
Cómo debe organizarse un estabulario con modelos de patología infecciosa

Mariano Domingo^{a,*}, Jordi Cantó^b y Joan Pujols^c

^aDepartament de Patologia i Producció Animals y ²Servei d'Estabulari. Universitat Autònoma de Barcelona.

^cUnitat de Sanitat Animal. IRTA. Barcelona.

RESUMEN

El estabulario con modelos infecciosos debe organizarse para evitar infecciones a personas y animales, y su diseminación hacia el exterior de la instalación. La estructura general más utilizada de una instalación de seguridad de grado 3 es un edificio con tres niveles, con tratamiento de aire filtrado en el nivel superior, zonas de trabajo en el nivel intermedio y tratamiento de residuos en planta inferior. Debe prestarse especial atención al recubrimiento resistente de superficies, a las conducciones y al sellado de juntas para lograr la hermeticidad. Las vías de entrada y salida de material y de animales deben garantizar la estanqueidad, mediante esclusas (*airlocks*) o autoclaves. El acceso de personal debe ser restringido, a través de vestuarios y duchas obligatorias, al menos de salida. Los circuitos de agua, aire, vapor, gases y vacío deben disponer de válvulas antirretorno y filtros que impidan la contaminación de la red general, y los desagües han de tener sifones que garanticen su estanqueidad. Los restos sólidos y líquidos requieren su esterilización antes de su eliminación al exterior de la instalación. Por lo que respecta a los restos de los animales, la incineración es el tratamiento de elección. El edificio ha de tener ambiente regulado, con mantenimiento de gradientes de presión adecuados. Los materiales utilizados para albergar los animales deben resistir la desinfección. La utilización de modelos de patología infecciosa en un animalario genera un riesgo de infección. Las exigencias planteadas dependen del grado de peligrosidad del microorganismo y de la especie animal a utilizar.

Palabras clave:

Animales de laboratorio. Recomendaciones de seguridad. Gnotobiología.

HOW TO ORGANIZE THE ANIMAL FACILITIES IN EXPERIMENTAL INFECTIOUS DISEASES MODELS

Animal facilities for research in infectious diseases are organised in order to avoid risk of infection to person and animals, and dissemination of microorganisms outdoors. The usual design of a facility in biosecurity level 3 is an upper floor with treatment and filtering of air, work area in the middle, and treatment of waste on the lower level. Attention has to be paid to special covering of walls, and to sealing of junctions, to achieve containment. Entry and way out of materials and animals of the building has to be done by airlock or autoclave, to maintain containment. Personal access has to be controlled, and done through rooms for change of dress, equipped with showers at least obligatory when going out of the facility. Air, water, and gas conductions should be equipped with an anti-return valve to avoid contamination of the general circuit. Solid and liquid waste must be sterilised before disposal to the outside of the building. Incineration is the best choice for disposal of animal carcasses. The building has to regulate ambient conditions such as temperature, air humidity, illumination and exchange of air. Pressure gradients between rooms have to be maintained. The equipment for animal must be of materials resistant to disinfection and autoclaving. Animal infectious models generate a risk of infection for humans. The needs to prevent the risk depend on the characteristics of the microorganism itself and the animal species to be used.

Key words:

Laboratory animals. Biosafety guidelines. Gnotobiology.

*Correo electrónico: domingo@cc.uab.es.

Introducción

El estabulario con modelos de patología infecciosa debe organizarse para lograr tres objetivos esenciales: *a)* evitar las infecciones desde el animal del modelo experimental hacia las personas en contacto (zoonosis); *b)* impedir la diseminación de infecciones (infecciones cruzadas) entre los grupos de animales experimentales, y *c)* evitar la diseminación de los agentes infecciosos hacia el exterior de la instalación. Estos objetivos son alcanzables mediante la aplicación de diversos grados de seguridad biológica, o bioseguridad, definida como el manejo seguro de agentes infecciosos de alto riesgo. La bioseguridad en un estabulario con modelos de patología infecciosa requiere instalaciones y procedimientos suplementarios a los existentes en los estabularios de mantenimiento y producción. La bioseguridad se consigue con sistemas de aislamiento hermético, gradientes de presión, filtración de aire, tratamiento de desechos y efluentes, y procedimientos adecuados (fig. 1). A continuación se describen las características de las instalaciones y los procedimientos propios de un estabulario con modelos de patología infecciosa, así como los criterios generales sobre peligrosidad de los agentes infecciosos y medidas de contención.

Características de un centro para trabajar con modelos experimentales en patología infecciosa

Un centro destinado a desarrollar estudios que utilicen animales como modelos experimentales en patología infecciosa debe cumplir con los mis-

mos requisitos propios de cualquier otro centro en el que se realice experimentación animal y, además, con los específicamente derivados de las medidas de seguridad que este tipo de estudios requiere.

El diseño del centro, la distribución de espacios, la situación y circuitos de conexión entre los mismos, y la definición de las características constructivas, así como del equipamiento necesario, debe ser fruto de un trabajo coordinado entre el equipo de investigadores que van a utilizar el centro y el de profesionales de la arquitectura y la ingeniería, a ser posible con experiencia en la construcción de este tipo de instalaciones.

Existen distintas publicaciones que pueden ser utilizadas para obtener información sobre las características básicas que debe poseer un estabulario de contención.

El esquema general para investigar con animales infectados experimentalmente es el de una caja dentro de otra caja, con el objetivo de impedir cualquier posible diseminación de los microorganismos con los que se trabaja. El diseño actualmente más utilizado es el de un edificio con tres niveles: el superior alberga todos los sistemas de tratamiento (climatización y filtración absoluta) del aire impulsado y extraído de todo el centro; en el intermedio se sitúan las distintas zonas de trabajo (estabulación de animales y laboratorios), así como los sistemas de acceso (vestuarios y duchas) para el personal, y la planta inferior se destina a la zona de tratamiento (descontaminación y esterilización) de los efluentes líquidos y desechos sólidos que así lo requieran, así como a local técnico para el control del conjunto de instalaciones.

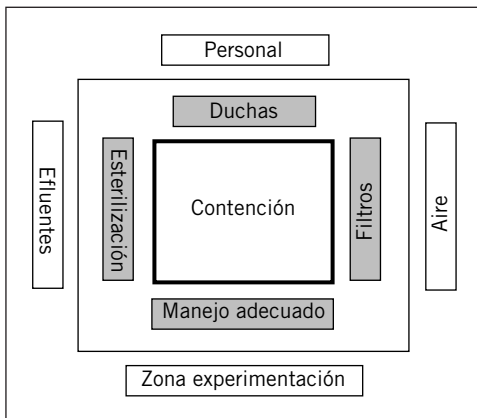


Fig. 1. Procedimientos generales de contención biológica.

