

CAPÍTULO 5

Diseño y planificación de bioterios

Fabricio Maschi y Estela Rogers

Consideraciones previas

El buen diseño de instalaciones para el alojamiento de animales de laboratorio combinado con un buen manejo de los mismos es esencial para el bienestar de dichos animales, para la calidad de las investigaciones y la producción, para los ensayos en los que pueden utilizarse y para la salud y seguridad del personal. Las condiciones del entorno donde se crían y mantienen, y aquellas donde se realizan las experiencias de investigación, influyen en gran medida en la variabilidad de los resultados experimentales. Durante gran parte de la historia, el insuficiente control de las variables que actuaban sobre la respuesta del animal, como por ejemplo los parámetros ambientales, su estado sanitario, su alimentación y las condiciones de manejo fueron causales de frustración de muchísimos experimentos.

A medida que se fue conociendo la forma en que estos factores impactaban en los animales se comprendió la necesidad de controlarlos mediante instalaciones adecuadas que permitieran disminuir la variabilidad de los resultados experimentales, el número de animales utilizados y mejorar la calidad de las investigaciones realizadas.

Los Bioterios se definen como un recinto construido y habilitado con determinados requisitos técnicos y con equipamiento suficiente para criar, mantener y experimentar con animales, garantizar su bienestar y obtener datos válidos y reproducibles.

Un bioterio moderno hoy constituye una instalación específicamente diseñada para la producción y experimentación con animales en condiciones estandarizadas, donde se controlan exhaustivamente las condiciones ambientales, los requerimientos fisiológicos y etológicos de las especies que se mantienen, la logística y la seguridad del ambiente laboral para los técnicos e investigadores.

Para el desarrollo de cualquier proyecto lo ideal es determinar el espacio total que demandará la instalación y reunir la mayor información sobre las distintas funciones que se llevarán a cabo en la misma, las especies a mantener, los usuarios y sus actividades específicas.

Es deseable que se definan los objetivos de ese bioterio, para facilitar la planificación y su diseño, es decir; establecer si se realizará sólo experimentación con animales, sólo producción o si se destinará a ambas actividades.

La información que hay que reunir sobre las especies debe incluir:

Qué especies y líneas se mantendrán y si se criaran en el bioterio.

Qué calidad sanitaria o estatus microbiológico es requerido para cada una de ellas.

Cuál es el número máximo de animales que se mantendrán en experimentación

Qué cantidad de animales provendrán de otras instituciones.

Respecto a las investigaciones que se realicen es fundamental conocerlas previamente para determinar las necesidades de espacio e infraestructura para los laboratorios, como así también tener conocimiento sobre la conformación de los grupos de investigación, lo que permitirá un mejor diseño de las unidades funcionales destinadas a esta actividad. Por ejemplo:

Quirófanos (filtración del aire, pre-quirófanos, lavamanos especiales).

Diagnóstico por imágenes, rayos X, resonancia magnética, radioisótopos (aislamiento magnético, aislamiento a la radiación, tratamiento del aire extraído).

Infección experimental (nivel de bioseguridad requerido, tratamiento del aire, presurización diferencial, tratamiento de residuos y desagües).

Toxicología (jaulas especiales, refrigeración especial).

Comportamiento (aislamiento acústico, fotoperiodo invertido, visores).

Docencia (ubicación de laboratorios de práctica, aulas).

Esta recopilación de información requiere de la experiencia de un asesor para que pueda intercomunicarse con los diversos actores: investigadores, técnicos, dirección técnica de la obra, también deberá estar capacitado para conocer los posibles equipos a ser instalados y sus tamaños, el requerimiento de suministros para los mismos (potencia eléctrica, consumos, desagües, refrigeración, etc.).

Los bioterios dotados de los medios apropiados para todos estos requerimientos son muy costosos por lo tanto es muy importante hacer todo lo posible para asegurarse que sean programados, diseñados y construidos en función del tamaño y de la extensión para el uso de animales del momento, pero con la flexibilidad suficiente para satisfacer futuras necesidades (Vivarium Design Policy and Guidelines, 1996).

