

Alternativas a los animales de laboratorio en la docencia

Vinardell MP

Dep. Fisiología, Facultad de Farmacia, Universitat de Barcelona, Av. Joan XXIII s/n, 08028 Barcelona

Recibido 1 de septiembre de 2014 / Aceptado 26 de septiembre de 2014

Resumen: En este artículo se hace una revisión sobre la utilización de animales y de métodos alternativos en docencia y se constata que todavía se siguen utilizando animales, a pesar de los avances tecnológicos que permiten cada vez métodos mejores y más efectivos para reemplazar a los animales en las prácticas docentes. Así mismo se analizan las ventajas y las limitaciones que pueden presentar estos métodos y se hace una revisión bibliográfica de los últimos artículos publicados en este sentido. A pesar, de existir muchos docentes que utilizan métodos alternativos, no existen demasiados artículos que nos informen de la situación de las alternativas ni tampoco de los beneficios que aportan a los estudiantes.

Palabras clave: docencia, animales de laboratorio, simuladores, *in vitro*, auto-experimentación

Abstract: Alternatives to laboratory animals in education. This paper is a review on the use of laboratory animals and alternative methods in education. Laboratory animals are still used despite technological advances that allow better alternative methods and more effective to replace animals in laboratory practices. Moreover, we analyze the advantages and limitations of these alternative methods and we review the literature of the last years in this field. Although, there are many teachers who use alternative methods, there are not too many papers giving information about the real situation of alternatives neither the benefits for students

Key words: education, laboratory animals, computer simulations, *in vitro*, self-experimentation

Introducción

Desde que en 1959 Russell y Burch describieron el principio de las 3Rs (Reducción, Refinamiento y Reemplazo) de los animales de laboratorio, en su libro “The principles of Humane experimental technique” [1], se han producido numerosos cambios en la utilización de los mismos, tanto en el ámbito de la investigación como de la docencia. En los últimos años se ha reducido el número de animales utilizados para fines docentes, si bien, todavía se utilizan numerosos animales de laboratorio. Así en el último informe de la Comisión Europea sobre los animales utilizados en Europa en el año 2011, se puede ver como se ha pasado a un total 179.981 animales, que representa un 1.56% del total de animales utilizados (Figura 1) [2]. Este valor se ha reducido a la mitad respecto al año 2002 en que representaba un 3% del total (Figura 2).

Este número de animales, en realidad es superior, ya que en esta cifra no se contabilizan, por ejemplo, a aquellos animales que han sido sacrificados previamente para realizar algún procedimiento en

prácticas de laboratorio. En muchos casos estos números no son bien conocidos, pues en algunos países no se informa adecuadamente del uso de animales en docencia, si bien cada vez los datos aportados por los diferentes países son más fiables.

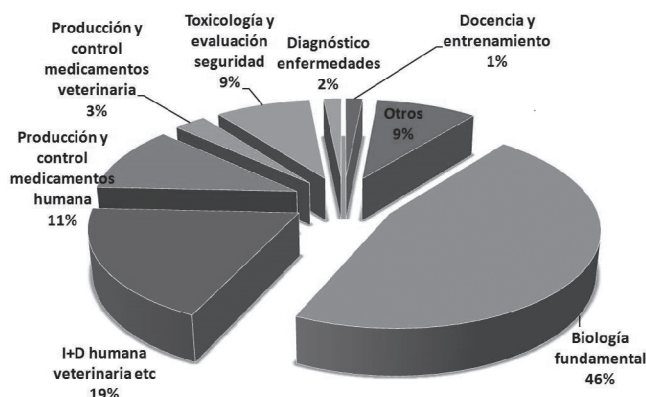


Figura 1. Distribución de animales utilizados con diferentes finalidades en la Unión Europea en el año 2011, adaptado del informe de la Comisión Europea [2]

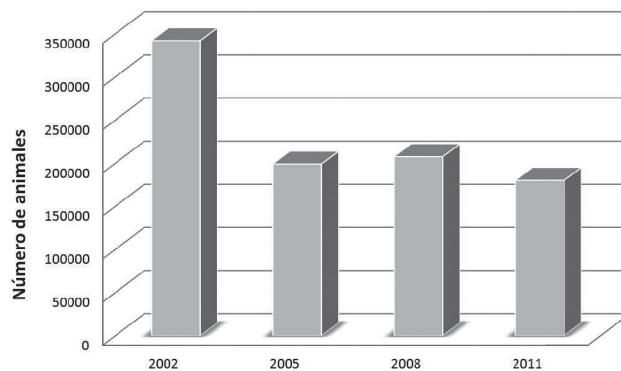


Figura 2. Evolución del número de animales utilizados con fines docentes en la Unión Europea desde 2002 hasta 2011, adaptado del informe de la Comisión Europea [2]

La disminución del número de animales utilizados para educación y formación puede atribuirse a la aplicación de técnicas alternativas y a la reutilización de animales, si bien todavía resulta elevado.

