

Bioseguridad II: riesgo en utilización confinada

Aranzazu Gómez Garay¹. Lucía Roda Ghisleri². Beatriz Pintos López¹.

¹ Facultad de CC Biológicas. Dto. De Biología Vegetal I: Fisiología Vegetal
C/ José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid.

² Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Pza. San Juan de la Cruz s/n.
magom02@bio.ucm.es

Resumen: Eliminar o minimizar el riesgo para la salud humana o el medio ambiente que tiene como origen el cultivo, almacenaje, empleo, transporte, destrucción o eliminación de organismos modificados genéticamente en condiciones de confinamiento, es uno de los objetivos de la bioseguridad. Para alcanzar este objetivo se deben abarcar diferentes aspectos como son el diseño de las instalaciones, los equipos, la formación y protección del personal, normas de trabajo, gestión de residuos y otras que deben adaptarse al grado de confinamiento necesario. Este grado de confinamiento tiene en consideración los efectos potencialmente nocivos del organismo utilizado, las características propias de la actividad (volumen, concentración, generación de aerosoles, etc.) y las características del medio ambiente circundante a la instalación. Un caso articular de las plantas modificadas genéticamente son los invernaderos y semilleros de utilización confinada con requisitos específicos, dada su naturaleza, difiriendo de las instalaciones en general y de los invernaderos convencionales.

Palabras clave: Gestión de riesgo. Confinamiento. Efectos nocivos. Normas de trabajo. Nivel de Bioseguridad. Invernaderos.

INTRODUCCIÓN

La evaluación del riesgo es “el proceso por el que se obtienen datos cuantitativos y cualitativos de los niveles de riesgo, incluyendo una estimación de los posibles efectos para la salud, así como el grado de incertidumbre de esas estimaciones” (FIKSEL y COVELLO, 1986). La aplicación de este proceso al caso de los organismos modificados genéticamente se hace “caso por caso” y se extiende a todas las etapas, desde la realización de la propia modificación hasta más allá de su comercialización en lo que se denomina un sistema “paso a paso”.

De este modo, el objetivo general de la evaluación y gestión del riesgo asociado a las plantas y alimentos modificados genéticamente es: identificar y evaluar los posibles efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente, que puedan derivarse de las actividades de utilización confinada, liberación voluntaria o de la comercialización de los organismos modificados genéticamente.

En concreto, el uso confinado se refiere a cualquier actividad por la que se modifique el material genético de un organismo o por la que éste, así modificado, se cultive, almacene, emplee, transporte, destruya o elimine, siempre que en la realización de estas actividades se utilicen medidas de confinamiento, con el fin de limitar su contacto con la población y el medio ambiente (Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente).

La evaluación del riesgo de actividades de utilización confinada de organismos modificados genéticamente está regulada por legislación europea, de ámbito nacional, e incluso, por algunas comunidades autónomas.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGO EN UTILIZACIÓN CONFINADA

Identificación de las propiedades potencialmente nocivas del organismo modificado genéticamente

La primera de las etapas del procedimiento de evaluación de riesgo de las actividades de utilización confinada es la identificación de las propiedades potencialmente nocivas del organismo modificado genéticamente. Los siguientes efectos deberán considerarse potencialmente nocivos:

- Enfermedades que afecten a las personas, incluidos los efectos alérgicos o tóxicos.
- Enfermedades que afecten a los animales o a los vegetales.
- Efectos deletéreos debidos a la imposibilidad de tratar una enfermedad o de realizar una profilaxis eficaz.
- Efectos deletéreos debidos al establecimiento o a la diseminación en el medio ambiente.
- Efectos deletéreos debidos a la transferencia natural de material genético insertado a otros organismos.

Estos efectos nocivos deben identificarse: en el organismo receptor y en el donante, las relacionadas con el vector o con el material introducido, y se deben incluir las alteraciones de las propiedades iniciales del receptor, es decir, en el organismo modificado resultante.

