

Reconocimiento y valoración del dolor en animales de experimentación

Monografías do IBADER - Serie Pecuaria

Víctor Arce Vázquez
José A. Costoya Puente
María del Mar Yllera Fernández
Jesús Cantalapiedra Álvarez
Anxo Vidal Figueroa
Mercedes Camiña García



Reconocimiento y valoración del dolor en animales de experimentación

Autores:

Víctor Arce Vázquez, José A. Costoya Puente, María del Mar Yllera Fernández, Jesús Cantalapiedra Álvarez, Anxo Vidal Figueroa, Mercedes Camiña García

A efectos bibliográficos a obra debe citarse:

Arce, M., Costoya, J.A., Yllera, M., Cantalapiedra, J., Vidal, A., Camiña, M., (2020). Reconocimiento y valoración del dolor en animales de experimentación. Monografías do Ibader - Serie Pecuaria. Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo

Esta publicación foi sometida a un proceso de revisión por pares

Diseño e maquetación: Transmedia Comunicación e Prensa S.L.

www.transmedia.com

ISSN edición dixital: 1988-8341

Depósito Legal: C 173-2008

Edita: IBADER. Instituto de de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural. Universidade de Santiago de Compostela, Campus Universitario s/n, E-27002 Lugo, Galicia.

Copyright: Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER).

Editado coa colaboración da deputación de Lugo :



DEPUTACIÓN DE LUGO



Reconocimiento y valoración del dolor en animales de experimentación

Víctor Arce Vázquez

Departamento de Fisiología. Universidad de Santiago de Compostela

José A. Costoya Puentes

Departamento de Fisiología. Universidad de Santiago de Compostela

María del Mar Yllera Fernández

Departamento de Anatomía, Producción Animal y Ciencias Clínicas Veterinarias. Universidad de Santiago de Compostela

Jesús Cantalapiedra Álvarez

Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia

Anxo Vidal Figueroa

Departamento de Fisiología. Universidad de Santiago de Compostela

Mercedes Camiña García

Departamento de Fisiología. Universidad de Santiago de Compostela



IBADER
Instituto de Biodiversidade
Agraria e Desenvolvemento Rural

Monografías do IBADER - Serie Pecuaria
Lugo 2020

Monografías do IBADER

Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural

Temática e alcance

O Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER) é un instituto mixto universitario, situado na cidade de Lugo e conformado pola Universidade de Santiago de Compostela, as Consellerías da Xunta de Galicia con competencias en Medio Ambiente e Medio Rural e a Deputación de Lugo.

Unha das actividades do IBADER é a publicación e difusión de información científica e técnica sobre o medio rural desde unha perspectiva pluridisciplinar. Con este obxectivo publícanse a revista Recursos Rurais e as Monografías do IBADER, espazos orientados a fortalecer as sinerxías entre colectivos vinculados ao I+D+I no ámbito da conservación e xestión da Biodiversidade e do Medio Ambiente nos espazos rurais e nas áreas protexidas, os Sistemas de Producción Agrícola, Gandeira, Forestal e a Planificación do Territorio, tendentes a promover o Desenvolvemento Sostible dos recursos naturais.

A Revista científico-técnica Recursos Rurais publica artigos, revisións, notas de investigación e reseñas bibliográficas. A revista inclúe unha Serie Cursos, que publica os resultados de reunións, seminarios e xornadas técnicas ou de divulgación. As Monografías do IBADER divulgan traballos de investigación de maior entidade, manuais e textos de apoio a docencia ou investigación e obras de divulgación científico-técnica.

A revista Recursos Rurais atópase incluída na publicación dixital Unerevistas da UNE (Unión de Editoriales Universitarias Españolas) e na actualidade inclúese nas seguintes bases de datos especializadas: CIRBIC, Dialnet, ICYT (CSISC), Latindex, Rebiun e REDIB.