En cuanto a las especies utilizadas, se observa en dicho informe que la mayoría son ratones y ratas (Tabla 1, Figura 3)

En algunas materias como Farmacología, Fisiología, Toxicología o

* e-mail: mpvinardellmh@ub.edu

Anatomía, se realizan prácticas de laboratorio que implican el uso de animales o sus tejidos. En muchos casos, los objetivos de estas clases están poco definidos, y en otros se habla de la necesidad de aprender habilidades prácticas y de laboratorio, habilidades relacionadas con la manipulación de animales, y la disección o cirugía. También se indica que este tipo de prácticas son importantes para reforzar los conocimientos adquiridos en clases teóricas, aprender a hacer mediciones, toma de datos, análisis, representación e interpretación de los mismos. También para adquirir habilidades relacionadas con la comunicación oral y escrita y para desarrollar actitudes responsables hacia los animales de experimentación.

Tabla 1. Número total de animales de diferentes especies utilizados en la docencia y el entrenamiento en Europa durante el año 2011, según el último informe de la Comisión Europea [2]

Especie	Nº de animales
Ratón	82167
Rata	48152
Otros roedores	4234
Conejos	2068
Carnívoros	1149
Herbívoros	14297
Monos	209
Otros mamíferos	26
Pájaros	3025
Animales de sangre fría	24654
Total	179981

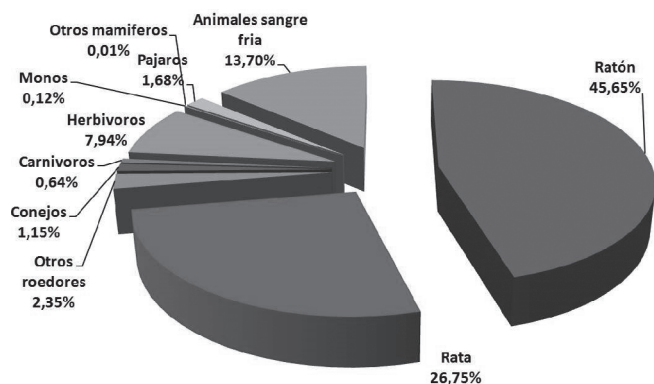


Figura 3. Distribución por especies del número de animales utilizados con fines docentes en la Unión Europea en el año 2011, adaptado del informe de la Comisión Europea [2]

Estos objetivos son importantes, pero en la mayoría de casos también se pueden alcanzar utilizando métodos alternativos [3].

Aspectos legales del uso de animales de laboratorio en docencia

La Directiva 2010/63/EU del Parlamento europeo y del consejo de 22 de septiembre de 2010 [4] relativa a la protección de los animales utilizados para fines científicos es la que regula a nivel europeo el uso de animales de experimentación y que sustituyó a la anterior Directiva 86/609/CEE. Esta directiva se basó en el Convenio Europeo sobre la protección de los animales vertebrados utilizados para experimentación y otros fines científicos en el que ya se

especificaba en el artículo 25: “aquellos procedimientos llevados a cabo con fines educativos o de entrenamiento se deben restringir a los absolutamente necesarios para los fines relativos a la enseñanza y el entrenamiento y se permitirán únicamente si sus objetivos no pueden ser conseguidos con métodos audiovisuales u otros que sean suficientemente efectivos”.

A nivel español la directiva se traspuso a la ley en forma del Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia [5].

Recientemente, en febrero de 2014 se ha publicado un documento sobre la aplicación de la Directiva 2010/63/EU sobre animales de experimentación con finalidades docentes y de entrenamiento. Dicho documento está destinado a servir de guía a los diferentes países miembros de la Unión Europea en la aplicación de dicha directiva [6]. En primer lugar se distingue entre la docencia y el entrenamiento ya que cada caso implica unas connotaciones diferentes en cuanto al uso de animales de laboratorio. Se destaca que en todos los casos que suponga dolor, o sufrimiento para los animales se necesita una autorización específica. Cuando se solicita dicha autorización, es necesario indicar que se ha explorado la posibilidad de utilizar alternativas y se han de definir muy bien los beneficios del uso de animales respecto a modelos sin animales.