Identificadas estas propiedades potencialmente nocivas se puede realizar una primera clasificación provisional de la actividad de uso confinado atendiendo a la información disponible tanto internacional como nacional para microorganismos

naturales con capacidad para causar enfermedades en humanos, animales y plantas. Se pueden utilizar las clasificaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el National Institute of Health (NIH), etc. También existen clasificaciones de patógenos animales y vegetales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. La Directiva 2000/54/EC clasifica los microorganismos, agentes biológicos, en cuatro tipos de riesgo en función de sus efectos potenciales:

- **Grupo 1.** Riesgo individual y poblacional escaso o nulo. Pocas probabilidades de provocar enfermedades en el ser humano o los animales.
- **Grupo 2.** Riesgo individual moderado, riesgo poblacional bajo. Puede causar enfermedad y podría ser un riesgo para los trabajadores; es improbable que se extienda a la población, ganado o medio ambiente; existen profilaxis y tratamientos eficaces y el riesgo de propagación es limitado.
- **Grupo 3.** Riesgo individual elevado, riesgo poblacional bajo. Puede causar enfermedad humana o animal grave, pero generalmente no se propagan de un individuo a otro. Existen profilaxis y tratamiento eficaces.
- **Grupo 4.** Riesgo individual y poblacional elevados. Suelen causar enfermedades humanas y animales graves y se transmiten fácilmente de un individuo a otro, directa o indirectamente. Normalmente no existen profilaxis y tratamiento eficaces.

Características de la actividad.

Las características de la actividad se definen en términos de probabilidad de exposición al efecto nocivo y de la magnitud de la exposición. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta la actividad prevista en el laboratorio, incluyendo:

- Posible generación de aerosoles, tratamiento con ultrasonidos, centrifugaciones, etc.
- Escala de la actividad.
- Concentración y volumen (la concentración del agente y el volumen del material concentrado que va a manipularse).
- Tipo de actividades (ej. *in vitro*, *in vivo*, actividades diversas, operaciones no normalizadas, etc.)

En el caso particular de las plantas hay que considerar tres riesgos adicionales:

- La persistencia del organismo en el ambiente.
- La presencia de especies susceptible alrededor de las instalaciones o las zonas de residuos.
- El carácter exótico del organismo (la bioseguridad, en un sentido más amplio, también se refiere a estas especies exóticas, aún no modificadas, que pueden comportarse como invasoras).

Clasificación en la clase de riesgo

Las propiedades inherentes al organismo modificado y las características de la actividad son consideradas conjuntamente en la evaluación de riesgo, conduciendo a la asignación de una clase de riesgo de la actividad de utilización confinada. La clase de riesgo de la actividad puede ser equivalente a la clase de riesgo del organismo modificado o puede ser más alta o más baja. Según la 2009/41/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de mayo de 2009, relativa a la utilización confinada de microorganismos modificados genéticamente, las actividades de utilización confinada de organismos modificados genéticamente se clasifican en función de la evaluación previa de los riesgos para la salud humana y el medio ambiente en los siguientes tipos:

- a) **Tipo 1.** Actividades de riesgo nulo o insignificante: aquellas en las cuales el grado 1 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- b) **Tipo 2.** Actividades de bajo riesgo: aquellas en las cuales el grado 2 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- c) **Tipo 3.** Actividades de riesgo moderado: aquellas en las cuales el grado 3 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- d) **Tipo 4.** Actividades de alto riesgo: aquellas en las cuales el grado 4 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.

Cuando existan dudas razonables sobre la clasificación de una determinada actividad, se aplicarán las medidas correspondientes al tipo de riesgo más elevado.

La asignación de un nivel de bioseguridad tiene en consideración el organismo utilizado, las instalaciones disponibles y el equipo, las prácticas y los procedimientos necesarios para trabajar con seguridad en la instalación.