Política de revisión

Todos os traballos publicados polo IBADER deben ser orixinais. Os traballos presentados serán sometidos á avaliación confidencial de dous expertos anónimos designados polo Comité Editorial, que poderá considerar tamén a elección de revisores suxeridos polo propio autor. Nos casos de discrepancia recorrerase á intervención dun terceiro avaliador. Finalmente corresponderá ao Comité Editorial a decisión sobre a aceptación do traballo. Caso dos avaliadores propoñeren modificacións na redacción do orixinal, será de responsabilidade do equipo editorial —unha vez informado o autor— o seguimento do proceso de reelaboración do traballo. Caso de non ser aceptado para a súa edición, o orixinal será devolto ao seu autor, xunto cos ditames emitidos polos avaliadores. En calquera caso, os orixinais que non se suxeiten ás seguintes normas técnicas serán devoltos aos seus autores para a súa corrección, antes do seu envío aos avaliadores.

IBADER
Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural
Universidade de Santiago de Compostela
Campus Universitario s/n
E 27002 Lugo, Galicia (España)
Tfno 982 824500
Fax 982 824501
<http://www.ibader.gal>
info@ibader.gal

Reconocimiento y valoración del dolor en animales de experimentación

Resumen: El dolor es una percepción consciente que se produce como resultado de la activación del proceso de nocicepción, que tiene como misión alertar sobre la presencia de agentes potencialmente lesivos, tanto en el propio organismo como en su entorno, y poner en marcha las respuestas necesarias para evitarlos o contrarrestarlos. El dolor es, por tanto, un mecanismo de defensa imprescindible, pero también una de las principales causas de sufrimiento. En consecuencia, la minimización del dolor es uno de los aspectos básicos en todo procedimiento que implique el uso de animales de experimentación, por lo que resulta imprescindible que todo el personal que participe en estudios que impliquen la utilización de animales de experimentación, conozca los mecanismos fisiológicos responsables de la aparición del dolor y sepa reconocer y valorar cualquier signo de dolor, estrés o sufrimiento.

Palabras clave: dolor, experimentación, signos, procedimientos, valoración.

Recognition and assessment of pain in experimental animals

Abstract: Pain is a conscious perception that occurs as a result of the activation of the nociception process. The main purpose of nociception is to warn about the presence of potentially harmful agents, both in the organism and in its environment, and to initiate responses to avoid or counteract them, and, consequently, pain has to be considered, an essential defense mechanism. However, pain is also one of the main causes of suffering, and the minimization of pain is one of the basic aspects in any procedure that involves the use of experimental animals. Therefore, all personnel using experimental animals, must know the physiological mechanisms responsible for the existence of pain, and must be able to recognize and assess any sign of pain, stress or suffering.

Key words: pain, experimentation, signs, procedures, valuation.

Índice

I. Aspectos fisiológicos del dolor y de la nocicepción	9
1. Concepto de dolor y de la nocicepción	9
2. Dolor, estrés y sufrimiento	11
3. Tipos de dolor	13
4. Características del proceso de nocicepción	14
4.1. Nociceptores	15
4.1.1. Tipos de nociceptores	16
4.1.2. Activación de los nociceptores	18
4.1.3. Efecto de la inflamación sobre la activación de los nociceptores	19
4.2. Transmisión del impulso nervioso	21
4.3. Sistema endógeno de supresión del dolor	23
5. Percepción del dolor	24
II. Reconocimiento y valoración del dolor en animales de experimentación	25
1. Escalas de valoración	27
2. Reconocimiento y valoración del dolor en roedores	31
2.1. Observación	31
2.1.1. Observación del comportamiento	32
2.1.2. Observación del aspecto físico	33
2.1.3. Observación del entorno	34
2.2. Respuesta a estímulos externos	34
2.3. Pruebas complementarias	35
2.4. Escalas de dolor en roedores	35
3. Reconocimiento y valoración del dolor en conejos	36
3.1. Observación	36
3.1.1. Observación del comportamiento	36
3.1.2. Observación del aspecto físico	37
3.1.3. Observación del entorno	36
3.2. Respuesta a estímulos externos	37
3.3. Pruebas complementarias	37