Clasificación de los métodos alternativos en docencia

El desarrollo de métodos alternativos para la docencia no es nuevo y así en el informe de la reunión de expertos en métodos alternativos en docencia, organizado por ECVAM en 1999 [7], ya se identificaron varios tipos de métodos: a) modelos y maniqués b) películas y vídeos c) simulaciones de ordenador y sistemas de realidad virtual d) auto-experimentación en el propio individuo, e) experimentos con plantas f) uso de material procedente de mataderos g) estudios *in vitro* con líneas celulares h) aprovechamiento de animales muertos de forma natural o utilizados después de un procedimiento científico i) práctica clínica. Entre las propuestas de alternativas que se suelen utilizar, especialmente en las facultades de veterinaria es la utilización ética de cadáveres procedentes de donaciones desinteresadas [8,9]. Recientemente se han hecho otras propuestas como es la utilización de invertebrados [10], así como el uso de tejidos procedentes de animales de consumo (ej.: muslo de pollo, etc.) para la enseñanza de microcirugía, sin necesidad de utilizar animales de laboratorio [11,12].

Los métodos alternativos presentan ciertas ventajas respecto al uso de animales. En aquellos casos en que los estudiantes no están suficientemente preparados para trabajar con animales, puede resultar una experiencia desagradable el enfrentarse al sufrimiento y sacrificio de los animales. Cuando se realiza un experimento con animales, en la mayoría de los casos únicamente se puede realizar una vez ya que si se tiene que repetir implica un mayor coste y tiempo. Por el contrario, un método alternativo se puede repetir las veces que sea necesario, hasta que el estudiante comprenda aquello que representa el fundamento de la práctica que está realizando. Los métodos alternativos evitan la experiencia negativa de aquellos experimentos que no se han podido realizar adecuadamente o han dado datos ambiguos. Los métodos alternativos, en especial los basados en programas de ordenador, pueden incluir preguntas para el auto-aprendizaje y la valoración del grado de comprensión del procedimiento a estudiar. Aquellos que utilizan técnicas audiovisuales modernas permiten la posibilidad de demostrar

fenómenos que no son observables en los experimentos con animales, como por ejemplo la observación de animaciones sobre las funciones celulares o de los órganos.

Las simulaciones para ordenador, a pesar de que resultan costosas al principio y es la excusa para que algunos profesores no las implementen, tienen muchas ventajas. Entre ellas se puede citar que el estudiante puede aplicar diferentes variables en un corto período de tiempo, pueden proporcionar una retroalimentación y numerosas ayudas, los experimentos se pueden repetir tantas veces como se quiera y en cualquier sitio. Su coste-efectividad es mejor que en el caso de los animales y por último estimula la creatividad del profesor comparada con métodos convencionales como la disección [13].

Los métodos de auto-experimentación resultan muy útiles cuando estudiamos Fisiología, pues permiten al estudiante hacer determinadas mediciones sobre su propio cuerpo. Ejemplos los tenemos en las determinaciones de presión arterial, ritmo cardíaco, electromiografía etc. Este tipo de prácticas de laboratorio son muy bien aceptadas por los estudiantes [14].

Es indudable que actualmente existe un gran número de métodos alternativos y resulta difícil elegir entre los que se nos ofrece. En la web (<http://Buscaalternativas.com>) [15], se ha hecho una recopilación exhaustiva de diferentes páginas web sobre métodos alternativos. En dicha página se explica cómo hacer una búsqueda de métodos alternativos y las estrategias de búsqueda. En relación con las alternativas en docencia, existen enlaces con bases de datos sobre docencia y también diferentes simulaciones gratuitas que pueden ser de utilidad para el profesorado interesado en implantar métodos alternativos en sus clases.

Una buena base de datos que aporta información al respecto es NORINA (http://oslovet.norecopa.no/fag.aspx?fag=57&mmu=databases_1) [16]. Se trata de una base de datos en inglés con información sobre unas 3500 alternativas al uso de animales en docencia y entrenamiento desde la escuela hasta la universidad. Esta información se ha recopilado desde 1991 y se va actualizando periódicamente. Se puede hacer una búsqueda por diferentes categorías de alternativas y para diferentes disciplinas que impliquen uso de animales de laboratorio. Desde 2011 se encarga de la base de datos Norecopa (Norwegian consensus platform for replacement, reduction and refinement of animal experimentation) y el proyecto está financiado actualmente por Nordisk Samfunn mot Smertevoldende Dyreforsøk. También cuenta con otra base de datos TextBase con información sobre más de 1500 libros sobre animales de laboratorio.