MEDIDAS DE CONFINAMIENTO

Las medidas de confinamiento para laboratorios básicos, niveles de bioseguridad 1 y 2, son fundamentales para todo tipo de laboratorios. En las instalaciones en las que se realicen actividades con organismos modificados genéticamente se deben aplicar las buenas prácticas de laboratorio, además de adoptarse un manual de seguridad o de trabajo en el que se identifiquen los riesgos conocidos y potenciales y se especifiquen las prácticas y los procedimientos dirigidos a eliminar o minimizar esos riesgos.

Con este objetivo se reducirá al mínimo la exposición del lugar de trabajo y del medio ambiente al organismo modificado genéticamente para lo que se aplicarán medidas y equipos de control que se verificarán y mantendrán adecuadamente y se comprobará la ausencia de los organismos viables fuera del confinamiento. Se creará un comité de seguridad biológica y se mantendrán los registros correspondientes, se elaborarán protocolos de trabajo escritos y los procedimientos específicos para la desinfección.

La experiencia indica que los organismos que se manipulan en una instalación de tipo 1 (nivel de bioseguridad 1) tienen pocas probabilidades de provocar enfermedades humanas o enfermedades animales de importancia veterinaria por lo que las medidas de contención son las mínimas. En el caso de instalaciones de tipo 2 (nivel de bioseguridad 2), será recomendable un reconocimiento médico y un registro de enfermedades y bajas laborales del personal, además, las mujeres en edad fecunda deben ser informadas de los posibles riesgos para el feto. Las medidas de contención exigibles son más exigentes que en el caso anterior. Las instalaciones de tipo 3 (nivel de bioseguridad 3) están concebidas para trabajar con organismos del grupo de riesgo 3, así como con grandes volúmenes o concentraciones de organismos del grupo de riesgo 2, por entrañar un mayor riesgo de difusión de aerosoles. Las medidas de contención en estas instalaciones son especialmente más exigentes en cuanto al código de prácticas, el diseño y la vigilancia médica y sanitaria del personal. Las instalaciones de tipo 4 (nivel de bioseguridad 4) son las más exigentes en cuanto a las medidas de contención, su diseño y funcionamiento debe ser supervisado por las entidades sanitarias correspondientes. Generalmente, las instalaciones implicadas en actividades agrobiotecnológicas, para producción de cultivos, alimentos y piensos o metabolitos en plantas, son laboratorios que requieren niveles de contención de los tipos 1 y 2 y más raramente 3 ó 4.

Acceso

El símbolo y signo internacional de peligro biológico (Fig. 1) deberá colocarse en las puertas de los locales donde se manipulen organismos del grupo de riesgo 2 o superior. Sólo podrá entrar en las zonas de trabajo del laboratorio el personal autorizado y las puertas del laboratorio se mantendrán cerradas.



Figura 1. Señal de advertencia de peligro biológico para las puertas de la instalación.

Personal

Formular y aplicar códigos de prácticas específicos para la seguridad del personal, según las necesidades. Establecer instalaciones de limpieza y descontaminación para el personal. En las zonas de trabajo estará prohibido comer, beber, fumar, aplicar cosméticos o manipular lentes de contacto. Estará estrictamente prohibido pipetear con la boca.

Sin embargo, todas estas y otras medidas pierden totalmente su validez si no se proporciona al personal la formación adecuada. Prevenir las infecciones adquiridas, los incidentes y los accidentes en el laboratorio se logra sólo con personal preocupado por la seguridad y bien informado sobre el modo de reconocer y combatir los peligros que entraña su trabajo en ese entorno, minimizando la probabilidad de errores humanos y evitando las técnicas incorrectas. En consecuencia, la formación continua sobre las medidas de seguridad es clave.

Requisitos mínimos para las instalaciones

Los requisitos mínimos de las instalaciones dependerán del tipo de trabajo que se vaya a desarrollar en las mismas, prestando especial cuidado a las condiciones que se sepa a priori que pueden plantear problemas de seguridad. En los grados menores (Tabla 1) no es imprescindible que el laboratorio se encuentre separado de otras zonas del mismo edificio o en un edificio aislado y no es necesario que la sala del laboratorio pueda precintarse para proceder a su descontaminación.