Diseño y construcción de un estabulario para modelos infecciosos

Con el fin de disponer de unas instalaciones duraderas y reducir al mínimo tanto el mantenimiento como las posibles averías y las actuaciones correctivas que estas conllevan, es imprescindible utilizar en la construcción de estos centros materiales de primera calidad. Así mismo, deben situarse fuera de las áreas de trabajo (en la planta técnica) todas aquellas instalaciones y equipos que deban estar sujetos a mantenimiento y posibles reparaciones. Cuando esto no sea posible, debe optarse por la solución de dejar accesibles (no empotradas) las instalaciones y conducciones que deben estar situadas obligatoriamente dentro de los locales de experimentación o de mantenimiento de animales. Todas las superficies (techos, paredes y suelos) deben es-

tar recubiertas con materiales lisos y no porosos, resistentes al agua y a los productos químicos (desinfectantes) relativamente agresivos, que soporten sin deteriorarse el esfuerzo que implicará la circulación de materiales pesados o la presencia de animales. El recubrimiento de las superficies debe realizarse con estructuras monolíticas o con un mínimo número de juntas, debidamente selladas. La aplicación de compuestos vinílicos o de resinas epoxi proporciona excelentes resultados en estos aspectos. Los ángulos entre paredes, techos y suelos deben ser redondeados para evitar rincones difíciles de limpiar y desinfectar. Deben sellarse todas las posibles juntas entre paredes y marcos de las puertas o alrededor de las conducciones que atraviesen las paredes. Las conducciones que deban circular por el interior de las salas se instalarán lo suficientemente separadas de la pared a la que estén sujetas, de modo que se facilite su limpieza y desinfección. Así mismo, se evitarán en lo posible los recorridos horizontales (más propensos a acumular polvo) priorizando los recorridos verticales. Las puertas, de dimensiones adecuadas a los materiales o animales que deberán transitar por las mismas, deben seguir el mismo esquema de garantizar una estanqueidad absoluta de los locales que así lo requieran respecto a las zonas contiguas. Pueden disponer de mirillas que permitan inspeccionar el interior sin necesidad de acceder a la sala. Conviene que las puertas de acceso general al centro y a las zonas de seguridad estén equipadas con sistemas de limitación de apertura, mediante tarjetas o cerraduras conectadas a sistemas eléctricos codificados. El acceso a las zonas de mayor control, tanto para personas como para animales o materiales, debe efectuarse a través de una zona de transición, esclusa o *airlock*, que impida el contacto directo de estas salas con los espacios circundantes. El acceso del personal debe disponer de vestuarios, con taquillas diferenciadas para la ropa de calle y la de trabajo, equipados con duchas de utilización obligatoria, por lo menos al salir de las zonas controladas hacia el exterior. Los circuitos de agua, aire, vapor, gases y vacío deben disponer de válvulas antirretorno y filtros que impidan la contaminación de la red general; los desagües deben dotarse de sifones de seguridad y de tapas roscadas o con bloqueo, que garanticen su estanqueidad cuando no están en uso o se procede a esterilizar una habitación. Deben estudiarse detenidamente los sistemas de comunicación interna y con el exterior, tanto por razones de seguridad como para evitar la circulación innecesaria del personal entre las distintas áreas.

Eliminación de residuos sólidos y líquidos

En un estabulario de enfermedades infecciosas se generan restos sólidos y líquidos que requieren su esterilización antes de su eliminación al exterior de la instalación. El diseño general es el de un autoclave de doble puerta, intercalado en la frontera de la zona de contención con la zona externa a la instalación. La especie animal utilizada en el modelo experimental implica soluciones diferentes a la esterilización de restos sólidos y líquidos. Así, en el caso de animales pequeños, los excrementos, los restos de alimento y la cama pueden ser autoclavados, y eliminados como residuos urbanos. En cambio, si se trata de especies mayores, como rumiantes pequeños o cerdos, la orina y los excrementos son recogidos por desagües a colectores para la esterilización por calor o mediante ciclos de acidificación-alcalinización.

Por lo que respecta a los restos de los animales, la incineración es el sistema de tratamiento de elección. En el caso de no disponer de incinerador en la instalación, se puede optar por el autoclavado de los restos, siempre garantizando que la temperatura de esterilización se alcanza en el interior de los cadáveres, y no sólo superficialmente.

Zonas para estabulación de animales

Los espacios destinados a albergar animales se pueden subdividir en zonas de cuarentena, de estabulación general y de estabulación especializada para los animales infectados. Su diseño se realizará en función de las especies a estabular, que pueden mantenerse en régimen de semilibertad (especies grandes) o en jaulas, que, a su vez, pueden proporcionar un segundo nivel de aislamiento, ya sea mediante la utilización de cubiertas filtrantes o manteniéndolas dentro de cabinas de seguridad o de aisladores. En cualquier caso, las salas de estabulación de animales deben proporcionar un nivel suficiente de aislamiento entre las distintas especies y líneas de trabajo.

Zonas de cuarentena

Resultan imprescindibles para aislar preventivamente los animales que se introducen en la instalación antes de proceder a su estabulación en las áreas experimentales. La duración de la cuarentena (que puede oscilar entre una o dos semanas para roedores y un período no inferior a los 2 meses para primates no humanos) ha de

permitir garantizar, mediante el desarrollo de técnicas de control y diagnóstico adecuadas a cada especie, que los animales no sufren o no son portadores de ninguna enfermedad que pudiera afectar a otros animales ya estabulados o interferir con los estudios en los que van a participar. El período de cuarentena resulta también necesario para permitir que los animales se recuperen del estrés y desequilibrio fisiológico que siempre comporta un transporte, así como que se habitúen a las nuevas condiciones de estabulación, alimentación y manejo.

Zonas de trabajo

El edificio debe incorporar también las zonas de trabajo (laboratorios, quirófanos, sala de autopsias) necesarias para desarrollar las distintas técnicas que los procedimientos experimentales puedan requerir. La zona de autopsias debe comunicar con el horno crematorio u otro sistema establecido para la esterilización y eliminación de los cadáveres y muestras contaminadas. El diseño de estas zonas ha de cuidar de forma especial la posible generación y circulación de aerosoles. Conviene disponer también de una cámara frigorífica o congelador de dimensiones adecuadas para el mantenimiento temporal de los cadáveres y residuos que posteriormente han de eliminarse.