Otra buena fuente de información sobre métodos alternativos en educación es INTERNICHE (<http://www.interniche.org>) [17] que constituye una red internacional sobre educación humanitaria. Esta organización promueve el uso de métodos alternativos en todo el mundo. También dispone de un sistema de préstamo de métodos alternativos, pensado para que el profesorado pueda ver y probar los diferentes métodos, antes de su adquisición para ser utilizados por sus estudiantes. También existe un libro "*from Guinea Pig to Computer Mouse: Alternative methods for a progressive, humane education*" que recoge todas las alternativas en el mercado, con explicaciones sobre las mismas, el suministrador, precio, etc. [18]. El libro está traducido a diferentes idiomas, francés, alemán, italiano, español, portugués, portugués brasileño, ruso, árabe, chino mandarín y japonés y actualmente está en su segunda edición.

Cuando un profesor, se plantea el reemplazo de las prácticas tradicionales con animales, por algún método alternativo, se

encuentra que tiene que elaborar su propio material o recurrir a los existentes en el mercado. La elaboración de un material docente alternativo, constituye un gran trabajo y una dedicación exclusiva y no todos los profesores estamos capacitados para realizarlo, utilizando determinadas herramientas informáticas, además del elevado coste de realización. Es por ello que una solución es la utilización y adaptación de material ya existente. En ese caso nos encontramos con una gran cantidad de material del cual es difícil diferenciar el bueno del malo, si no se puede consultar con suficiente tiempo y analizar su posible utilización para el fin de nuestras prácticas. Con la finalidad de servir de guía para el profesorado, durante un tiempo existió una red europea de profesores interesados en los métodos alternativos denominada EURCA que realizaba una revisión de los diferentes métodos dando información más detallada a los profesores [19,20]. Por desgracia, dicho proyecto dejó de estar activo en el momento que desapareció la financiación que permitía su funcionamiento.

A pesar de la existencia de gran número de métodos alternativos, existen todavía problemas relacionados con su introducción. En primer lugar existe una resistencia por parte de algunos profesores para cambiar su opinión sobre los métodos alternativos y necesitan ser convencidos de las ventajas de la utilización de alternativas. En muchos casos consideran los métodos alternativos de menor calidad docente que las prácticas tradicionales con animales [21,22].

Beneficios de los métodos alternativos en docencia

Sin considerar los aspectos éticos, no existen demasiados estudios comparativos sobre los beneficios de un método alternativo y un método con animales [23,24]; La incorporación de métodos alternativos en las clases prácticas comprende una inversión inicial de tiempo y dinero. Por otro lado, no existe una buena información sobre el material existente ni sobre la calidad del mismo. En el año 2007 se publicó un estudio retrospectivo de los trabajos publicados entre 1996 y 2004 en Estados Unidos, en los que se comparaban los resultados obtenidos entre estudiantes que utilizaban métodos tradicionales con animales y métodos alternativos. Se contabilizaron 17 estudios de los cuales 5 correspondían a estudiantes de Veterinaria, 3 a estudiantes de Medicina, 6 a estudios universitarios de diferentes disciplinas y 3 a estudiantes preuniversitarios de Biología. El número de estudiantes en cada estudio estaba entre 14 y 283. A pesar que el número de estudios y estudiantes no era elevado los resultados académicos parece no diferir en los grupos que utilizan animales y los que no utilizan animales [25].

Los enormes avances en la informática y en la tecnología de la información han producido un cambio en el sistema educativo. Existen métodos novedosos para enseñar Anatomía, Fisiología y otras disciplinas en diferentes formatos como los modelos tridimensionales, las simulaciones para ordenador, videos, etc. Los profesores han empezado a darse cuenta que los estudiantes pueden aprender igual utilizando esta moderna tecnología [7].