Diseño: distribución de espacios y áreas específicas

Un proyecto de diseño para este tipo de instalaciones requiere de una serie de consideraciones a tener en cuenta y que son aplicables en la mayoría de las situaciones:

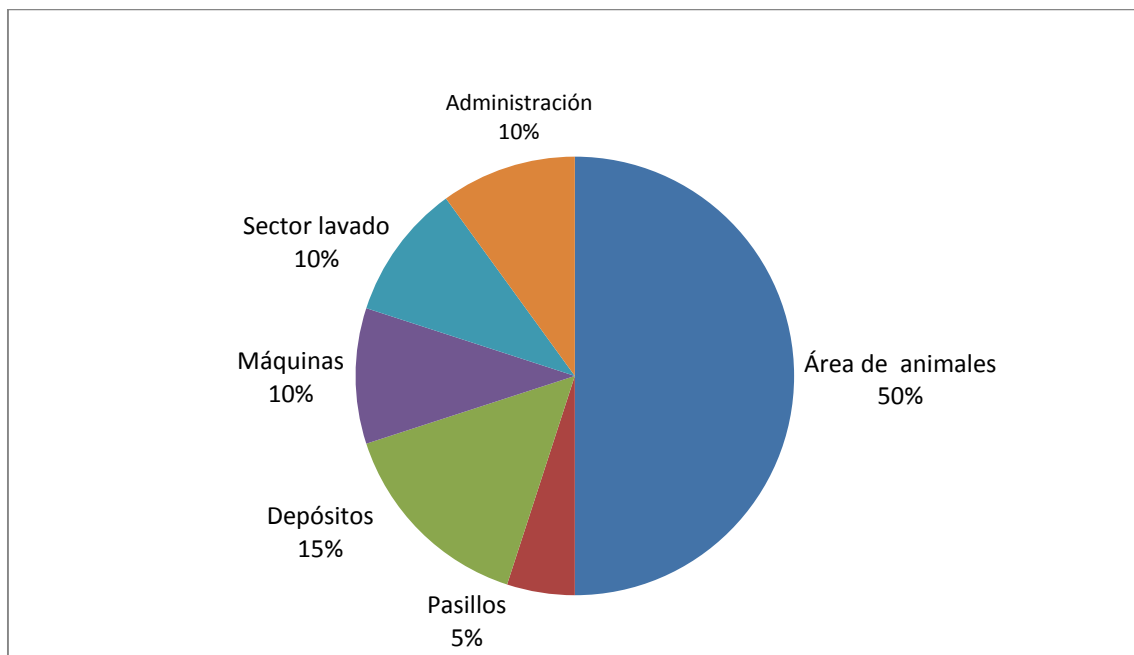
Los diseños deben ser de fácil adaptación a nuevos requerimientos o remodelaciones a corto o mediano plazo.

Deben tener fácil acceso a inspecciones, reparaciones, y revisiones de rutina de equipos e instalaciones.

Es ideal contar con asesores o consultores expertos y con experiencia en problemáticas que surgen en la construcción y mantenimiento de este tipo de instalaciones para colaborar y apoyar a arquitectos o ingenieros que en general no están tan familiarizados en este tipo de emprendimientos.

Fundamentalmente y debido a la amplitud de esta temática, solo enfocaremos información general aplicada a las instalaciones para la cría y mantenimiento de roedores.

Un aspecto de importancia a considerar en el diseño, tiene que ver con la calidad sanitaria de los animales que se van a utilizar y/o el tipo de investigación que se desarrollará, dado que esto se relaciona con aspectos de seguridad para los animales y las personas que trabajen con ellos. En base a esto para el diseño es necesario considerar si se debe contar con áreas bajo barreras (o áreas limpias) dentro del bioterio, o si toda la unidad será un ambiente controlado para mantener animales SPF; también es importante conocer si se necesitaran áreas para trabajar con materiales o animales infectados experimentalmente y en este caso establecer cuáles son los niveles de bioseguridad necesarios, y que especies se mantendrán (CCAC, 2003).



Respecto de las proporciones de las distintas áreas funcionales que conforman la instalación, estas son muy variables y dependen del espacio total disponible y su finalidad, como así también de la prioridad de ciertos sectores. En líneas generales se recomiendan como ideales:

Áreas para animales

En estas se incluye no solo donde se mantienen o crían los animales, sino también donde se realizan las experiencias, cuarentena, salas de comportamiento, etc.

Es importante cuando se diseñan las salas de alojamiento, considerar posibles usos futuros de estas instalaciones. Donde el uso de animales ha sido uniforme y constante por varios años, todos los locales se pueden diseñar para el uso de especies de animales específicos. Sin embargo, en muchos bioterios el uso de animales fluctúa considerablemente,

por ésta razón, la polivalencia y la flexibilidad es sumamente importante. Una sala de alojamiento polivalente es un local que encuentra los requerimientos aceptables para el alojamiento de especies diferentes.