Zonas de almacén

El centro debe disponer de una serie de zonas de almacenamiento de productos y materiales debidamente distribuidas y con capacidad suficiente tanto para mantener en zonas separadas los productos que así lo requieran, como para garantizar unos niveles de almacenaje de productos fungibles, que permitan una cierta autonomía en caso de fallo en los suministros.

Condiciones ambientales de las salas para animales

Los alojamientos para animales han de ser confortables, higiénicos y de dimensiones suficientes. Además, deben disponer de sistemas de regulación del ambiente, como renovación del aire y mantenimiento de los gradientes de presión adecuados, control de la temperatura y humedad relativa, iluminación, nivel de ruidos, etc., que garanticen el bienestar de las especies allí mantenidas. En general, la normativa sobre manejo de animales es aplicable también a los animales de experimentación. Sobre los animales

domésticos existe una gran cantidad de documentación de las necesidades de espacio por especie en las granjas de producción.

Ventilación

La ventilación de los locales de alojamiento de los animales debe proporcionar un nivel suficiente de renovación del ambiente, que en casos de alta ocupación significa renovar (sin recirculación) el aire 20 veces por hora. El aire impulsado debe ser previamente acondicionado para facilitar el mantenimiento de una temperatura y humedad relativa acorde a los requerimientos de comodidad de cada especie, evitando las fluctuaciones importantes en estos parámetros. Las instalaciones con sistema de ventilación artificial deben garantizar un nivel suficiente de renovaciones de aire en las jaulas. Los flujos de aire no deben resultar molestos para los animales y han de estar distribuidos de manera que garanticen una correcta ventilación de todo el local, evitando zonas muertas. Tanto el aire de impulsión (para evitar la vehiculación de posibles patógenos del exterior) como el de extracción (para evitar la contaminación de otros locales anexos o del ambiente) deben ser filtrados a través de filtros absolutos (HEPA) que generalmente se duplican por razones de seguridad. La ventilación debe asegurar la disminución de la formación de aerosoles e impedir las infecciones cruzadas.

En instalaciones cerradas y con un sistema de ventilación artificial, es necesario disponer de un sistema de emergencia para asegurar la ventilación.

El balance entre impulsión y extracción permitirá establecer los gradientes de presiones diferenciales entre las distintas zonas, entre las zonas y los pasillos y con el exterior del edificio, de modo que se prevenga la circulación de aire desde las zonas de mayor riesgo hacia las de menor contaminación.

Ruido

El ruido es un factor estresante, y puede tener efectos negativos sobre la fertilidad, prolificidad (abortos), canibalismo, abandono de camadas, etc. El control sonoro ha de garantizar que los animales no se verán afectados por los ruidos derivados del funcionamiento de los distintos equipos, así como por los generados por otros animales que se mantengan en zonas próximas. La instalación ha de estar diseñada de forma que el alojamiento de los animales esté alejado de la

zona de máquinas. Si no es así, es necesario aislar acústicamente la zona de estabulación (para no superar 85 db en el interior de las salas con animales más sensibles). Es recomendable reducir la intensidad de alarmas, timbres, ruidos de puertas, teléfonos, etc.

Iluminación

Los parámetros a tener en cuenta en referencia a la iluminación son su intensidad, el espectro y el fotoperíodo. La intensidad de la luz en el área ocupada por los animales (mínimo 15 lux en el área ocupada por animales y de 5 lux en el caso de aves domésticas), los períodos de iluminación y oscuridad, así como los cambios de iluminación deben cumplir con las necesidades de los animales. La intensidad muestra variaciones en las jaulas o cubículos colocadas en estanterías según el tipo de jaula, tipo de cubierta y nivel que ocupa. Estas variaciones deben reducirse al mínimo. Se ha de seleccionar el fotoperíodo más adecuado para cada especie, manteniéndolo constante. Para ello, es necesario evitar la entrada de luz no controlada. La iluminación artificial no debe ser superior a 16 h de duración y no ha de producir parpadeo perceptible.

Temperatura

La temperatura ambiental tiene efectos imprevisibles sobre los resultados experimentales.

Las temperaturas fuera del rango confortable modifican los requerimientos en animales recién nacidos, y afectan la fertilidad, la producción de leche, la toxicidad de algunos productos, las variables hemáticas y plasmáticas, el consumo de alimento y agua, el peso de algunos órganos, y la susceptibilidad a infecciones. Es necesario prestar atención a la diferencia de temperatura que se produce entre el exterior y el interior de la jaula, especialmente en las jaulas con rejillas filtrantes (diferencias de hasta 5 °C).

Humedad

La humedad puede producir efectos adversos tanto a niveles bajos como elevados, efectos que pueden agravarse según sea la temperatura ambiente. La humedad afecta la formación de aerosoles y polvo, la producción de amoníaco, la viabilidad de microorganismos, y modifica la actividad mucociliar. Los valores obtenidos en el interior de la sala pueden variar según el nivel de la jaula y según el tipo de lecho, la frecuencia de intercambio, y la utilización de rejillas filtrantes.

Partículas en el aire

La concentración y tiempo de permanencia dependen de una gran cantidad de factores.

Presentan un factor de riesgo e irritación para los animales y el personal. Las partículas de origen externo se controlan con filtros. Las de origen interno mediante la disposición adecuada de los conductos de impulsión y retorno de la ventilación, el número de renovaciones/h, la velocidad del aire, la humedad y la temperatura.

También contribuyen el diseño de la jaula, el tipo de cubierta, el tipo de cama, la periodicidad de limpieza, el tipo de dieta, la población animal por jaula (nivel de actividad) y la especie animal.

Suelos y jaulas

Si los animales descansan sobre el suelo, éste debe ser fácilmente lavable, no deslizante y seco. Ha de disponer de zonas apropiadas para el descanso confortable.

Los suelos enrejillados, en *eslats* o perforados, deben ser adecuados para la especie y el tamaño de los animales alojados. Los suelos con *eslats* deben estar levantados y las piezas no deberían poder salirse, para evitar accidentes.

Las jaulas han de ser adecuadas para cada especie, situación fisiológica y edad.

En la elección de la jaula han de tenerse en cuenta los requerimientos de superficie y altura, y de capacidad de comederos o tolvas, y bebederos, según especie y número de animales a albergar. Han de presentar facilidad de acceso, y han de estar diseñadas para disminuir el riesgo de contaminación de la dieta y del agua. Han de ser resistentes, para no ser deterioradas por el animal, y resistir los desinfectantes y la esterilización en el autoclave.

