el logro del establecimiento de las plántulas, debido a la situación de estrés que atraviesan los ejemplares al ser sometidos al cambio de condiciones *in vitro* a condiciones *ex vitro*. El tema es relevante en varios sentidos, entre los que se destacan la necesidad de retención de humedad por parte de las plántulas generadas que sufren deficiencias en este respecto, por otro lado, la necesidad de disminuir la probabilidad de afectación accidental con microorganismos a la raíz en el proceso de lavado de los residuos de medio de cultivo y, finalmente, el suministro de riego a las plántulas sembradas en el sustrato transitorio. | Plantas vasculares | CK-12 Foundation  **Imagen:** 222116\_i51 |
| **Condiciones de calidad del agua** | En todos los casos, las condiciones de calidad del agua son diferenciadas, esto se debe a que las exigencias y situaciones son también diferenciadas. Para las situaciones relacionadas con la retención de humedad por parte de la planta, es realmente un aspecto que se vincula directamente con las condiciones de la plántula y la posibilidad de generar absorción desde las raíces para el desarrollo vegetal, siendo necesario garantizar la disponibilidad de agua de riego con moderados contenidos de sales, pues excesos en los niveles de estas pueden llegar a afectar el desarrollo de la planta en estructurales y definitivos (Montes-Cruz *et al*, 2016). | **Imagen:** 222116\_i52 |
| **Condiciones de calidad del agua** | En cuanto a la calidad del agua utilizada para realizar limpieza de la raíz al iniciar con el proceso de endurecimiento, es necesario contar con un tipo de agua higienizada, donde no se encuentren microorganismos que podrían llegar a afectar gravemente la plántula al ingresar por el frágil sistema radicular que es sometido a fricción para extraer los residuos propios del medio de cultivo. En este sentido, es fundamental utilizar agua destilada para llevar a cabo esta actividad de forma segura, reduciendo el riesgo probable de afectación microbiana al material vegetal obtenido. | 20211018web-agua-destilada-out-jpg-jpg  **Imagen:** 222116\_i53 |

* 1. **Funcionamiento y frecuencia del sistema de riego**

| **Tipo de recurso** | Slider Presentación | |
| --- | --- | --- |
| **Introducción** | Una vez identificadas las condiciones de calidad del agua, veamos ahora el funcionamiento y frecuencia del sistema de riego. | |
| El suministro de agua a las plántulas en consolidación es un elemento crucial para posibilitar el desarrollo óptimo del proceso de aclimatación al medio *ex vitro*. Siendo fundamental la generación de una adecuada hidratación de la plántula para su supervivencia, debe proporcionarse en el entorno productivo del laboratorio y del invernadero, un suministro de agua apropiado para la fase de transición que representa el paso del medio de cultivo al sustrato de siembra, panorama en el que se cuenta con diferentes necesidades y alternativas, dependiendo de las características de las especies a propagar y del tipo de establecimiento productivo que sirve como escenario del ensayo. | | **Imagen:** 222116\_i54 |
| Para los casos donde se presenta la posibilidad de contar cámara húmeda para el desarrollo de la etapa de transición, se recomienda la aplicación del sistema de riego por medio de nebulización; en casos más rudimentarios, aplicar el riego mediante aspersión con pulverizadora manual. En todo caso, debe garantizarse un control sobre el nivel de humedad en los recipientes tipo almacigueras, a partir del mantenimiento de un ambiente húmedo a nivel del sustrato. En cualquier caso, es necesario identificar las condiciones específicas del tipo de humedad tolerable por la especie propagada, pues excesos de agua en especies que no lo toleren, pueden derivar en la afectación grave al material. | | Fog system o Riego por nebulización  **Imagen:** 222116\_i55 |
| En concordancia con los requerimientos particulares de cada especie y las diferentes etapas de aclimatación del material vegetal, se determina el volumen de agua y frecuencia de riego durante las semanas siguientes que corresponden a la etapa de adaptación a las condiciones de invernadero donde se encuentran a plena exposición las plántulas. El planteamiento estándar indica la realización al menos un riego cada 24 horas; para aquellas especies con bajo requerimiento hídrico, se debe focalizar el riego sobre los ejemplares con mayor necesidad, pues excesos de agua pueden ocasionar la aparición de hongos, así como pudrición de raíces. | | **Imagen:** 222116\_i56 |