Las salas de producción o cría, su diseño, cantidad de salas y dimensiones se determinará de acuerdo con las especies que se necesite criar.

Las salas de mantenimiento dependerán del consumo y edad de los animales a utilizar en las experiencias.

Las salas de experimentación se diseñarán en función del tipo de investigación, cantidad de grupos de investigadores, equipos utilizados e infraestructura necesaria. Deben estar disponibles locales de alojamiento separados para cada especie, según su origen y para cada uno de los proyectos de los investigadores. Por lo tanto, es preferible tener varias salas pequeñas y no pocas salas y grandes. Se puede hacer excepciones cuándo los investigadores utilizan las mismas especies provenientes de la misma fuente, para proyectos diferentes (por ejemplo, producción de anticuerpos en conejos). El alojamiento mezclado se debe limitar a grupos de animales de una misma especie, de condiciones sociales y de salud compatibles. Cuando conviven en el mismo ambiente varias especies, es posible lograr cierto grado de aislamiento mediante un diseño especial de la sala y por la selección del equipo y/o de las jaulas. Se pueden reducir los riesgos de contaminación cruzada con el uso de cubículos de aire controlado, de unidades de flujo laminar portátiles, y de varios tipos de jaulas de aislamiento. Se deben prever salas especiales para el uso de radioisótopos, agentes infecciosos y sustancias altamente tóxicas en caso de que fuera necesario.

Las manipulaciones experimentales no se deben efectuar en los locales de alojamiento de los animales, a menos que sea requerido por el protocolo experimental o por razones de contención y que sea aprobado por el comité de protección de los animales. Deben estar disponibles instalaciones separadas para la cirugía, la eutanasia etc, sin embargo, estas no necesitan estar todas ubicadas dentro de los bioterios. En estos casos, las salas de alojamiento deben estar ubicadas lo más cerca posible de los laboratorios de investigación y salones para enseñanza. (Real Decreto 12/01, 2005).

Los bioterios pueden incluir salas para algunas o todas las actividades siguientes: preparación pre quirúrgica, cirugía, cuidados postoperatorios, radiología, necropsia, servicios diagnósticos, preparación de dietas especiales, droguería o farmacia, etc. El diseño y la organización de instalaciones especiales dependerán de su utilización. Sin embargo, aún con instalaciones de poca magnitud, siempre se debe prever un área especial o un local reservado para cirugías menores y/o tratamientos, además de una sala de necropsias.

Puede ser difícil de prever salas de diagnóstico separadas en los bioterios pequeños. En tales casos, habrá que tomar las medidas necesarias para la provisión de tales servicios (Botet J. y col. 2003).

Las salas de cuarentena, son importantísimas para la recepción de animales procedentes del exterior y/o aislamiento de animales enfermos. Deberán estar separadas del resto de las áreas y cerca del acceso de los servicios. Esta área debe tener el espacio suficiente para el

desembalaje y el examen e inspección inicial de los animales y para mantenerlos bajo condiciones ambientales apropiadas, hasta que sean ubicados en una de las salas para animales. Sus dimensiones y número se determinarán de acuerdo con la capacidad del bioterio, funcionamiento del mismo y especies a alojar.

Áreas de servicio

Dentro de esta se incluyen la sala de lavado, limpieza y desinfección, salas de máquinas o plantas técnicas, depósitos, vestuarios, administración y oficinas, y pasillos de comunicación.

Instalaciones para el personal

Estas áreas funcionales se pueden combinar o separar. Es preferible que estén contiguas y no adentro de las instalaciones de los animales. Se debe considerar un espacio suficiente para el personal administrativo, ocasionalmente técnicos, y para recibir los numerosos archivos que es necesario guardar.

Las instalaciones para el personal deben favorecer altas normas de higiene personal y proveer salas fácilmente accesibles con armarios, duchas, lavamanos e inodoros, dónde el personal se pueda cambiar la indumentaria. Según el diseño de la instalación, puede ser necesario tener este tipo de salas en varios sectores. Se debe proveer ropa protectora apropiada y cumplir con las normas de seguridad e higiene correspondientes.

También se debe contar con salas donde el personal pueda descansar, comer y hacer reuniones de trabajo. Es preferible que estén contiguas, pero fuera del área de alojamiento de los animales. Además, sería muy útil tener una biblioteca donde el personal pueda consultar (puede incluir libros, revistas, boletines, catálogos y otras fuentes de material pertinente al trabajo que allí se desarrolle).