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Dependencias aisladas	No exigida	No exigida	Exigida	Exigida
Hermético para efectuar fumigación	No exigida	No exigida	Exigida	Exigida
Entrada y salida independientes	No exigida	No exigida	Exigida	Exigida

Fuente: Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003.

Tabla 1. Requisitos mínimos para las instalaciones de un laboratorio de manipulación de organismos modificados genéticamente según el grado de confinamiento.

Equipo

En el equipo de laboratorio se incluye todo el volumen del laboratorio, el aire, la superficie de trabajo, el suelo o las paredes hasta las áreas más específicas como cámaras de seguridad biológica o los autoclaves utilizados para la esterilización (Tabla 2).

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Superficies resistentes a ácidos, álcalis, disolventes y agentes de descontaminación y de fácil limpieza	Exigida (mesa)	Exigida (mesa)	Exigida (mesa y suelo)	Exigida (mesa, suelo, techo y paredes)
Acceso al laboratorio a través de una esclusa	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Presión negativa respecto a la presión del medio ambiente inmediato	No exigida	No exigida	Exigida salvo si no hay transmisión por vía aérea	Exigida
Aire de entrada y salida tratado con filtros HEPA	No exigida	No exigida	Exigida en salida salvo si no hay transmisión por vía aérea	Exigida entrada y salida
Recinto o campana de seguridad microbiológica	No exigida	Opcional	Exigida	Exigida
Autoclave	In situ	En el edificio	En el laboratorio	En el laboratorio con dos extremos

Fuente: Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003.

Tabla 2. Requisitos mínimos para los equipos utilizados en un laboratorio de manipulación de organismos modificados genéticamente según el grado de confinamiento.

Como mínimo, es exigible que las superficies de trabajo sean impermeables y resistentes a desinfectantes, ácidos, álcalis, disolventes orgánicos y calor moderado, pero las paredes, los techos y los suelos deben ser lisos, fáciles de limpiar, impermeables a los líquidos y resistentes a los productos químicos y desinfectantes normalmente utilizados en el laboratorio. Los suelos deben ser antideslizantes.

Un sistema de acceso que delimite un pequeño vestíbulo (por ejemplo, entrada de doble puerta o esclusa) y/o mantener la presión negativa dentro de las instalaciones, contribuirán en mantener un mayor grado de confinamiento.

El aire puede ser filtrado por un sistema HEPA (del inglés High-Efficiency Particulate Air, filtración de partículas aéreas de gran eficiencia), reacondicionado y recirculado dentro del laboratorio. Cuando el aire del laboratorio se expulsa directamente al exterior del edificio, debe dispersarse lejos de los edificios ocupados y de las tomas de aire.

Las campanas de seguridad biológica se utilizan para proteger al trabajador, la atmósfera del laboratorio y los materiales de trabajo, de la exposición a las

salpicaduras y los aerosoles que puedan generarse. Los aerosoles se producen en cualquier actividad que transmita energía a un material líquido o semilíquido, por ejemplo, al agitarlo, verterlo a otro recipiente, removerlo o verterlo sobre una superficie o sobre otro líquido. Las actividades como la siembra de placas de agar, la inoculación de frascos de cultivo celular con pipeta, el uso de pipetas múltiples para dispensar suspensiones líquidas en placas, la homogeneización, la agitación en vórtex y la centrifugación de líquidos pueden generar aerosoles. Las partículas de aerosol de menos de 5mm de diámetro y las pequeñas gotas de 5 a 100 mm de diámetro no son visibles a simple vista. El trabajador no suele darse cuenta de que se están produciendo esas partículas, que pueden ser inhaladas o provocar la contaminación cruzada de los materiales que se encuentran sobre las superficies de trabajo.