Además, no han de presentar riesgo de lesión, ni para el animal, ni para el personal que las manipula y limpia.

Tratamiento del agua de bebida de los animales

Con el fin de garantizar que no se introducirán contaminaciones a través del agua de bebida de los animales, se pueden recurrir a distintos sistemas de tratamiento de la misma. Además de proceder a su descalcificación (si las condiciones de dureza del agua así lo aconsejan) con el fin de evitar problemas en las conducciones, se puede garantizar una correcta calidad microbiológica de la misma a través de sistemas físicos, químicos o de combinación de ambos. Los sistemas físicos

recurren a la filtración, al tratamiento térmico o a la irradiación con rayos ultravioletas. Los químicos utilizan la cloración y la acidificación (pH 2,5) del agua de bebida. Como posible ventaja de los procedimientos químicos cabe destacar su efecto residual, de gran utilidad en aquellos casos en que se utilizan sistemas de bebida automatizada, con recorridos largos a través de conductos en que el agua fluye con un bajo caudal.

Condiciones de ambiente en salas de roedores

A modo de resumen, se indican las condiciones ambientales aceptables en las salas de roedores: temperatura 13-18 °C, valores críticos por debajo de 10 °C y por encima de 25 °C, y evitar cambios bruscos. Ausencia de NH₃. Microbismo inferior a 2.000 unidades formadoras de colonias (UFC)/μl o incluso nulo en condiciones de aislamiento especial. Humedad del 60-70 %. La velocidad del aire no debe superar los 0,15 cm/s. Nivel de ruidos mínimo.

Desinfección

Los procesos de limpieza, desinfección y esterilización resultan de crucial interés en cualquier instalación para animales de laboratorio, incrementándose su necesidad en aquellos casos en que se trabaja con infecciones experimentales. Definir un buen programa en este sentido requiere un elaborado estudio en distintos aspectos. Además de los ya considerados al hablar de las características constructivas, debe ser objeto de consideración la elección de los materiales utilizados para albergar los animales. En el caso de las especies pequeñas, las jaulas utilizadas deberán ser de materiales que resistan la desinfección química y la esterilización por autoclavado. Existen actualmente productos que garantizan unas buenas prestaciones en estos aspectos, generalmente jaulas de makrolón resistente a altas temperaturas. Los complementos (rejillas, tapones de los biberones, comederos, etc.) deberán ser de acero inoxidable. Las estructuras necesarias para enjaular o estabular las especies más grandes, así como las estanterías donde se sitúan las jaulas de conejos y roedores, también deben ser de acero inoxidable, y disponer de la posibilidad de ser desmontadas fácilmente en subunidades que, por sus dimensiones, permitan su transporte y esterilización en autoclave. La decisión del protocolo de limpieza y desinfección debe ser acorde con los diseños experimentales que se desarrollen y su mayor o menor factor de riesgo.

Existen en el mercado multitud de productos y técnicas que deben ser evaluadas con el consejo del fabricante tanto en su selección como en el posterior proceso de aplicación. Debe tenerse bien presente que las condiciones de aplicación resultan críticas para la obtención del nivel de eficacia requerido. La cantidad de material cargado en un autoclave y su distribución dentro del mismo pueden hacer que un mismo programa de esterilización (tiempo-temperatura) resulte más o menos eficaz. La existencia de partículas en un sistema de tratamiento por rayos ultravioletas puede rebajar considerablemente las prestaciones del mismo. En los casos de desinfección química, la dureza del agua empleada, el pH y la temperatura de uso de la solución, el tiempo de contacto, las características del material a tratar, la concentración del producto activo, y su antigüedad desde la fecha de preparación, son factores que van a condicionar su eficacia. Así mismo, deben tenerse presentes las posibles interferencias, durante su aplicación o por efectos residuales, con los animales de experimentación. Existen publicaciones especializadas que orientan sobre las mejores aplicaciones en función de las necesidades del centro, pero de forma general en la tabla I se resumen las principales aplicaciones.

Equipamientos adicionales

Además de los ya mencionados anteriormente, un centro de estas características debe disponer obligadamente de un sistema de generación de energía eléctrica autónomo, con puesta en marcha automática en caso de fallo del suministro eléctrico normal. Este generador debe tener potencia y capacidad de autonomía suficiente para garantizar el correcto funcionamiento de todos aquellos sistemas de ventilación, acondicionamiento ambiental, iluminación y equipos básicos para garantizar la supervivencia de los animales mantenidos y la continuidad de todos aquellos procesos que establecen la barrera de contención entre el centro y el ambiente exterior. Estos equipos deben ser sometidos periódicamente a pruebas de correcto funcionamiento que garanticen su operatividad cuando, ocasionalmente, puedan resultar necesarios. Debe preverse también una zona específicamente diseñada para equipos de limpieza, desinfección y esterilización de materiales, y productos que así lo requieran, incluyendo las jaulas y complementos utilizados en la estabulación de los animales. Tanto por razones de seguridad dadas las características del centro, como por razones éticas

TABLA I
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS DESINFECTANTES MÁS USADOS