Las salas de lavado, limpieza y desinfección constituyen, junto con el equipamiento necesario, la principal zona de servicio del bioterio, y su diseño es fundamental para asegurar la eficacia de un buen funcionamiento. Para ello es imprescindible tener en cuenta la cantidad de material a procesar, el equipamiento necesario, y el acceso y separación con otras zonas.

La ventilación debería ser suficiente para eliminar los olores, el exceso de calor y de vapor del resto de la instalación. Los lavatorios para la limpieza de manos y de piezas especiales de equipo son muy útiles, así como también los lavatorios o piletas profundas y grandes. Se pueden colocar autoclaves y otros equipos especiales en esta área. Idealmente, el área de lavado debería ser diseñada para separar el material limpio del sucio. Si el lavado de las jaulas o los estantes de jaulas se hacen por pulverización, se recomienda instalar un sector separado por muros y con agua caliente y fría, además de un distribuidor de desinfectante.

Las plantas técnicas o salas de máquinas son imprescindibles para el funcionamiento de las condiciones controladas de la unidad. Aquí se disponen los equipos pesados como el sistema centralizado de aireación y confort térmico, calderas, grupos electrógenos, compresores, enfriadores, etc. Desde estas zonas es posible acceder al mantenimiento de equipos sin tener necesidad de ingresar a las zonas de barreras donde se encuentran los animales por lo que su disposición respecto de las áreas de animales es fundamental.

Los depósitos son imprescindibles y su tamaño depende de la capacidad total de animales del bioterio. Se necesitan depósitos externos e internos (dentro del área de animales) donde se almacena alimento y el lecho para los animales, y también productos químicos como desinfectantes y otros equipamientos como cajas o jaulas, biberones, etc. Se pueden conservar pequeñas cantidades de alimento y de lecho en las salas de los animales, en recipientes cubiertos que sean apropiados. Para minimizar el deterioro y la contaminación de los alimentos, se tienen que almacenar en cámaras frías, secas a prueba de roedores e insectos.

La falta de espacio de almacenaje es una de las deficiencias más serias y más frecuentes encontradas en el diseño de una instalación. No se debe almacenar equipamiento en los vestíbulos, pasillos o en salas donde se alojan animales. También el equipamiento limpio, destinado para uso en las salas donde se alojan animales, debería ser trasladado allí solamente cuando se necesite. Las áreas usadas para almacenar equipamiento limpio deben estar separadas de las áreas de recepción del equipamiento sucio

Eliminación de desechos

El área de eliminación de desechos debe proveer espacio para el almacenaje apropiado de material relacionado a los animales, excrementos, camas sucias, etc. Los desechos se deben guardar en una heladera o en una cámara fría reservada para éste fin en caso de que no sean retirados. Los desechos que se depositan afuera de las instalaciones se deben mantener en recipientes cerrados herméticamente. Los bioterios deben cumplir con los reglamentos locales de almacenaje y de eliminación de los desechos. La manipulación de los desechos tóxicos, infecciosos o radioactivos debe cumplir con los reglamentos institucionales y las leyes locales.

Los pasillos son muy importantes ya que además de interconectar las distintas dependencias deben ser anchos para permitir el tránsito y giro de equipos grandes como son las estanterías y sus cajas hacia la zona de servicio.

El diseño debe permitir el sentido de la circulación desde lado más limpio hacia las áreas más sucias. Las salas más frecuentemente usadas por los investigadores deberían ubicarse cerca de la entrada de los bioterios para minimizar la circulación.

Seguridad

El acceso a los bioterios debe ser limitado a fin de asegurar un control constante del ambiente, evitar el ingreso de contaminaciones y para minimizar las interferencias que pueden modificar los resultados experimentales.

Las entradas y salidas deben ser restringidas y los bioterios mantenidos bajo llave o cierres inviolables en todo momento. Solamente el personal autorizado puede tener acceso. Cuando un gran número de investigadores usan las mismas instalaciones, es aconsejable tener cerraduras o claves de acceso individuales para cada sala.

Si es posible se pueden instalar sistemas electrónicos de control de acceso (UFAW, 2010).

Diseño: opciones y ubicación

El planteo de diseños de bioterios abarca desde una unidad nueva, una remodelación de una infraestructura preexistente, hasta el empleo de unidades móviles prefabricadas.

Cada situación requerirá de un análisis previo y del presupuesto disponible para su ejecución y mantenimiento a futuro.

En cuanto a la ubicación del bioterio se deberá analizar si es preferible que esté el edificio aislado junto con sus laboratorios y servicios adicionales, ya que tendrá de esta manera mayor flexibilidad a la hora de pensar en el futuro en una posible expansión de alguna de sus áreas.