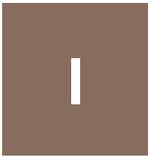
4. Reconocimiento y valoración del dolor en gatos	37
4.1. Observación	38
4.1.1. Observación del comportamiento	38
4.1.2. Observación del aspecto físico	38
4.2. Respuesta a estímulos externos	38
4.3. Pruebas complementarias	39
4.4. Escalas de dolor en gatos	39
5. Reconocimiento y valoración del dolor en perros	39
5.1. Observación	39
5.1.1. Observación del comportamiento	39
5.1.2. Observación del aspecto físico	40
5.2. Respuesta a estímulos externos	40
5.3. Pruebas complementarias	40
5.4. Escalas de dolor en perros	40
6. Clasificación de los procedimientos en función del grado de dolor	41
6.1. Categorías de severidad	41
6.2. Criterios de clasificación	41
6.3. Tipos de procedimiento atribuidos a cada categoría de severidad sobre la base de los factores relativos al tipo de procedimiento	42
7. Tratamiento del dolor	46
8. Capacitación	48
9. Bibliografía	49
10. Glosario	51

Introducción

La minimización del dolor, el estrés y el sufrimiento es uno de los aspectos básicos en todo procedimiento que implique el uso de animales de experimentación, por motivos tanto científicos como éticos y legales, y constituye el principio básico del refinamiento que, según Russell y Burch consistiría en "reducir a un mínimo absoluto el nivel de sufrimiento que se provoca a aquellos animales que se están utilizando". Por tanto, resulta imprescindible que todo el personal que participe en estudios que impliquen la utilización de animales de experimentación, conozca los mecanismos fisiológicos responsables de la aparición del dolor y sepa reconocer y valorar cualquier signo de dolor, estrés o sufrimiento.

Si el dolor no es identificado y valorado de forma adecuada, no será posible tratarlo correctamente, con lo que se reducirá, de forma notable, el bienestar de los animales. Además, la existencia de dolor o sufrimiento va a provocar diversos cambios fisiológicos en el animal, introduciendo así una serie de variables no controladas en la investigación que afectarán a la interpretación de los resultados, hasta el punto de poder llegar a invalidarlos.

Por último, la reducción del dolor y el sufrimiento animal es uno de los aspectos fundamentales contemplados en el 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, y cuyo objeto es, entre otros, establecer las normas para que no se cause innecesariamente dolor, sufrimiento, angustia o daño duradero a los animales utilizados en investigación. En consecuencia, el reconocimiento de la angustia, dolor y sufrimiento característicos de las especies más comunes de animales de laboratorio constituye uno de los requisitos mínimos en la educación y formación del personal que trabaja con dichos animales.



Aspectos fisiológicos del dolor y de la nocicepción

1. Concepto de dolor y de la nocicepción

La Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP por las iniciales en inglés de *International Association for the Study of Pain*) define el dolor como una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada con un daño tisular real o potencial. Debido a este carácter desagradable y al hecho de estar asociado habitualmente a lesiones o enfermedades, con frecuencia el dolor es considerado como una situación patológica y, de hecho, la existencia de dolor es una de las principales causas de sufrimiento y la primera causa de búsqueda de atención médica. Sin embargo, el dolor no es una enfermedad, sino una percepción consciente que se produce como resultado de la activación del proceso de nocicepción, una de las modalidades de la sensibilidad somática (Tabla 1).

9

Tabla 1. Modalidades sensoriales

Sensaciones generales (somáticas)	Sensaciones especiales
Sensaciones táctiles	Vista
Sensaciones térmicas	Gusto
Sensaciones propioceptivas	Olfato
Sensaciones nociceptivas	Oído
Sensaciones viscerales	Equilibrio

El dolor forma parte, por tanto, de un proceso fisiológico que tiene como misión alertar sobre la presencia de agentes potencialmente lesivos, tanto en el propio organismo como en su entorno, y poner en marcha las respuestas necesarias para evitarlos o contrarrestarlos.