Una de las disciplinas que tradicionalmente ha utilizado animales es anatomía, en la que se realizaba la disección de animales, siendo una de las prácticas que más debates ha desencadenado. En muchos casos en ciencias básicas la práctica de anatomía aporta pocos conocimientos y a pesar que el estudiante adquiera habilidades estas tienen poca relevancia para sus carreras futuras [26]. Una de las alternativas propuestas es la sustitución de la disección de gatos por un modelo plastificado humano. En un trabajo previo se observó que los estudiantes que realizaban su aprendizaje con el modelo plastificado obtenían mejores puntuaciones que los que realizaban

una disección tradicional en gato [24]. Al final de dicha experiencia los estudiantes que utilizaron gatos consideraron que era más efectiva respecto a su opinión inicial, mientras los que utilizaron modelos, no variaron su apreciación respecto al inicio. A pesar de que en ese estudio no parecía que los estudiantes apreciaran el uso de alternativas, en un trabajo similar realizado recientemente y en condiciones similares se observó que los modelos plastificados eran la técnica preferida por los estudiantes en su percepción subjetiva de su experiencia de aprendizaje [27]. Estos últimos resultados parecen cambiar la opinión de los estudiantes a favor del uso de alternativas.

Otro tipo de alternativas que ha sido estudiada en cuanto a su eficacia es la utilización de un CD para el autoaprendizaje en veterinaria. En este caso concreto se compararon estudiantes que utilizaron un programa de ordenador para aprender a introducir una sonda nasogástrica en caballos y los que observaron como lo hacía el profesor directamente en el animal. Al final del proceso se observó cómo los estudiantes que habían aprendido con el CD obtenían mejor puntuación en el test de conocimiento y también realizaban mejor la maniobra [28].

Otros estudios han mostrado el grado de satisfacción de los estudiantes con experimentos virtuales en Farmacología, si bien en algunos casos preferían realizar tanto experimentos virtuales como con animales ya que consideraban que necesitaban estos últimos si se iban a dedicar a la investigación [29]. En general, los estudiantes se sienten más confiados si utilizan métodos alternativos [30].

En la utilización de métodos alternativos en docencia, juega un papel importante el profesor. Este tiene que saber transmitir al estudiante la necesidad de sustituir los animales por otros métodos, de una manera adecuada, además de explicarle previamente todos los aspectos éticos y legales del uso de animales de laboratorio.

Limitaciones del uso de métodos alternativos en docencia

El impacto y las ventajas educativas de los sistemas de aprendizaje basados en el uso de ordenador para simular experimentos en Farmacología y otras disciplinas biomédicas en educación superior ha estado muy bien documentado [31-33]. La mayoría de estos programas se desarrollaron en los años 90 como aplicaciones multimedia y suministradas por universidades en formato CD, a través de servidores locales. En la mayoría de los casos se utilizaban programas comerciales autorizados. Estas tecnologías han cambiado de DOS a Windows y de procesadores más lentos a procesadores más rápidos y a pantallas de mayor resolución y continúa cambiando muy deprisa.

Estos cambios representan que muchos programas cuyo contenido educativo es todavía válido, pero las tecnologías han quedado obsoletas con posibilidades de que se pierdan definitivamente.

Con las posibilidades actuales de acceso a internet existe una demanda de los estudiantes para poder acceder a los recursos educativos desde cualquier parte y a través de webs.

La utilidad de los programas depende de la proximidad del programa a las necesidades del profesor y a la capacidad para adoptar materiales desarrollados en cualquier parte. Los profesores en general no tienen habilidades ni tiempo para desarrollar sus propios programas y es difícil adaptar los programas a sus propias necesidades. En la actualidad los profesores necesitan materiales docentes basados en webs y que puedan ser editados por los profesores según sus necesidades [34].

Una de las principales limitaciones del uso de métodos alternativos, es que en muchos casos se tratan de programas que se encuentran en

inglés y esto dificulta el aprendizaje de los estudiantes [35]. Por ello hay que destacar las iniciativas de diferentes universidades para la elaboración de su propio material en el idioma propio del país.

Podemos poner ejemplos como la realización de videos para prácticas de Fisiología en la Facultad de Veterinaria de Madrid. Tal como indican los autores las ventajas que se consiguen con estos videos son: la disminución del número de animales utilizados, la posibilidad de utilización del material audiovisual durante varios años, la utilización del material audiovisual en distintos espacios físicos: clases, seminarios, prácticas, consultas, aulas de informática, etc, y el uso de mejores técnicas pedagógicas [36]. Evidentemente, existen más trabajos en los que se desarrollan alternativas, pero no han sido publicados y es difícil tener conocimiento de su existencia, a no ser que sea a través de congresos en los que se presentan estos trabajos. Se debería animar al profesorado que ha desarrollado métodos alternativos o que los aplica en su docencia a hacer partícipes a la comunidad universitaria de sus actividades en este campo.