Respecto a la edificación en plantas, lo recomendable es disponerlo íntegramente en planta baja para facilitar las operaciones de carga y descarga de materiales e insumos, caso contrario es necesario y más costoso el tráfico en vertical de estos a través de montacargas y/o ascensores.

Respecto a la remodelación de unidades, siempre es más difícil llegar a lograr un buen diseño, porque requiere fundamentalmente de la adaptación a una unidad estructuralmente definida y en general se tienen pocas posibilidades para ampliaciones a futuro, o para cumplir con requisitos especiales como, por ejemplo, determinado nivel de bioseguridad.

Una nueva modalidad es el empleo de unidades móviles prefabricadas, en las cuales se parte de contenedores marítimos y se les da la finalidad de una pequeña unidad experimental, las cuales representan ventajas en cuanto a la ubicación definitiva, menores costos de inversión, y la posibilidad de readaptarlo rápidamente para otro destino.

Características constructivas

“La Guía para el Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio” (Guide for the care and use of lab animals, 2011) sugiere lo siguiente:

Pisos y desagües

Los pisos deben ser sin ranuras, duraderos, no resbaladizos, estancos al agua y fáciles de desinfectar. Deben estar unidos con las paredes con una curva a fin de eliminar los ángulos agudos.

Deben estar inclinados hacia los desagües y es importante establecer el nivel apropiado de esta pendiente en todas las nuevas construcciones. El grado mínimo de pendiente recomendada para los pisos es de 2.1 cm/m. Se debe prestar una especial atención para asegurar que éste componente crítico de la construcción de los pisos esté adecuadamente efectuado.

Se recomienda que los desagües estén equipados con un mecanismo de descarga de agua que permita mantener un sello de agua limpia (es decir que siempre quede agua limpia en la trampa). Sin embargo, se debe ubicar la descarga de agua en un lugar que no interfiera con la colocación de las jaulas o de los corrales. Los desaguaderos tendrán una rejilla y una trampa móvil para desechos. Su diámetro y los caños de evacuación debe ser por lo menos de 10.5cm donde se evacúan excrementos y restos de lecho. Los desagües de piso destinados para la eliminación de desechos deben estar ubicados al final de la línea principal de drenaje. Se deben verificar regularmente para asegurar su funcionamiento apropiado, su estanqueidad y la ausencia de insectos, además, se deben cubrir y sellar los que no están en uso.

En las salas diseñadas únicamente para alojar especies pequeñas no se necesitan desagües de piso. Como alternativa, se pueden usar sistemas de aspiración de agua que permitan sacar los desechos y limpiar con desinfectantes o con otros productos de limpieza.

Paredes y techos

Las paredes deben ser construidas con materiales impermeables, sin fisuras, tienen que ser sólidas y fáciles para limpiar y desinfectar. Es difícil reducir el ruido con éstos tipos de materiales. No es necesario que las paredes sean tan resistentes como los pisos, con tal que estén protegidas por cenefas o por topes. Las aperturas en los techos y las paredes para los caños de servicio deben ser adecuadamente cerradas y selladas para impedir la entrada de roedores e insectos.

Se recomienda que los techos en todas las salas sean sin juntas ni fisuras, sí con uniones estancas con las paredes. En algunos pasillos, puede ser necesario colocar escotillas en los techos, para permitir el acceso a los sistemas mecánicos. Estos accesos deberán ser hechos con materiales fáciles para desinfectar y que impidan la entrada de roedores en el espacio del techo.

Puertas

Las puertas de los bioterios deben ser diseñadas y construidas para impedir la entrada de roedores. Se prefieren las puertas que cierren solas, de metal o cubiertas de metal, con ventanas de observación que se puedan cerrar. Las dimensiones mínimas recomendadas para las puertas son 107 cm de ancho y 213 cm de alto, para permitir el libre paso de equipamientos.

Ventanas

Las ventanas exteriores complican el control de la temperatura, debido a la radiación y a la conducción que pueden poner en peligro la salud de los animales y los resultados de las investigaciones. También interfieren con el control del fotoperiodo. Si las ventanas ya están instaladas, se deben diseñar o modificar para minimizar los efectos mencionados y para favorecer al máximo la limpieza.

Pasillos

Los pasillos deben estar ubicados estratégicamente para facilitar la circulación prevista en las rutinas de trabajo.