<p><i>Hipoclorito sódico</i> Enérgico agente oxidante, activo contra la mayoría de microorganismos, pero corrosivo para los metales. Se utiliza generalmente a la concentración de 1-5 g/l (1.000-5.000 ppm) de cloro activo. En presencia de materia orgánica se aumenta la concentración hasta los 10 g/l (10.000 ppm) de cloro libre</p> <p><i>Formaldehído</i> Suele comercializarse a una concentración de 370 g/l (37 %) en la solución conocida como formol. Aplicado a la concentración de 50 g/l (5 %) de ingrediente activo, constituye un buen desinfectante líquido eficaz para los virus de la hepatitis B o de Ebola-Marburg. Su vaporización o micronebulización (6 ml de formol/m³ de local) o la despolimerización (10,79 ml de paraformaldehído/m³ de local) proporciona un excelente método para desinfectar salas y edificios. Su actuación, que requiere unas condiciones ambientales de temperatura no inferior a los 21 °C y de humedad relativa superior al 70 %, debe mantenerse durante un tiempo de 8 h, transcurridas las cuales se procede a su eliminación mediante ventilación del espacio con aire limpio o neutralización mediante carbonato de amonio</p> <p><i>Compuestos fenólicos</i> Aunque menos eficaces frente a virus que los hipocloritos, existen productos eficaces frente a virus, rickettsias, hongos y bacterias vegetativas, siendo poco activos frente a formas esporuladas</p>	<p><i>Iodóforos</i> Su acción es parecida a la de los hipocloritos. Debido a su neutralización por la presencia de materia orgánica, deben aplicarse sobre superficies limpias, con soluciones que contengan 0,075 g/l (75 ppm) de yodo activo. Diluidos en alcohol etílico al 50 %, a la concentración de 1.600 ppm de yodo activo, se utilizan para el lavado de manos o como esporicidas. A concentraciones de 0,45 g/l (450 ppm) son eficaces frente a los virus de la fiebre de Lassa y de Ebola-Marburg</p> <p><i>Ácido peracético</i> Se trata de un producto muy potente que puede considerarse un esterilizante, lo que le ha convertido en una de las principales opciones en la tecnología gnotobiológica, a pesar de su alta corrosividad frente a los metales y gomas, así como su fuerte olor y su rápida degradación una vez preparada la dilución de uso</p> <p><i>Alcoholes</i> Los alcoholes etílicos e isopropílicos, a concentraciones del 70-85 %, son utilizados para desinfección rápida de superficies</p> <p><i>Compuestos de amonio cuaternario</i> Detergentes catiónicos muy eficaces para la desinfección de superficies. Se fijan a las proteínas, por lo que pierden eficacia por contacto con materia orgánica. Carecen de actividad esporicida o virucida (virus hidrofílicos), pero sus características de olor débil, ausencia de corrosividad, estabilidad de las soluciones y baja toxicidad han favorecido su implantación</p>
---	--

debido a los animales albergados, conviene disponer de un sistema de alarmas que detecte cualquier fallo que pueda repercutir en la integridad de sistema de barreras o en la supervivencia de los animales. Estos sistemas de alarma no deben resultar estresantes para las especies mantenidas y deben ser detectables desde el exterior, comunicando con un servicio permanente de seguridad.

Seguridad biológica y riesgo de transmisión de agentes infecciosos a las personas

La utilización de modelos de patología infecciosa en un animalario genera un riesgo de

infección hacia los manipuladores y experimentadores en contacto con esos animales. Las exigencias planteadas en cada caso vienen determinadas, fundamentalmente, por el grado de peligrosidad (hacia la especie humana, pero también en general hacia las especies animales) del agente infeccioso en cuestión, y por la especie animal a utilizar en el modelo infeccioso. Con el propósito de valorar el riesgo que comporta el trabajo con agentes infecciosos, tanto sea en un laboratorio como en un estabulario, se han establecido clasificaciones de riesgo biológico para los diferentes microorganismos. De este modo, los requerimientos mínimos necesarios o recomendables para la protección de las personas en

TABLA II
GRADOS DE PELIGROSIDAD DE LOS
AGENTES INFECCIOSOS, EN FUNCIÓN
DEL RIESGO QUE IMPLICA LA INFECCIÓN
PARA EL SER HUMANO

Grado 1

Resulta poco probable que cause una enfermedad en la especie humana

Grado 2

Puede causar enfermedad en la especie humana, y la exposición al mismo puede constituir un peligro, pero es poco probable que se extienda a la colectividad, y por lo general existe profilaxis y/o tratamiento eficaz

Grado 3

Puede causar enfermedad grave en la especie humana, y por tanto la exposición comporta un serio peligro para la salud. Existe riesgo de que se propague a la colectividad, si bien por lo general hay tratamiento y/o profilaxis eficaz

Grado 4

Puede causar enfermedad grave en la especie humana, y por tanto la exposición comporta un serio peligro para la salud. La probabilidad de que se propague en la colectividad es alta, no existiendo por lo general una profilaxis o un tratamiento eficaces

contacto, y que han de cumplir las instalaciones en las que se realiza el trabajo en cuestión, dependen del grado en que esté clasificado el agente infeccioso correspondiente. La normativa europea ha sido recogida en el Real Decreto 664/1997, que establece la peligrosidad de los agentes infecciosos y los grados de contención necesarios para el trabajo con los mismos. Este decreto establece una clasificación de los agentes infecciosos en cuatro niveles de riesgo, desde grado 1 a grado 4, de menor a mayor peligrosidad. Las características de los agentes incluidos en cada uno de los niveles de riesgo se resumen en la tabla II. Ha de tenerse en cuenta que esta clasificación se ha realizado considerando los posibles efectos de los agentes infecciosos sobre sujetos sanos y, por tanto, no se han tenido en cuenta características particulares de la persona, como enfermedades previas, medicación, trastornos inmunitarios, embarazo o lactancia. Las principales bacterias, virus, hongos, parásitos y priones que han de manipularse en contención

de nivel 3 se recogen en la tabla III. Como complemento de esta clasificación de peligrosidad de los agentes infecciosos, el Real Decreto 664/1997 regula además las principales características que han de cumplir las instalaciones que alberguen o manipulen agentes infecciosos (tabla IV). Los niveles de contención de la instalación, con valores progresivos de 1 a 4, se corresponden con los niveles de peligrosidad fijados para los microorganismos respectivos. El grado de protección adecuado de experimentadores y cuidadores, incluso en instalaciones diseñadas de forma óptima, sólo puede alcanzarse a través de procedimientos de trabajo correctos, específicos del trabajo con animales infectados. En la tabla V se incluyen algunas de las recomendaciones que afectan al personal en contacto con animales infectados.

El riesgo de contagio desde los animales infectados hacia las personas puede ser por contacto directo, a través de secreciones (en especial saliva, heces y orina), o por vía aerógena en aerosoles. A su vez, los traumatismos (mordeduras, arañazos), aparte de las lesiones en sí mismas, son vía de inoculación parenteral de agentes infecciosos. La diseminación de agentes infecciosos en aerosoles a partir de los animales infectados obliga a medidas de contención específicas en los alojamientos de animales. En el caso de animales de pequeño tamaño, la contención puede realizarse en aisladores herméticos, con sistemas de filtración absoluta a la salida del circuito. Sin embargo, en el caso de animales de tamaño mediano (p. ej., animales domésticos como el perro, el cerdo o la oveja), la contención sólo es posible desde el cubículo experimental hacia el exterior (sistemas de filtro a la salida del sistema de ventilación). En estos casos, el experimentador ha de protegerse individualmente (mascarillas, etc.) antes de penetrar en el cubículo. Es interesante señalar que algunos de los agentes infecciosos de peligrosidad 3 (tabla III) no se transmiten a través del aire. Este hecho simplifica enormemente la experimentación con estos agentes, pues si bien ésta tiene que seguir realizándose en instalaciones con nivel de contención 3, los animales y las muestras de ellos recogidas no tienen obligatoriamente que manejarse en cabinas de seguridad biológica, aisladores o sistemas similares.