La aplicación de vapor de agua saturado a presión (tratamiento en autoclave) es el medio más eficaz y fiable de esterilizar material del laboratorio. El material y los objetos que se vayan a esterilizar deben agruparse sin apretarlos en la cámara del autoclave, de modo que el vapor pueda circular sin dificultad y el aire pueda salir fácilmente. Si se utilizan bolsas para esterilización en autoclave éstas deben permitir que el vapor penetre en su contenido.

Normas de trabajo

Las normas de trabajo se refieren al personal con acceso a la instalación, que debe ser controlado pero que puede ser restringido dependiendo del grado de confinamiento (Tabla 3), se incluyen además los procedimientos técnicos y la protección personal. Todos los procedimientos en la instalación se practicarán de manera que se reduzca al mínimo la formación de aerosoles y gotas y en caso de que se prevea a priori su formación por el tipo de actividad, se utilizarán cabinas de seguridad biológica para minimizar el riesgo. Los equipos de protección personal (batas, monos, gafas, guantes, etc.) no podrán utilizarse fuera de la instalación y en caso necesario será exigible la existencia de duchas para casos de urgencia y medios para el lavado de los ojos.

No se admitirá ningún animal distinto de los utilizados con fines experimentales y por supuesto es deseable e incluso exigible un programa de lucha contra insectos y roedores.

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Acceso restringido	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
Señalización de un peligro biológico en la puerta	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
Medidas específicas para el control de la formación y difusión de aerosoles	No exigida	Exigida: minimizar	Exigida: evitar	Exigida: evitar
Ducha	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Indumentaria de protección	Indumentaria de protección adecuada	Indumentaria de protección adecuada	Indumentaria y calzado de protección adecuados	Cambio completo de ropa y calzado antes de entrar y de salir
Guantes	No exigida	Opcional	Exigida	Exigida
Control eficaz de los vectores (por ejemplo, roedores e insectos)	Opcional	Exigida	Exigida	Exigida

Fuente: Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003.

Tabla 3. Requisitos mínimos para las normas de trabajo a seguir en un laboratorio de manipulación de organismos modificados genéticamente según el grado de confinamiento.

Residuos

Los residuos que se van a generar en las actividades de utilización confinada de organismos modificados genéticamente van a venir determinados por la naturaleza específica de la propia actividad, sin embargo, en líneas generales se pueden y deben clasificar en los siguientes grupos para manipularlos y gestionarlos adecuadamente (Tabla 4):

- Desechos no contaminados que puedan reutilizarse o reciclarse o eliminarse como si fueran «basura» en general.
- Objetos cortantes y punzantes contaminados: agujas hipodérmicas, bisturís, cuchillas, vidrio roto; se recogerán siempre en recipientes a prueba de perforación dotados de tapaderas y serán tratados como material infeccioso.
- Material contaminado destinado al tratamiento en autoclave que después pueda lavarse y volverse a utilizar o reciclarse.
- Material contaminado destinado al tratamiento en autoclave y a la eliminación.
- Material contaminado destinado a la incineración directa.

A modo de ejemplo, si se contaminan los formularios del laboratorio u otros papeles manuscritos o impresos, se copiará la información en otro formulario y se tirará el original en un recipiente para residuos contaminados.

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Inactivación de los organismos modificados genéticamente en los efluentes de lavabos, desagües y duchas o efluentes similares	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Inactivación de los organismos modificados genéticamente en el material contaminado y en los residuos	Opcional	Exigida	Exigida	Exigida

Fuente: Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003.

Tabla 4. Requisitos mínimos para la manipulación y gestión de residuos generados en un laboratorio de manipulación de organismos modificados genéticamente según el grado de confinamiento.

Otras medidas

Existen otra serie de medidas adicionales para garantizar el confinamiento de las instalaciones (Tabla 5), así, si es posible, el equipo que se utiliza debe localizarse en la propia instalación o garantizar su “limpieza y desinfección” antes de su salida de la misma. Sólo el máximo grado de confinamiento exige la existencia de vigilancia de la seguridad del personal mediante ventana, sistema de televisión en circuito cerrado, comunicación en dos sentidos, etc.