Las normas de diseño para los pisos de pasillos, los desagüados, las uniones paredes/pisos, topes, etc., son las mismas que fueron descritas para las salas de los animales. Los pasillos de tránsito deben ser por lo menos de 182cm de ancho. Los otros pasillos deben ser suficientemente anchos para permitir el movimiento libre del personal y del equipamiento. No se deben fijar objetos protuberantes a menos de una altura de 213 cm y proteger adecuadamente aquellos ya instalados. Los rincones expuestos deben ser protegidos con placas de acero o con otro material resistente. Todos los protectores y dispositivos deben ser sellados para excluir roedores. Los pasillos que llevan a áreas ruidosas deben tener puertas dobles u otro dispositivo contra el ruido.

Servicios

Las cañerías de servicio deben estar instaladas en el piso superior de los bioterios o el espacio sobre el techo de los pasillos, para no tener que hacer el mantenimiento en los locales de alojamiento de los animales. Cada local debe tener agua caliente y fría para el lavado de manos, limpieza y para los bebederos automáticos. Cada sala debe tener por lo menos un sector del servicio eléctrico, que debe ser a prueba de agua, de insectos y de explosiones. Los con-

mutadores y los termostatos se deben diseñar en forma similar. Además, se debe tener acceso a un generador en caso de emergencia.

Control de los factores ambientales

Todos los procesos biológicos en los seres vivos están determinados directa o indirectamente por los factores ambientales. El bienestar y la respuesta fisiológica dependen de ellos. Por tal motivo es fundamental poder estandarizar y controlar estos parámetros dentro de valores aceptables para que los animales encuentren las condiciones óptimas para reproducirse y desarrollarse y que a su vez estos factores no influyan sobre los resultados experimentales (Zuphten F. y col. 1999).

El sistema de climatización HVAC (Calor, ventilación y aire acondicionado)

Un sistema centralizado de climatización HVAC correctamente diseñado y en funcionamiento es esencial para proporcionar el control ambiental y de la presurización del ambiente. El control de la temperatura y humedad que minimice las variaciones debido a condiciones climáticas cambiantes o a las diferencias en el número y tipo de animales y equipos en una sala de animales es esencial. La presurización ayuda en el control de olores y contaminación aerotransportada proporcionando un flujo direccional de aire entre espacios.

Todos los animales compensan las fluctuaciones de temperatura del ambiente a través de comportamientos o respuestas fisiológicas.

Las áreas de cuarentena o de alojamiento de animales expuestos a riesgos biológicos o materiales peligrosos, deben mantenerse bajo presión negativa, mientras que las áreas para cirugía o almacenamiento de equipos limpios bajo presión positiva relativa y con aire limpio (Kacergis JB., 1996).

Los sistemas de climatización deben estar diseñados para brindar confiabilidad (incluyendo redundancia en su caso), facilidad de mantenimiento y conservación de la energía; deben ser capaces de satisfacer los requisitos para los animales; considerar la posibilidad de que sean flexibles y adaptables a los cambios, tipos y números de animales alojados y de mantenimiento sencillo durante la vida útil de la instalación (ASHRAE 2007a). Deben ser capaces de permitir ajustes y lo ideal sería mantener las temperaturas de bulbo seco de ± 1 °C. La humedad relativa debe mantenerse generalmente dentro de un rango de 30 - 70% durante todo el año. Aunque el mantenimiento de la humidificación dentro de un rango limitado durante largos períodos es muy difícil, se deben minimizar las fluctuaciones diarias de la humedad relativa. Si se producen saltos fuera del rango deseado, con variaciones mínimas y de corta duración, es

poco probable que afecten negativamente el bienestar animal. Idealmente la humedad relativa se debe mantener dentro del rango de +/- 10% del punto óptimo ajustado.

Estos sistemas integrales pueden estar diseñados para manejarse dentro de volúmenes constantes de aireación, que es lo que más se emplea generalmente, pero también existen sistemas que se pueden ajustar a volúmenes variables de aireación y carga de animales, lo cual ofrece mejores posibilidades en cuanto a la flexibilidad y conservación de energía.

Los rangos especificados previamente de temperatura y humedad, se deben poder modificar para satisfacer las necesidades de los animales en circunstancias especiales, incluso cuando los requisitos ambientales sean para mantener animales de similares requerimientos en toda la instalación. Es muy probable que se necesite modificar estos valores cuando los animales se mantienen en algunos recintos primarios, tales como jaulas aisladoras u otros alojamientos, donde temperatura y humedad pueden superar los niveles de la sala. Los controladores de temperatura deben estar ubicados en cada sala de animales ya que puede haber variaciones de temperatura debido a las diferencias en las densidades animales y ganancia de calor o pérdidas en los conductos de ventilación y otras superficies (Clough H., 1982).