Estas respuestas pueden estar mediadas por la activación del sistema nervioso autónomo (por ejemplo, el aumento de la frecuencia cardíaca o de la presión arterial) o por el sistema motor, tanto de forma refleja (por ejemplo, retirar un miembro al percibir dolor) como voluntaria (alejarse del agente lesivo). Aunque, probablemente, la forma en la que los humanos y el resto de los animales experimentan el dolor no es idéntica, en todos ellos cumple la misma función y constituye un problema relevante al que debe buscarse solución.

La gran importancia del dolor en el mantenimiento de la homeostasia se pone claramente de manifiesto en los individuos que nacen con insensibilidad congénita al dolor, también denominada analgesia congénita, una rara condición en la que los pacientes no pueden percibir el dolor. En estos individuos, las lesiones tisulares son muy frecuentes, e incluso situaciones que resultan banales en personas con una adecuada percepción del dolor, pueden producir lesiones severas en estos pacientes. Así, por ejemplo, son frecuentes las quemaduras graves, las lesiones en los pies por el uso de calzado inadecuado, las lesiones en la lengua durante la masticación o las lesiones en la córnea por la entrada de cuerpos extraños, ya que, al no percibirse el dolor, no se ponen en marcha las respuestas necesarias (alejarse de la fuente de calor, cambiar de calzado, etc.). Como consecuencia de todo esto, la esperanza de vida está reducida en pacientes con insensibilidad congénita al dolor, aun contando con una buena educación y adecuado apoyo social y sanitario.

La insensibilidad congénita al dolor no debe confundirse con la asimbolia al dolor o asimbolia dolorosa en la que el paciente sí es capaz de percibir dolor, pero no como una sensación desagradable. Por tanto, los pacientes con asimbolia dolorosa no reaccionan de forma adecuada frente al dolor, aunque las reacciones vegetativas y las respuestas motoras reflejas están conservadas. La asimbolia al dolor es también una alteración muy poco frecuente, que suele producirse como consecuencia de lesiones cerebrales.

10

Sin embargo, además de estas situaciones que podemos considerar como extremas y poco frecuentes, existen muchas otras circunstancias en la que no existe una correlación directa entre nocicepción y dolor y, de hecho, esta falta de correlación es una de las características del proceso nociceptivo.

Uno de los casos más habituales es la denominada analgesia inducida por estrés que es la disminución de la percepción del dolor que se produce en determinadas situaciones de estrés agudo.

La analgesia inducida por el estrés es transitoria y se produce como consecuencia de la activación de los sistemas endógenos de supresión del dolor que serán estudiados más adelante. Esta analgesia desempeña un importante papel en la supervivencia de un organismo, ya que disminuye la percepción del dolor o retrasa su aparición, lo que permite afrontar la amenaza y tratar de salvar la vida, por medio de respuestas como la lucha o la huida, cuya puesta en marcha podría estar dificultada por la existencia de un dolor intenso.

En el extremo opuesto, estarían situaciones en las que está aumentada la percepción del dolor (hiperalgesia), que pueden ser debidas a una excesiva estimulación del sistema nociceptivo, como ocurre en algunas neuropatías, o a una deficiente activación de los sistemas endógenos de supresión del dolor, como ocurre tras el cese de tratamientos prolongados con opioides.

En algunos casos extremos, la aparición de dolor puede producirse incluso ante estímulos indoloros como puede ser el simple roce de la ropa con la piel. Esta condición se denomina alodinia y, al igual que la hiperalgesia, refleja la existencia de algún tipo de patología.

Esta falta de correlación entre estímulo y respuesta sirve, por una parte, para ilustrar la gran complejidad de los mecanismos fisiológicos responsables de la percepción del dolor, pero supone también una gran dificultad a la hora de evaluar el dolor, ya que la percepción del dolor

no solo varía ampliamente de unos individuos a otros, sino también en un mismo individuo dependiendo de su estado físico o emocional. En cierto modo, se puede decir que, aunque es el daño de los tejidos el que pone en marcha el proceso de nocicepción, la percepción dolorosa es generada por el sistema nervioso central (SNC) y no por el daño tisular.