* 1. **Gestión de residuos en el endurecimiento**

| **Tipo de recurso** | Acordeón tipo 2 |
| --- | --- |
| **Introducción** | Para finalizar este apartado vamos a reconocer lo relacionado con la gestión de residuos en el endurecimiento. |
| http://scielo.senescyt.gob.ec/img/revistas/lgr/v31n1/1390-3799-lgr-31-01-00061-gf5.png  **Imagen:** 222116\_i57 | |
| **Protocolos en el manejo de residuos**  En términos de establecimiento del laboratorio y de la práctica asociada a la micropropagación de material vegetal *in vitro*, se establecen inicialmente protocolos en lo relacionado con el manejo de residuos que si bien incluyen la totalidad del proceso, es necesario realizar una diferenciación de la fase específica de la aclimatación, debido a que se trata de uno de los momentos más álgidos de la totalidad del ejercicio, pues implica la realización de algunas actividades donde se encuentra en vulnerabilidad manifiesta el frágil material obtenido frente a amenazas siempre latentes en contextos productivos de este tipo y que pueden comprometer el logro del objetivo *ad portas* de su consecución. | |
| **Tipos de residuos**  Entre los residuos generados en esta fase se resaltan los asociados con los medios de cultivo que permitieron el desarrollo inicial de las plántulas. Este tipo compuestos, rico en nutrientes y humedad, puede convertirse en un peligroso foco de contaminación por hongos y bacterias, incluso como atrayente eventual de insectos que arriben en busca de sus contenidos de azúcares y de paso, traer consigo una carga de posibles agentes patógenos que pueden afectar la endeble integridad de los jóvenes ejemplares en desarrollo; por tal motivo, es fundamental la generación de los posibles residuos en el sistema radicular previo al trasplante, pero también la eliminación de los volúmenes residuales presentes en los recipientes de micropropagación, así como la limpieza y desinfección de superficies e instrumentos utilizados durante la manipulación del material. | |
| **Eliminación de ejemplares muertos**  Otro elemento relevante en este campo, es el relacionado con la eliminación de los ejemplares muertos, esto es importante debido a que es la aclimatación es la fase más crítica del proceso de micropropagación y, por tanto, se presentan tasas variables de mortalidad como condición inherente al ejercicio. | |
| **Propagación de contaminantes**  Teniendo en cuenta que se trata de un procedimiento que requiere de ciertos estándares de asepsia, la presencia de plántulas y/o tejidos descartados en el escenario productivo, se convierte en posible foco de propagación de contaminantes que también pueden afectar negativamente al resto de material vegetal en crecimiento y desarrollo debido a su fragilidad; por lo tanto, deben establecerse rutas concretas de evacuación y disposición segura de dichos residuos. | |

**SÍNTESIS**

| **Tipo de recurso** | Síntesis |
| --- | --- |
| Propagación masiva de material vegetal. Síntesis: Manejo apropiado de vitroplantas. | |
| **Introducción** | El endurecimiento del material vegetal obtenido se presenta como una etapa fundamental del proceso de aclimatación requerido para finalizar el ejercicio de micropropagación *in vitro*, siendo el pináculo del experimento que determina el logro de los objetivos del ensayo y que implica una compleja red de situaciones que se enfocan tanto en el fortalecimiento y promoción de ciertas dinámicas en la plántula, como en la interpretación apropiada de las condiciones del entorno a las que debe adaptarse la misma. |
|  | |

| Cuadro de texto |
| --- |
| Hemos llegado al final de este componente formativo. Recuerde explorar los demás recursos que se encuentran disponibles, para ello diríjase al menú principal en donde encontrará la síntesis, la actividad didáctica, material complementario, entre otros. |