La humidificación por lo general es controlada y complementada por el este sistema integral. La mayoría de los sistemas HVAC están diseñados para temperaturas y humedades media, bajas y altas experimentados en un área geográfica y dentro de $\pm 5\%$ variación (ASHRAE 2009). Las fluctuaciones moderadas en temperatura y humedad relativa fuera de los rangos sugeridos generalmente son bien toleradas por la mayoría especies más usadas en la investigación si son breves y poco frecuentes.

Debe prestarse especial atención a tomar medidas que reduzcan al mínimo las fluctuaciones en temperatura y humedad relativa fuera de los rangos recomendados debido a condiciones extremas en el medio ambiente externo. Tales medidas pueden incluir redundancia parcial, recirculación parcial del aire, índices de ventilación alterada o el uso de equipos auxiliares. En caso de una falla del sistema o componente HVAC, los sistemas deben mínimamente suministrar las necesidades de instalaciones en un nivel reducido, frente a los efectos adversos de la pérdida de control de la temperatura y, en su caso, mantener los gradientes de presión crítica. Es esencial prevenir pérdida o acumulación de calor potencialmente mortal durante fallas mecánicas. Generalmente pueden atender las necesidades temporales para la ventilación de las instalaciones al aire libre o protegidas con equipos auxiliares.

Los accesos de entrada del sistema de tratamiento de aire deben evitar el arrastre de partículas de humos de vehículos, equipos y del sistema de extracción. Mientras que lo usual es emplear 100% aire exterior, cuando se utiliza el aire recirculado para mantener su calidad debe ser filtrado. El tipo y eficiencia de la inyección y extracción de aire tratado deben corresponderse con la cantidad y tipos de contaminantes y los riesgos que poseen. El suministro de aire se filtra generalmente con filtros con un 85 – 95% de eficiencia (ASHRAE 2008). En ciertos casos, pueden instalarse filtros de eficiencia más alto 99.99% (p. ej., HEPA) y pueden ser beneficiosos

en sistemas de aire recirculado y aire suministrado para o extraído de ámbitos especializados como áreas quirúrgicas y las instalaciones de biocontención (Kowalski y col. 2002).

Energía e iluminación

El sistema de energía eléctrica debe ser seguro y proporcionar la iluminación apropiada, tener un suficiente número de tomas corriente, y un amperaje adecuado para la alimentación de algún equipo especial. Cuando ocurra alguna falla, debe estar disponible un suministro alternativo de energía eléctrica, que puede ser un grupo electrógeno, para mantener el sistema HVAC y de racks ventilados, freezers, y demás equipos importantes de las diversas áreas. Es importante poder contar con un sistema de transferencia automática para asegurar el suministro de energía en caso de cortes durante la noche o los fines de semana.

Los accesorios de iluminación, tomas corrientes, y llaves de interrupción, deben estar selladas apropiadamente para prevenir el acceso de organismos indeseados.

Generalmente en los bioterios se utilizan tubos fluorescentes empotrados, con un espectro de tipo luz día, y regulados por relojes automáticos para asegurar un fotoperiodo adecuado a cada especie. Pueden considerarse también sistemas con dos niveles de iluminación cuando se alojan especies sensibles a altas intensidades de iluminación como es el caso de roedores albinos, pudiendo emplearse bajas intensidades de iluminación durante la fase diurna del ciclo y altas intensidades para alguna maniobra que necesite realizar el personal.

Se recomienda emplear interruptores y tomas corriente con protección anti humedad para aquellas zonas de mucho uso de agua como áreas de lavado o de mantenimiento de acuarios.

Control de ruidos

Es uno de los aspectos más importantes que debe tenerse en cuenta en el diseño o remodelación de los bioterios. Las áreas generadoras de ruidos, tales como las áreas de lavado y salas de máquinas deben estar separadas y aisladas acústicamente de las zonas de experimentación y alojamiento de animales. Las paredes tradicionales de albañilería, debido a su densidad son buenas aislantes del ruido, pero igualmente se pueden emplear diferentes materiales atenuantes de ruidos sobre paredes y cielorrasos, siempre y cuando se puedan limpiar y desinfectar y eviten que puedan albergar microorganismos o insectos. La experiencia demuestra que las puertas de corredores bien logradas, y los accesos con doble puerta, pueden ayudar a controlar la transmisión de sonidos a lo largo de los pasillos.