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Almacenamiento del equipo en el propio laboratorio	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Una ventana de observación o similar para ver a los ocupantes	Opcional	Opcional	Opcional	Exigida

Fuente: Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003.

Tabla 5. Otras medidas adicionales a considerar en un laboratorio de manipulación de organismos modificados genéticamente según el grado de confinamiento.

Invernaderos y semilleros

Según la definición de la normativa española se consideran invernaderos y semilleros las “estructuras con paredes, techo y suelo diseñadas y empleadas

principalmente para cultivar plantas en un entorno protegido y controlado”. El objetivo de contención fundamental en este tipo de estructuras es la prevención de la transferencia de ADN recombinante de los organismos modificados genéticamente desde dentro de las estructuras a poblaciones fuera de las mismas.

La clasificación de estas estructuras en los diferentes niveles de bioseguridad debe realizarse con especial atención a las características específicas de cada evento (Tabla 6).

Criterio	No se puede asilvestrar ni cruzar con otros	Se puede asilvestrar y/o cruzar con otros	Contiene genoma de un agente no infeccioso	Contiene genoma de un agente infeccioso
Grado de confinamiento	1	1-2	1-2	2-3
Criterio	Tratado con un agente infeccioso	Implica a un agente infeccioso que afecta al ambiente	Se puede reconstituir el agente infeccioso <i>in planta</i>	Contiene toxinas de vertebrados
Grado de confinamiento	2-3	2-3	2-3	3

Fuente: A practical guide to containment. Greenhouse research with transgenic plants and microbes.

Tabla 6. Recomendaciones para la asignación de niveles de bioseguridad en invernaderos y semilleros con actividades que implican a plantas modificadas genéticamente.

Las instalaciones de tipo 1 aseguran un nivel bajo de contención que es adecuado para experimentos que implican plantas modificadas genéticamente de las cuales no existe constancia de que sean capaces de sobrevivir y extenderse en el ambiente y, que de ser liberadas accidentalmente, no plantearían un riesgo ambiental.

La clasificación en tipo 2 se asigna a actividades con plantas modificadas genéticamente que de ser liberadas accidentalmente pudiesen sobrevivir en el ambiente cercano pero que tendrían un pequeño impacto sobre el mismo fácilmente controlable. Se utilizan para plantas modificadas genéticamente que pueden convertirse en malas hierbas o pueden cruzarse con especies silvestres o cultivadas que crecen en el ambiente cercano.

El tipo 3 se recomienda para plantas modificadas genéticamente que contengan genes de agentes infecciosos, cuyo genoma podría reconstituirse y para aquellas que incluyen genes para toxinas de vertebrados. Está comprobado un potencial impacto negativo sobre el ambiente.

Las contenciones de tipo 4 son escasas en los invernaderos y semilleros de plantas, en realidad, no se precisan directamente por la planta modificada

genéticamente sino por utilizarse agentes infecciosos, patógenos graves para los cultivos con el fin de comprobar, por ejemplo, la resistencia de las plantas modificadas genéticamente a sus ataques.

Los requisitos mínimos de contención para cada uno de los tipos deben ser los mismos que para las instalaciones antes descritos, siendo necesarias además las siguientes modificaciones o adiciones recogidas en la Tabla 7.

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Invernadero permanente	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
Equipo				
Entrada a través de una esclusa con dos puertas con cerradura independiente	No exigida	Opcional	Opcional	Exigida
Control de la escorrentía de agua contaminada	Opcional	Minimizar la escorrentía	Evitar la escorrentía	Evitar la escorrentía
Normas de trabajo				
Medidas para controlar las especies no deseadas (insectos y otros artrópodos, roedores, etc.)	Exigida	Exigida	Exigida	Exigida
Procedimientos para evitar la diseminación de organismos modificados genéticamente durante el transporte de material vivo entre el invernadero o semillero, la estructura protectora y el laboratorio	Minimizar la diseminación	Minimizar la diseminación	Evitar la diseminación	Evitar la diseminación

Fuente: Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003.