Pero la gran limitación para el uso de métodos alternativos en docencia, todavía es la reticencia de muchos profesores que no ven o quieren ver las ventajas de estos métodos y que todavía defienden la necesidad de utilizar animales de laboratorio en las prácticas, justificándolas como fundamentales para la formación de sus estudiantes.

Existe un desconocimiento de los propios profesores sobre la introducción de las 3Rs en docencia, tal como se desprende de un estudio realizado en Alemania [37]. En este estudio se observó que una gran mayoría de los docentes no estaban interesados en implementar estos métodos.

Toda esta reticencia se eliminaría si existiera una buena difusión del principio de la 3Rs entre los docentes. En este sentido la reunión de expertos internacionales que organizó el Center for Alternatives to Animal Testing in Europe (CAAT-Europa) conjuntamente con Transatlantic Think Tank for Toxicology (t4) evidenció dichos aspectos y limitaciones en la introducción del concepto de 3Rs [38].

Avances en la implementación de métodos alternativos en docencia

En diferentes facultades se van introduciendo los métodos alternativos. En el caso de las facultades de Veterinaria, los profesores preparan a los estudiantes para la práctica veterinaria que requiere la utilización de animales y el entrenamiento en su uso, así como en la administración de anestesia que es fundamental. Sin embargo, el consumo de animales en los laboratorios está cada vez más regulado y el número de animales está disminuyendo en los últimos años. Estos cambios se están dando en la mayoría de facultades de Veterinaria en Estados Unidos [39], siendo la Universidad de California la pionera en este cambio [40].

Se han hecho varios estudios sobre la implementación de métodos alternativos en diferentes países [41-51] (Tabla 2). A pesar que se están introduciendo los métodos alternativos, todavía, en muchos casos, se observa un desconocimiento por parte de los profesores y de los estudiantes en cuanto a la existencia de métodos alternativos y el propio concepto de 3Rs, tal como se ha mencionado anteriormente y en muchos casos también hay un desconocimiento de la legislación referente al uso de animales de laboratorio.

Tabla 2. Resumen de la bibliografía sobre la implementación de los métodos alternativos en docencia en diferentes países.

Países	Autores y Año	Referencia
India	Badyal y col. 2011	26
	Sathyarayanan 2013	13
	Shehnaz et al.	47
España	Vinardell 2012	14
Europa del Este	Dewhurst DG, Kojic ZZ. (2011)	39
Estados Unidos	Hart y col 2005, 2004	40,41
Corea	Lee y col. 2010	42
	Choe y, Lee 2013	43
Kenia	Kimwele y col. 2011	44
Brasil	Deguchi y col. 2012	45
México	Perez-Rivero y Rendon-Franco 2012	46
Australia	Whittaker y Anderson, 2013	48
China	Kong y Qin 2010	49
Balcanes	Kojic y Dewhurst, 2009	50
Rusia	Jukes 2008	51

Conclusiones

A pesar que cada vez se están perfeccionando más, las simulaciones modelos para ordenador, así como los modelos y otras alternativas utilizadas en las prácticas docentes para reemplazar a los animales de laboratorio, todavía se siguen utilizando estos en muchas universidades de todo el mundo. En los últimos años se han publicado diversos estudios mostrando las ventajas de los métodos alternativos, así como la implantación de los mismos. Se han podido constatar las ventajas de las alternativas respecto a los métodos tradicionales con animales, pero todavía existe una cierta reticencia por parte del profesorado a su utilización. Es necesario realizar un esfuerzo para difundir estos métodos entre la comunidad universitaria.