**ACTIVIDAD INTERACTIVA**

| **Tipo de recurso** | Actividad didáctica. Verdadero y falso | |
| --- | --- | --- |
| Luego de concluir el desarrollo del componente formativo 6, resulta necesario realizar un proceso de evaluación que proporcione un indicio del conocimiento adquirido por parte del aprendiz. En este sentido, se establece la siguiente actividad de “Verdadero y Falso” para generar un balance de la comprensión de los contenidos abordados. | | **Imagen:** 222116\_i58 |
| 1. El endurecimiento es el proceso de adaptación de las vitroplantas a las condiciones fisiológicas ambientales. | | **Imagen:** 222116\_i59 |
| **Verdadero (correcto)** | | **Falso** |
| 1. El funcionamiento de estomas en vitroplantas al llegar a la fase de aclimatación es igual que en plantas obtenidas en condiciones convencionales. | | **Imagen:** 222116\_i60 |
| **Verdadero** | | **Falso (correcto)** |
| 1. El objetivo del endurecimiento es entonces el retorno al funcionamiento autotrófico y la recuperación de las condiciones normales morfológicas y fisiológicas. | | **Imagen:** 222116\_i61 |
| **Verdadero (correcto)** | | **Falso** |
| 1. El sustrato de trasplante debe ser un tipo presentar una estructura suelta y alta porosidad. | | **Imagen:** 222116\_i62 |
| **Verdadero (correcto)** | | **Falso** |
| 1. El trasplante al sustrato puede ser realizado de forma directa sin realizar procesos de lavado de raíces. | | **Imagen:** 222116\_i63 |
| **Verdadero** | | **Falso (correcto)** |
| 1. En el proceso de adaptación de las vitroplantas la utilización de micorrizas puede resultar benéfica. | | **Imagen:** 222116\_i64 |
| **Verdadero (correcto)** | | **Falso** |
| 1. Resulta recomendable complementar el uso de meristemos con tratamientos sanitarios como termoterapia, quimioterapia o crioterapia. | | **Imagen:** 222116\_i65 |
| **Verdadero (correcto)** | | **Falso** |
| 1. Uno de los principales riesgos de afectación a las jóvenes plántulas son los hongos. | | **Imagen:** 222116\_i66 |
| **Verdadero (correcto)** | | **Falso** |
| 1. Inmediatamente se logra el enraizamiento de las plántulas, se pueden instalar en invernadero y exponerse a las condiciones ambientales variables del entorno. | | **Imagen:** 222116\_i67 |
| **Verdadero** | | **Falso (correcto)** |
| 1. El riego no es necesario durante la fase de adaptación de las vitroplantas. | | **Imagen:** 222116\_i68 |
| **Verdadero** | | **Falso (correcto)** |

**Retroalimentación de actividad pregunta por pregunta:**

1. Verdadero: el endurecimiento corresponde al proceso de acondicionamiento de las plántulas a las condiciones naturales desde la promoción del desarrollo de su capacidad autotrófica.
2. Falso: una plántula recién llegada al proceso de adaptación evidencia múltiples falencias en términos de funcionamiento, siendo el comportamiento de estomas uno de los aspectos más críticos, ya que su condición anómala puede significar una deshidratación del organismo.
3. Verdadero: el objetivo es lograr inducir un comportamiento adecuado y autónomo del ejemplar que permita su crecimiento y desarrollo en contextos *ex vitro*.
4. Verdadero: solo un sustrato con condiciones de porosidad puede permitir el crecimiento y desarrollo oportuno de raíces.
5. Falso: es indispensable realizar un lavado oportuno de las raíces, puesto que residuos del medio de cultivo pueden convertirse en focos de contaminación y propagación de agentes patógenos.
6. Verdadero: la presencia de micorrizas puede originar un tipo de simbiosis que facilita y promueve el mejor funcionamiento de diferentes sistemas de la plántula.
7. Verdadero: frente a la complejidad de algunos, el cultivo de meristemos puede resultar insuficiente para asegurar la sanidad de la planta.
8. Verdadero: las condiciones de humedad facilitan la llegada de hongos que pueden afectar el desarrollo de las plántulas, razón por la cual hay que realizar aplicaciones preventivas de fungicidas.
9. Falso: la adaptación debe ser progresiva; durante las primeras dos semanas del proceso de aclimatación, deben garantizarse condiciones ambientales aproximadas a las condiciones presentadas *in vitro*, pues una exposición abrupta puede estresar las plántulas hasta generar colapso sistémico.
10. Falso: es fundamental el agua para posibilitar la adaptación de las plántulas al medio, siendo necesario durante las primeras semanas el riego mediante nebulizador o aspersión con pulverizadora manual.

**Retroalimentación final de la actividad:**

Esperamos que el desarrollo de estas preguntas cumpla con el cometido de proporcionar al aprendiz la oportunidad de realizar un balance personal de su proceso de comprensión de los contenidos desarrollados y el manejo de la temática en cuestión.