Requerimientos legales de la experimentación animal

La protección de los seres vivos vertebrados utilizados con fines experimentales, científicos o

TABLA III
PRINCIPALES AGENTES INFECCIOSOS CLASIFICADOS EN EL NIVEL DE RIESGO 3, CON INDICACIÓN (*) DE AQUELLOS CUYA TRANSMISIÓN NO SE REALIZA POR VÍA AERÓGENA

<p>Bacterias</p> <p><i>Bacillus anthracis</i> <i>Brucella abortus</i> <i>Brucella canis</i> <i>Brucella melitensis</i> <i>Brucella suis</i> <i>Chlamydia psittaci</i> (cepas aviares) <i>Coxiella burnetii</i> * <i>Escherichia coli</i> (cepas verocitotóxicas) <i>Francisella tularensis</i> (tipo A) <i>Mycobacterium africanum</i> <i>Mycobacterium bovis</i> * <i>Mycobacterium microti</i> <i>Mycobacterium tuberculosis</i> * <i>Mycobacterium ulcerans</i> <i>Pseudomonas mallei</i> <i>Pseudomonas pseudomallei</i> * <i>Rickettsias</i> * <i>Salmonella typhi</i> * <i>Shigella dysenteriae</i> (tipo 1) <i>Yersinia pestis</i></p> <p>Hongos</p> <p><i>Blastomyces dermatitidis</i> <i>Coccidioides immitis</i> <i>Histoplasma capsulatum</i> <i>Paracoccidioides brasiliensis</i></p> <p>Virus</p> <p>Coriomeningitis linfocítica (cepas neurotrópicas) * Hepatitis C</p>	<p>Encefalitis B japonesa Fiebre amarilla * Hepatitis B * Hepatitis D Herpesvirus <i>simiae</i> (virus B) * Virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) * Virus de la inmunodeficiencia de simios (VIS) * Virus de la leucemia de células T (VLCT) * Rabia * Hepatitis E</p> <p>Parásitos</p> <p>* <i>Echinococcus granulosus</i> * <i>Echinococcus multilocularis</i> * <i>Leishmania brasiliensis</i> * <i>Leishmania donovani</i> * <i>Plasmodium falciparum</i> * <i>Taenia solium</i> * <i>Trypanosoma brucei rhodesiense</i> <i>Trypanosoma cruzi</i></p> <p>Encefalopatías espongiiformes transmisibles</p> <p>* Enfermedad de Creutzfeldt-Jakob * Síndrome de Gerstmann-Sträussler-Scheinker * Encefalopatía espongiiforme bovina (EEB) * Otras TSE de origen animal afines</p>
---	---

educativos está regulada en el ámbito del Consejo de Europa por el Convenio Europeo firmado en 1986 y en el marco de la Unión Europea por la Directiva 86/609/CEE. En el ámbito estatal se recoge la aplicación de estas normativas en el Real Decreto 223/1988 que, a su vez, establece las competencias de las distintas Comunidades Autónomas en la regulación y control de la experimentación animal. En Cataluña, el marco jurídico ya existente sobre protección animal (Ley 3/1988) se complementa con la legislación específica sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otras finalidades científicas: Ley 5/1995 y Decreto 214/1997. Así pues, la utilización de seres vivos vertebrados como modelos experimentales en patología infecciosa debe realizarse de acuerdo con lo establecido en esta legislación, en los distintos aspectos que a continuación se resumen:

¿Cuándo se pueden desarrollar procedimientos que impliquen el uso de animales?

Sólo en aquellos casos en los que no exista un procedimiento alternativo, factible y validado que permita obtener unos resultados equivalentes sin usar animales.

¿Quién puede diseñar y realizar procedimientos experimentales con animales?

Solamente aquellas personas debidamente acreditadas como personal investigador y experimentador, sobre la base de su nivel de formación y experiencia.

¿Dónde se pueden llevar a cabo procedimientos experimentales con animales?

Únicamente en centros debidamente registrados, lo que garantiza que disponen de instalaciones y personal adecuados para estos fines.

TABLA IV
 MEDIDAS DE CONTENCIÓN A OBSERVAR PARA LOS DIFERENTES GRADOS
 DE PELIGROSIDAD DE LOS AGENTES INFECCIOSOS

<i>Medidas de contención</i>	<i>Niveles de contención</i>		
	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1. La zona de trabajo se encontrará separada de toda actividad que se desarrolle en el mismo edificio	No	Aconsejable	Sí
2. El aire introducido y extraído de la instalación se filtrará mediante filtros HEPA	No	Sí, para el aire de salida	Sí, para el aire de entrada y de salida
3. Acceso controlado de personal	Aconsejable	Sí	Sí, con exclusión de aire
4. La instalación deberá poder precintarse (por zonas o en su totalidad) para permitir su desinfección	No	Aconsejable	Sí
5. Procedimientos de desinfección especificados	Sí	Sí	Sí
6. La instalación se mantiene globalmente en presión negativa respecto a la presión atmosférica	No	Aconsejable	Sí
7. Control eficiente de vectores (p. ej., roedores e insectos)	Aconsejable	Sí	Sí
8. Superficies impermeables al agua y de fácil limpieza	Sí, para superficies de trabajo	Sí, para superficies de trabajo y suelos	Sí, para superficies de trabajo y suelos, paredes y techo
9. Superficies resistentes a ácidos, álcalis, disolventes y desinfectantes	Aconsejable	Sí	Sí
10. Almacenamiento de seguridad para agentes biológicos	Sí	Sí	Sí, almacenamiento seguro
11. Ventana o dispositivo de observación equivalente para visualizar a los ocupantes de las zonas de trabajo	Aconsejable	Aconsejable	Sí
12. Instalación con equipamiento propio	No	Aconsejable	Sí
13. El material infectado, incluidos los animales, deberá manejarse en cabinas de seguridad biológica o aisladores apropiados	Cuando proceda	Sí, para infecciones que se propaguen por el aire	Sí
14. Incinerador para la destrucción de cadáveres de animales	Aconsejable	Sí	Sí, en la misma instalación