Bibliografía

- Russell WMS, Burch RL (1959) The principles of Humane experimental technique. http://altweb.jhsph.edu/pubs/books/humane_exp/het-toc.
- European Commission (2013) Seventh Report on the Statistics on the Number of Animals used for Experimental and other Scientific Purposes in the Member States of the European Union. http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d2e73ac5-60d0-11e3-ab0f-01aa75ed71a1.0001.01/DOC_1&format=PDF.
- Vinardell MP (2007) Actividades de Eurca (European Resource Center for Alternatives in Higher Education) en el desarrollo e implantación de métodos alternativos al uso de animales en docencia. *Edusfarm*, Núm. 2. <http://www.publicacions.ub.es/revistes/edusfarm2/documentos/131.pdf>.
- Directiva 2010/63/UE del Parlamento europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2010 relativa a la protección de los animales utilizados para fines científicos. Diario Oficial de la Unión Europea L 276/33. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0033:0079:ES:PDF_
- Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. BOE Núm. 34, 8 de febrero de 2013 Sec. I. Pág. 11370.
- National Competent Authorities for the implementation of Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for scientific purposes. A working document on the development of a common education and training framework to fulfil the requirements under the Directive Replacing consensus document Brussels, 19-20 February 2014. http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/pdf/Endorsed_E-T.pdf.
- van der Valk J, Dewhurst D, Hughes I., et al. (1999) Alternatives to the use of animals in higher education: the Report and recommendations of ECVAM workshop. *ATLA* 27: 39-52.
- Martinsen S, Jukes N (2007) Ethically sourced animal cadavers and tissue: Considerations for education and training. *AATEX* 14, Special Issue, 265-268.
- Jukes N. (2014) Ethical animal use in education and training: from clinical rotations to ethically sourced cadavers. *Altern Lab Anim.* 42:9-12.
- Wilson-Sanders SE (2011) Invertebrate models for biomedical research, testing, and education. *ILAR J.* 52:126-52.
- Olabe J, Olabe J (2009) Microsurgical training on an *in vitro* chicken wing infusion model. *Surg Neurol.* 72:695-699.
- Cigna E, Bistoni G, Trignano E, Tortorelli G, Spalvieri C, Scuderi N (2010) Microsurgical teaching: our experience. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 63:529-531.
- Sathyarayanan MC (2013) Need for Alternatives for Animals in Education and the Alternative Resources *ALTEX Proceedings* 2:77-82.
- Vinardell MP (2012) Challenges of Using Alternatives to Animals in Laboratory Classes in Physiology: the Spanish Experience. *ALTEX Proceedings*, 351-352.
- Repetto G, del Peso A (2014) Estrategias de identificación de planteamientos alternativos en/y a la experimentación animal. *Rev Toxicol* 31:108-114. *Busca alternativas.* <http://buscaalternativas.com>
- NORINA (http://oslovet.norecopa.no/fag.aspx?fag=57&mnu=databases_1)
- INTERNICHE (<http://www.interniche.org>)
- Jukes N, Chiuia M (2003) From Guinea Pig to Computer Mouse: Alternative Methods for a Progressive, Humane Education, 2nd edition, 520pp. Leicester, UK: InterNICHE.
- de Boo J, Dewhurst D, van der Valk J (2004) The European Resource Centre for Alternatives in Higher Education. *ATLA:* 32:603-605.
- Boxel MV, Dewhurst D, der Valk JV (2005) The European Resource Centre for Alternatives in higher education (EURCA) *ALTEX:*22:36.
- Balcombe JP (1997) Alternatives in education: overcoming barriers to acceptance. In *Animal Alternatives, Welfare and Ethics* (ed. L.F.M. van Zutphen & M. Balls), pp. 441-444. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Balcombe JP (1997) Student/teacher conflict regarding animal dissection. *The American Biology Teacher* 59: 22-25.
- Dewhurst DG, Hardcastle J, Hardcastle PT, Stuart E (1994) Comparison of a computer simulation program and a traditional laboratory practical class for teaching the principles of intestinal