**MATERIAL COMPLEMENTARIO**

| Tipo de recurso | Material complementario | | |
| --- | --- | --- | --- |
| Tema | Referencia APA del material | tipo | Enlace |
| Consolidación de vitroplantas | Ramos-Amaya, JE. (2012). Avances de la micropropagación in vitro de plantas leñosas. Proyecto de grado especialización en Biotecnología Agraria, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. | Proyecto de grado (especialización) | <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2515/17127974.pdf;jsessionid=F81E99C24EF92EFB56FB2197A6D90B67.jvm1?sequence=1> |
| Prácticas aclimatación | Cruz-Pizarro, F. (2012). Micropropagación (manual de prácticas). Universidad Nacional Autónoma de México. | Manual | <http://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/micropropagacion_manualprac.pdf> |
| Protocolos propagación algunas especies | Cárdenas, A. Espinoza, R. (2014). Guía Práctica de Cultivo In Vitro de Especies Vegetales. Universidad Politécnica Salesiana. | Guía | <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9611/1/UPS-QT07914.pdf> |
| Trasplantado | Escobar, RH. Caicedo, E. Muñoz, L. Ríos, A. Azcárate, A. Dorado, C. Tohme, J. (2012). El cultivo in vitro: otra manera de propagar yuca. ISNB-978-958-694-111-2. | Guía | <http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/el_cultivo_in_vitro_otra_manera_propagar_yuca.pdf> |
| Trasplante y aclimatación | Cruz, B. (2018). Aclimatación de cultivo *in vitro* a *ex vitro.* | Video | <https://www.youtube.com/watch?v=-TocB5Mchy8> |

**GLOSARIO**

| **Tipo de recurso** | Glosario |
| --- | --- |
| Almaciguera: | Recipiente de sembrado temporal donde se dota a la semilla o plántula de las condiciones óptimas para el proceso de crecimiento inicial que antecede a la siembra definitiva de la planta. |
| Auxina: | hormonas que participan durante todo el ciclo de vida de las plantas y son particularmente interesantes ya que se distribuyen diferencialmente dentro de los tejidos lo que da lugar a diferentes procesos morfogenéticos. |
| Compost: | fertilizante compuesto de residuos orgánicos (desechos domésticos, hierbas, deyecciones animales, etc.), tierra y cal. |
| Crioterapia: | método curativo de algunas enfermedades que se fundamenta en la utilización del frío o las bajas temperaturas. |
| *Ex vitro*: | Fuera del vidrio; en el contexto de la micropropagación *in vitro*, refiere al sometimiento a condiciones ambientales y sanitarias no controladas |
| Fitoxicidad: | término que se emplea para describir el grado de efecto tóxico producido por un compuesto sobre el crecimiento de las plantas. |
| Micorrizas: | asociaciones simbióticas entre hongos y raíces de las plantas vasculares. |
| Quimioterapia: | Método curativo de algunas enfermedades que consiste en la aplicación de sustancias químicas al organismo. |
| Termoterapia: | método curativo de algunas enfermedades que se fundamenta en la aplicación de calor sobre la parte enferma. |
| Vermiculita: | sustancia mineral de la familia de la roca mica que, bajo la acción de calor, se deshidrata y toma volumen mayor y aspecto similar al de una masa de gusanos, siendo usado como aislante o absorbente. |

**REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS**

| **Tipo de recurso** | Bibliografía |
| --- | --- |
| Montes-Cruz, S. Lalama-Aguirre, JM. Echeverría-Félix, JM. Salzar-Torres, SM. (2016). Factores bióticos y abióticos en la aclimatación de las vitroplantas en invernadero. En: Dominio de las Ciencias (2) pp. 63-89. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5761558> | |
| Roca, WM. Mroginski, LA. (1993). Cultivo de tejidos en la agricultura. ISNB-958-9183-15-8. Disponible en: <http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Cultivo_de_tejidos_en_la_agricultura.pdf> | |
| Sánchez-Rodríguez, LA. Saavedra-Hortúa, D. Romero, HM. (2012). Aclimatación y endurecimiento de materiales de palma de aceite obtenidos mediante técnicas de cultivo de tejidos vegetales. En: Palmas (33) (4) pp.41-52. Disponible en: <https://docplayer.es/41760216-Aclimatacion-y-endurecimiento-de-materiales-de-palma-de-aceite-obtenidos-mediante-tecnicas-de-cultivo-de-tejidos-vegetales.html> | |
| Suárez-Padrón, I (2020). Cultivo de tejidos vegetales. ISNB-978-958-5104-09-9. Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/2553#:~:text=El%20cultivo%20de%20tejidos%20vegetales,agr%C3%ADcola%20y%20la%20investigaci%C3%B3n%20vegetal>. | |