TABLA V
PROCEDIMIENTOS Y RELATIVOS AL
PERSONAL EN ANIMALARIOS CON NIVEL
DE BIOSEGURIDAD 3

Acceso a las salas de inoculación restringido o limitado a personal informado del riesgo de infección. No se permite el acceso a personas con mayor riesgo de infectarse
Colocación de signos de peligrosidad biológica bien visibles a la entrada de los habitáculos de animales en el caso de que se requiera equipo de protección accesorio (máscara, etc.), con la indicación respectiva
Lavado de manos al manipular animales, al quitarse los guantes, y al abandonar la instalación
Prohibición de comer, beber, y fumar, y de almacenar alimentos en los habitáculos de animales
Evitar la formación de aerosoles en cualquier manipulación
Descontaminación de las superficies de trabajo si se derrama material infeccioso
El personal sigue programas de vacunación apropiados, y se le practican pruebas de diagnóstico de forma rutinaria frente a las enfermedades a las que está expuesto. Así mismo, se recogen muestras de suero del personal, que se analizan y se conservan de forma histórica
Existe un manual de bioseguridad, puesto en conocimiento del personal, que recibe instrucción periódica y actualizaciones sobre procedimientos, al menos anualmente
Se adoptarán precauciones especiales al manipular instrumentos contaminados punzantes o cortantes (agujas, hojas de bisturí, etc.), que serán colocadas en contenedores especiales para ser autoclavados antes de su eliminación

¿Cuál es el proceso a seguir para desarrollar un procedimiento experimental?

El investigador ha de presentar un protocolo detallado del estudio, que debe ser previamente aprobado por el comité ético en experimentación animal del centro y notificado a la Administración. En determinados supuestos se requiere también la autorización previa de la Administración.

¿Qué aspectos principales debe supervisar este comité ético?

La idoneidad del procedimiento en función de los objetivos del estudio, la utilización del menor número posible de animales que permita obtener conclusiones válidas, la inexistencia de métodos alternativos a la utilización de animales, la idoneidad del modelo experimental seleccionado, el correcto tratamiento y cuidado de los animales, la aplicación de todas aquellas técnicas que permitan reducir o eliminar el sufrimiento, dolor y estrés de los animales, la utilización de métodos eutanásicos adecuados y humanitarios, la adecuada formación del personal que intervenga en el estudio y que el mismo se desarrolle de acuerdo con el protocolo aprobado.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Anónimo. Classification of etiologic agents on the basis of hazard (4ª ed.). U.S. Public Health Service Ad Hoc Committee on the safe shipment and handling of etiologic agents. Washington DC: U.S. Department of Health Education and Welfare, 1974.
- Anónimo. Biological safety manual for research involving oncogenic viruses. National Cancer Institute. DHEW Pub. n° 76-1165. Washington DC: U.S. Department of Health Education and Welfare, 1976.
- Anónimo. Council Directive of 24 November 1986 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States regarding the protection of animals used for experimental and other scientific purposes (86/609/EEC). Anexo II al artículo 5, 1986.
- Anónimo. Biosafety in the laboratory: prudent practices for handling and disposal of infectious materials. Committee on hazardous biological substances in the laboratory. National Research Council. Washington DC: National Academy Press, 1989; 244.
- Anónimo. Biosafety in microbiological and biomedical laboratories (3ª ed.). Centers for Disease Control and National Institutes of Health DHHS Pub. n° (CDC) 93-8395. Washington DC: U.S. Department of Health and Human Services, 1993; 177.
- Anónimo. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) and National Institutes of Health (NIH). Biosafety in microbiological and biomedical laboratories (3ª ed.). HHS Pub. n° 93-8395. Washington DC: U.S. Government Printing Office, 1993.
- Anónimo. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) and National Institutes of Health (NIH). Primary containment biohazards: selection, installation, and use of biological safety cabinets. Washington DC: U.S. Government Printing Office, 1995.
- Anónimo. Biosafety guidelines. Revised 1997 from of the University of Toronto, 1997. <http://duke.usask.ca/~whiterv/bioman6b.html>
- Barbeito MS et al. Recommended biocontainment features for research and diagnostic facilities where

- animal pathogens are used. *Rev Sci Tech* 1995; 14: 873-887.
- Block, Seymour S. *Disinfection, sterilization and preservation* (4ª ed.). Lea & Febiger, 1991.
- Heine, Willi OP. *Umweltmanagement in der Labortierhaltung*. Pabst Science Publishers, 1998.
- Federation of Animal Science Societies. *Guide for the care and use of agricultural animals in research and teaching*, 1999.
- McElvaine M et al. Defining and applying risk analysis: excerpts from the proceedings of the fourth national symposium on biosafety. *Lab Animal* 1997; 26: 22-25.
- Murray PK. An overview of the roles and structure of international high-security veterinary laboratories for infectious animal diseases. *Rev Sci Tech Off Int Epiz* 1998; 17: 426-443.
- National Institute of Health. *Guide for the care and use of laboratory animals* (6ª revisión). Washington DC: National Academy Press, 1996.
- NRC. *Occupational health and safety in the care and use of laboratory animals*. Washington: National Academy Press, 1997.
- Richardson JH et al. Biosafety guidelines—an annotation of animal biosafety level. *Lab Animal* 1996; 25: 32-35.
- Richmond JY et al. Working safety at animal biosafety levels 3 and 4: facility design and management implications. *Lab Animal* 1997; 26: 28-35.
- Seamer JH et al. *Safety in the animal house* (2ª ed.). En: *Laboratory Animal Handbooks* 5. Londres: Laboratory Animals Ltd., 1981.
- Simmons ML. Biohazards and zoonotic problems of primate procurement, quarantine and research. En: *Cancer research safety monograph series*. Vol. 2 DHEW. Pub. n° 76-890. Washington DC: U.S. Department of Health Education and Welfare, 1976; 137.
- Swiss Federal Act on Animal protection of March 9, 1978 (State as per July 1, 1995), <http://www.admin.ch/bvet>
- Swiss Animal Protection Ordinance of May 27, 1981 (State as per November 1, 1998), <http://www.admin.ch/bvet>
- Van Zutphen LFM et al. *Principles of laboratory animal science*. Elsevier Science Publishers B.V., 1993.
- Weinberg AN, Weber DJ. Animal-associated human infections. *Infect Dis Clin North Am* 1991; 5: 1-181.
- World Health Organization (WHO). *Laboratory biosafety manual* (2ª ed.). Ginebra: WHO, 1993.

DISCUSIÓN

J.M. MIRÓ: La mayor parte de modelos experimentales que se han comentado hoy, con bacterias y hongos, se situarían en un nivel inferior al que has centrado tu presentación. Creo que sólo el modelo del grupo de Pere-Joan Cardona, con micobacterias, correspondería al nivel 3. ¿Podrías comentar brevemente las medidas correspondientes al nivel 2?