- absorption. *Am J Physiol.* 267:95-104.
24. Waters JR, Van Meter P, Perrotti W, Drogo S, Cyr RJ (2005) Cat dissection vs. sculpting human structures in clay: an analysis of two approaches to undergraduate human anatomy laboratory education *Adv Physiol Educ* 29:27-34.
 25. Patronek GJ, Rauch A (2007) Systematic review of comparative studies examining alternatives to the harmful use of animals in biomedical education. *J Am Vet Med Assoc.* 230:37-43.
 26. Akbarsha MA (2007) Movement to curtail animal dissections in Zoology curriculum: Review of the Indian experience. *ALTEX* 24:163-166.
 27. DeHoff ME, Clark KL, Meganathan K (2011) Learning outcomes and student-perceived value of clay modeling and cat dissection in undergraduate human anatomy and physiology *Adv Physiol Educ* 35:68-75.
 28. Abutarbush SM, Naylor JM, Parchoma G, D'Eon M, Petrie L, Carruthers T (2006) Evaluation of traditional instruction versus a self-learning computer module in teaching veterinary students how to pass a nasogastric tube in the horse. *J Vet Med Educ.* 33:447-454.
 29. Badyal DK, Modgill V, Kaur J (2011) Computer simulation models are implementable as replacements for animal experiments. *Altern Lab Anim.* 37:191-195.
 30. Babu CS, Latha K, Thirunavukkarasu J, Tharani CB (2011) Virtual experimental Pharmacology and alternative or not? A global assessment by Pharmacology faculties and MBBS students. *Recent Research in Science and Technology* 3:25-29
 31. Knight A (2007) Humane teaching methods proves efficacious within veterinary and other biomedical education. *ALTEX* 14:213-220.
 32. Gruber FP and Dewhurst DG (2004) Alternatives to Animal Experimentation in Biomedical Education. *ALTEX* 21:33-48.
 33. Dewhurst D (2006) Computer based alternatives – past, present and future. *Alternatives to Animal Experimentation ALTEX* 23:197-201.
 34. Knight A (2007) The effectiveness of humane teaching methods in veterinary education. *ALTEX* 24:91-109.
 35. Dewhurst D, Cromar S, Ellaway R (2007) A new model for developing computer-based alternatives to using animals in tertiary education. *Alternatives to Animal Testing and Experimentation AATEX* 14:239-242.
 36. Lorenzo González PL, Revuelta Rueda L, Silván Granado G, Illera del Portal JC. (2005) Desarrollo de métodos audiovisuales e informáticos para la integración de prácticas de Fisiología Animal en el curriculum veterinario. In *II Jornada Campus Virtual UCM: cómo integrar investigación y docencia en el CV-UCM*. Editorial Complutense, Madrid, pp. 171-175.
 37. Schmidt A, Hohensee C, Teichgräber U, Schmidt A (2011) SATIS ethics ranking of universities in Germany regarding animal use in education. *ALTEX* 28:243-244.
 38. Daneshian M, Akbarsha MA, Blaauboer B, Caloni F, Cosson P, Curren R, Goldberg A, Gruber F, Ohl F, Pfaller W, van der Valk J, Vinardell P, Zurlo J, Hartung T, Leist M (2011) A Framework Program for the Teaching of Alternative Methods (Replacement, Reduction, Refinement) to Animal Experimentation. *ALTEX* 28:341-352.
 39. Dewhurst DG, Kojic ZZ (2011) Replacing animal use in physiology and pharmacology teaching in selected universities in Eastern Europe--charting a way forward. *Altern Lab Anim.* 39:15-22.
 40. Hart LA, Wood MW, Weng HY (2005) Mainstreaming alternatives in veterinary medical education: resource development and curricular reform. *J Vet Med Educ.* 32:473-480.
 41. Hart LA, Wood MW (2004) Uses of animals and alternatives in College and Veterinary Education at the University of California, Davis: institutional commitment for mainstreaming alternatives. *32 Suppl 1B:617-620.*
 42. Lee GH, Choe BI, Kim JS, Hart LA, Han JS (2010) The current status of animal use and alternatives in Korean veterinary medical schools. *Altern Lab Anim* 38:221-230.
 43. Choe BI, Lee GH (2013) Searching and review on the Three Rs information in Korea: time for quality assessment and continued education. *BMB Rep.* 46:335-7
 44. Kimwele C, Matheka D, Ferdowsian H (2011) A Kenyan perspective on the use of animals in science education and scientific research in Africa and prospects for improvement. *Pan Afr Med J.* 9:45.
 45. Deguchi BG, Molento CF, de Souza CE (2012) The perception of students on the use of animals in higher education at the Federal University of Paraná, Southern Brazil. *Altern Lab Anim.* 40:83-90.
 46. Perez-Rivero JJ, Rendon-Franco E (2012) Experience of the use of table-top simulators as alternatives in the primary surgical training of veterinary undergraduate students. *Altern Lab Anim.* 40:10-11.
 47. Shehnaz SI, Sreedharan J, Arifulla M, Gomathi KG (2012) Do faculty in Southern Indian medical colleges support animal use in postgraduate education more than in undergraduate education? *Altern Lab Anim.* 40:165-74.
 48. Whittaker AL1, Anderson GIJ (2013) A policy at the University of Adelaide for student objections to the use of animals in teaching *Vet Med Educ.* 40:52-57.
 49. Kong Q, Qin C (2010) Laboratory animal science in China: current status and potential for adoption of Three R alternatives. *Altern Lab Anim.* 38:53-69.
 50. Kojic ZZ1, Dewhurst DG (2009) The impact of introducing computer-based alternatives to the use of animals in the teaching of physiology and pharmacology at Balkan universities - a pilot study. *Altern Lab Anim.* 37:547-56.
 51. Jukes N (2008) Russia: update on animal experiments and alternatives in education. *ALTEX.* 25:56-62.