Los sistemas de alarma deberán emplazarse y posicionarse teniendo en cuenta que no perturben a los animales. Es recomendable elegir sistemas de alarma que no generen sonidos en el rango de ultra sonido, nivel al que son sensibles la mayoría de los roedores (Heine W., 1998).

Control de Vibraciones

Las vibraciones pueden surgir de equipos mecánicos, eléctricos y otros componentes del edificio, o de fuentes remotas a través del piso. Con respecto a la consideración de esto último, debería dotarse al edificio de materiales de aislamiento, sobre todo si el bioterio está situado encima, debajo o adyacente a aeropuertos, subterráneos, trenes o tráfico de automóviles y camiones. Muchas especies pueden ser afectadas por vibraciones de diferentes frecuencias y longitudes de onda, por lo que se debe intentar identificar todas las fuentes de donde provienen y aislar con sistemas de supresión de vibración (ASHRAE 2007b).

Planta técnica y equipamiento

Los sistemas de calefacción, de aire acondicionado y de ventilación para bioterios son generalmente muy sofisticados y costosos. La ubicación de estos sistemas debe permitir que su mantenimiento se efectúe con un mínimo de perturbación para los animales. Esto se puede conseguir mediante la instalación de los servicios mecánicos en un entrepiso técnico, que es el espacio que se encuentra entre el techo y el cielorraso o sobre el techo de losa del edificio, al cual puede acceder fácilmente el personal de mantenimiento y de esta forma no entrar en el bioterio. Sin embargo, es más común ubicar los sistemas mecánicos en el espacio entre pisos. En este caso, el acceso a los sistemas mecánicos se debe hacer desde los pasillos, y no desde las salas de los animales o de las zonas restringidas tales como en las áreas de riesgos biológicos (Ruiz Rodríguez y col., 2006).

Referencias

- ASHRAE Addenda. 2007^a. Energy standard for building except low rise residential buildings. American Association for Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. ISSN 1041 2336
- ASHRAE 2007^b. Addenda. 2007^a. Energy standard for building except low rise residential buildings. American Association for Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. ISSN 1041 2336.
- ASHRAE. 2009. Handbook Fundamentals. Inch Pound Edition.
- Botet J, Moia E, Pi R. 2003. Salas limpias. Normativa aplicable y clasificación. Cualificación y monitorización. Farmacéutica N° 103.
- Canadian Council for Animal Care (CCAC). 2003. Guideline on laboratory animal facilities. Characteristics, design and development. ISBN: 0-919087 - 41 - 8.
- Clough G. 1982. Environmental effects on animal used in biomedical research. Biol Rev Camb Philos Soc. Aug; 57(pt 3): 487 – 523.

- Guide for the care and use of laboratory animals. 2011. Eighth edition. Institute for Laboratory Animal Research. The National Academy Press Washington DC.
- Heine, W. 1998. Environmental Management in Laboratory Animal Units. PABST Science Publishers.
- Kacergis JB, Jones RB, Reeb CK, et al. 1996. Air quality in a animal facility: particulates, ammonia, and volatile organic compounds. American Industrial hygiene Association Journal 57 (7): 634-640.
- Kowalski WJ, Bahn \square eth WP and Carey DD. 2002. Engineering control of airborne disease transmission in animal laboratories. Contemporary Topics in Laboratory Animal Science 41: 9–17.
- Real Decreto 1201/2005 sobre animales utilizados en experimentación y otros fines científicos. Recomendación de la Comisión Europea de 18 de junio de 2007 sobre las líneas directrices relativas al alojamiento y cuidado de los animales utilizados para investigación y otros fines científicos. 2007/226/CE.
- Ruiz Rodríguez M. Ballesteros J. 2006. Equipos asociados a salas limpias. SAS y duchas de aire. Cherp. Industria Farmacéutica N° XX.
- The UFAW Handbook on the Care and Management of Laboratory and Other Research Animals. 2010. Eight Edition. Wiley – Blackwell ed.
- Zutphen, L. F. M. van, ed. lit.; Baumans, Vera, ed. lit.; Beynen, A. C., d. lit.; Zúñiga, Jesús M., ed. lit.; 1999. Principios de la Ciencia del Animal de Laboratorio Sociedad Española para las Ciencias del Animal de Laboratorio, ed.
- Vivarium Design Policy and Guidelines, NIH. 1996. Texto de referencia del Instituto nacional de salud de Estados Unidos para el diseño y construcción de bioterios.