M. DOMINGO: En el nivel de contención 2 se requieren las medidas de un laboratorio convencional, es decir, se restringe un poco la entrada de personal, siendo aconsejable que haya un acceso controlado pero sin ser absolutamente obligatorio. Es lógico que si se trabaja con modelos infecciosos sería mucho más conveniente asegurar este acceso restringido. No se requiere aislamiento especial, no hace falta filtrar el aire de salida, ni poder precintar la instalación para posibles escapes de algún agente infeccioso y no se necesita tener presión negativa. La ventilación puede ser la habitual de un centro de investigación, con un sistema estándar de aire acondicionado. Las poyatas, lógicamente, deben tener las superficies tratadas para poder trabajar en ellas y poder desinfectarlas, pero no se requiere nada especial en suelos, paredes y techos.

J. GAVALDÀ: Por un lado me parece fantástico que la normativa no obligue a un nivel de seguridad

especial para los grupos que trabajamos con modelos de infección en animales, porque, a veces, nos encontramos con ciertas trabas para poder trabajar con una cierta "comodidad". Estamos convencidos que la mayoría de modelos experimentales de infección no comportan ningún riesgo para el resto de procedimientos, pero generalmente es difícil convencer a los otros investigadores. Finalmente, me gustaría comentar que el grado de seguridad dentro de un mismo nivel 2 variará en función del patógeno con el que se trabaje; por ejemplo, si trabajas con un modelo de endocarditis por *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM), se deben tomar medidas de aislamiento de contacto porque uno puede convertirse en portador, al igual que si se trabaja con neumonía por neumococo altamente resistente.

M. DOMINGO: Respecto a la primera observación, si se está trabajando con un grupo de nivel 3, se debe trabajar lógicamente de forma independiente. Lo que es absurdo es obligar a que modelos que estén en nivel 2, deban entrar en una instalación de nivel 3, porque no tiene ninguna lógica y va a complicar de forma grave la manera de trabajar, además de crear cierto síndrome diario de resistencia de entrar en las instalaciones antes de empezar a trabajar. Cen-

trándonos en el nivel 2, convencer a las personas de alrededor de que un tipo de agente infeccioso no va a ser problemático para sus experimentos dependerá fundamentalmente de las barreras de contención que podamos argumentar y mostrar a la otra persona o grupo. De todas maneras, eso no siempre es fácil porque no todo el mundo entiende las dudas de una misma manera. El entendimiento siempre es más fácil, en mi opinión, entre investigadores que entre un grupo de investigación y la autoridad administrativa o la autoridad laboral. Lo mejor es aislar totalmente, no compatibilizar y evitar zonas comunes de trabajo para determinados procedimientos, siempre que ello sea posible. La normativa establece que se haga una valoración de riesgo en cada caso y que, fruto de esta valoración, se tomen las medidas más oportunas.

J. GAVALDÀ: Si centramos la discusión en el nivel 2, tú sugieres separar los diferentes procedimientos, ante lo cual yo no estoy nada de acuerdo. Es decir, si tenemos que rentabilizar nuestros espacios de estabulario y además queremos trabajar con comodidad y eficacia, lo ideal es disponer de espacio y evitar separaciones excesivas del animalario. Mi experiencia es que trabajar con endocarditis, osteomielitis, peritonitis, etc., no comporta ningún riesgo para grupos próximos que no trabajen con infecciones; sin embargo, siempre que se plantea el tema dentro de un mismo nivel 2, acaban obligándonos a separar el estabulario y el laboratorio, lo que al final conduce a espacios muy reducidos, con una incomodidad absoluta y sin ningún sentido.

M. DOMINGO: Tal vez las cosas podrían mejorar si este tipo de decisiones se acordaran de forma colegiada y con una discusión independiente a los dos grupos enfrentados por ese problema. La normativa considera la posible constitución de una comisión, dependiente de la empresa, que debe realizar este tipo de valoraciones de riesgo antes de tomarse medidas. En cualquier caso, aconsejo explicarlo a los respectivos directores de vuestros estabularios, que son en este momento los que pueden tomar decisiones sobre si podéis trabajar con vuestros modelos *dentro, al lado o fuera* de determinadas instalaciones.

J.L. RODRÍGUEZ TUDELA: Para el establecimiento del nivel de seguridad es importantísimo tener

en cuenta también cómo se transmite el microorganismo con el que se trabaja, si lo hace por aire o por otra vía. Las precauciones, por ejemplo, con *S. aureus*, deben ser muy diferentes que con otros microorganismos. Y, como se ha comentado, a pesar de la importancia que pueda tener la normativa, siempre debe prevalecer el sentido común. En los laboratorios de microbiología y de modelos de infección se manipulan grandes cultivos de microorganismos algunos de los cuales hay que considerar con otro nivel de seguridad; es el caso de *Legionella* o *Cryptococcus neoformans* que, por ejemplo, no son contemplados en el decreto.

J. CANTÓ: Creo que se debe abandonar la creencia de que los que trabajan con determinados modelos experimentales sean unos "apestados", aunque sea con modelos de patología infecciosa. La posible solución al problema que se ha planteado anteriormente y si no se quiere crear una comisión, sería el nombramiento, como establece la ley, de una persona responsable de estos temas para todo el centro. Así se evita la polémica y el enfrentamiento entre los propios grupos de investigación implicados. El responsable, basándose en criterios científicos y a través de la dirección del centro, será quien deba comunicar a los grupos cuáles tienen que utilizar un espacio, compartido o no con otros investigadores. De todas maneras y en determinadas situaciones, existen además problemas de falta de espacio para poder compartimentar los laboratorios. Esto puede ser independiente de que se trabaje con patología infecciosa o no, y la justificación reside en que determinados grupos de investigación agradecerían tener su pequeña zona de experimentación a fin de facilitar el control de los experimentos, no por el riesgo de infección, en este caso, sino por la conciencia de los miembros del grupo en evitar ruidos, lo que repercute en un menor estrés para los animales y se traduce en la obtención de mejores o más fiables resultados en los experimentos. A nivel sanitario la solución la brindan las cabinas o unidades autónomas de aislamiento, también conocidas como armarios, que permiten compartimentar una sala en 3 o 4 de pequeñas, sin hacer obras, y que ofrecen garantías, incluso, de filtración sanitaria, si es que es éste el riesgo, para que distintos grupos puedan compartir un mismo espacio.