Tabla 7. Medidas de confinamiento y otras medidas de protección para las actividades en invernaderos y semilleros con plantas modificadas genéticamente según el grado de contención.

El acceso a invernaderos que contienen plantas modificadas genéticamente debe ser restringido. Estas restricciones se requieren para minimizar la dispersión de polen, semillas o cualquier otro propágulo que pueda ser transportado por el personal con acceso a la instalación. El acceso debe restringirse al personal autorizado y se debe hacer un control mediante registro de las entradas y salidas. No se requiere una señalización especial en las instalaciones de tipo 1, pero los tipos superiores deberían indicar como mínimo el acceso restringido al personal autorizado.

Las puertas de invernadero correderas, que se deslizan, son aceptables en los tipos 1 y 2, pero no aíslan lo suficiente para niveles de contención más elevados.

Las medidas de contención físicas sirven además para controlar especies no deseadas y se logran con el diseño de la instalación. Las mallas son fundamentales, tanto para mantener fuera a los parásitos y polinizadores como para evitar escapes de dentro del invernadero. Son diversos los factores implicados incluyendo tanto la naturaleza del material (forma y tamaño de malla), como el tamaño y la morfología de los insectos que se quieren excluir (Tabla 8). Estas medidas físicas deben complementarse con otras químicas y/o biológicas siguiendo un programa de control y revisando su eficacia.

Insecto adulto	Tamaño de malla	
	mesh	micras
Minadores	40	640
Mosca blanca	52	460
Áfidos	78	340
Trips	132	190

Fuente: "Greenhouse Screening for Insect Control." Rutgers Cooperative Extension.

Tabla 8. Tamaño de malla para el control de insectos-plagas y vectores vegetales, en mesh y micras.

El transporte de materiales modificados genéticamente desde y hacia un invernadero o semillero debe hacerse minimizando o evitando la diseminación de los mismos. Se deben transportar las semillas, propágulos, plantas en maceta, bandejas de plántulas, etc. en contenedores cerrados irrompibles. En el caso de instalaciones de tipos 3 y 4 estas medidas serán complementadas con un segundo contenedor exterior al primero que, en caso necesario, pueda ser descontaminado.

BIBLIOGRAFÍA

Fiksel, J y Covello, V. T. 1986. *Biotechnology Risk Assessment: Issues and Methods for Environmental Introductions*. Pergamon Pr. 174 pp.

Traynor, P. L.; Adair, D. y Irwin R. 2001. *A practical guide to containment. Greenhouse research with transgenic plants and microbes*. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. Blacksburg. 59 pp.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

Organización Mundial de la Salud. 2005. Manual de Bioseguridad en el Laboratorio. Tercera edición.

http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/CDS_CSR_LYO_2004_11SP.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Patógenos de plantas descritos en España. M.A.P.A. 2000.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

A Practical Guide to Containment. Plant Biosafety in Research Greenhouses.

http://www.isb.vt.edu/cfdocs/greenhouse_manual.cfm

Directiva 2000/54/EC del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la protección de los trabajadores expuestos a agentes biológicos en el lugar de trabajo.

http://www.biosafety.be/PDF/2000_54.PDF

Directiva 2009/41/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de mayo de 2009, relativa a la utilización confinada de microorganismos modificados genéticamente.

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:125:0075:0097:ES:PDF>

Organismos Modificados Genéticamente (OMGs). Legislación General. Ministerio de Medio ambiente y Medio rural y marino. Calidad y Evaluación Ambiental.

http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/omg/legislacion_general/index.htm

Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente.

http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/omg/legislacion_general/pdf/Reglamento_178_2004.pdf

Recibido: 12 abril 2010.

Aceptado: 11 de enero 2011.