Sin embargo, a pesar de estas marcadas diferencias en la percepción del dolor, la gran importancia que tiene el proceso nociceptivo como sistema de mantenimiento de la homeostasis, determina que los mecanismos fisiológicos implicados sean muy similares, al menos entre las diferentes especies de vertebrados y, sobre todo, de mamíferos.

En cualquier caso, aunque una parte importante de nuestro conocimiento sobre la fisiología del dolor procede de estudios y experiencias clínicas obtenidas en humanos, debe evitarse extrapolar directamente a animales todos los aspectos relacionados con la percepción del dolor y, en este sentido, es importante tener en cuenta dos aspectos básicos:

- Debemos asumir que cualquier situación que causa dolor en humanos también lo hará en animales.
- La ausencia en animales de signos asociados al dolor en humanos (como las respuestas vegetativas) no implica que se pueda descartar la existencia de dolor.

2. Dolor, estrés y sufrimiento

Dos conceptos muy relacionados con el dolor son el sufrimiento y el estrés (distrés). Aunque resulta muy complejo definir de forma clara estos conceptos y existen muchos aspectos que se confunden entre ellos, podemos definir el sufrimiento como un estado no deseable y desagradable en el que se ven alteradas la salud física y/o el estado emocional del individuo como consecuencia de la presencia de estímulos adversos y/o de la ausencia de estímulos positivos adecuados en el entorno.

El sufrimiento puede tener, por tanto, causas físicas (por ejemplo, el dolor producido por un traumatismo) o psicológicas (por ejemplo, el miedo, o el aislamiento en el caso de especies gregarias) y debe ser considerado siempre como una situación que impide alcanzar el bienestar.

Más complicado aún resulta definir el distrés, que sería una alteración en el equilibrio físico y/o emocional del animal producido por agentes externos o internos, entre los que se encuentra el dolor, sobre todo si es intenso y/o prolongado.

El distrés, también llamado en ocasiones estrés negativo, no debe ser confundido con el estrés, una respuesta fisiológica que se pone en marcha ante determinadas situaciones excepcionales. Normalmente, el estrés en sí mismo, no causa sufrimiento, aunque sí pueden causar sufrimiento las situaciones que ponen en marcha la respuesta de estrés (Cuadro 1).

CUADRO 1. ESTRÉS Y DISTRÉS

Desde el punto de vista fisiológico, el estrés es una respuesta compleja que se pone en marcha en situaciones excepcionales que requieren una optimización de los recursos del organismo para luchar contra una agresión o huir de ella. Aunque la respuesta fisiológica de estrés no es exactamente igual en todas las circunstancias ni en todas las especies, existen una serie de aspectos básicos que suelen estar conservados como son la activación del sistema cardiovascular (aumento de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial), aumento de la frecuencia respiratoria, liberación de glucosa, inhibición de la función digestiva y disminución de la percepción del dolor (analgesia inducida por estrés). Por tanto, la respuesta de estrés es una reacción útil para el individuo, pero que no está diseñada para mantenerse en el tiempo. Por el contrario, el denominado distrés (distress) sería una alteración de la respuesta fisiológica al estrés, debido a que no es posible evitar o corregir el estímulo que la puso en marcha. Esto hace que algunos de los componentes de la respuesta de estrés se mantengan activados durante mucho tiempo, produciendo un cuadro caracterizado por alteraciones fisiológicas y angustia. El distrés es, por tanto, una respuesta patológica capaz de alterar el equilibrio físico y emocional del individuo y, en consecuencia, de provocar sufrimiento. El dolor crónico, sobre todo cuando es intenso, es una causa habitual de distrés.

Tan solo cuando no es posible evitar o corregir el estímulo que pone en marcha la respuesta de estrés, llega un momento en que ésta se transforma en distrés que, a su vez produce un aumento del sufrimiento y una disminución del bienestar (Figura 1).

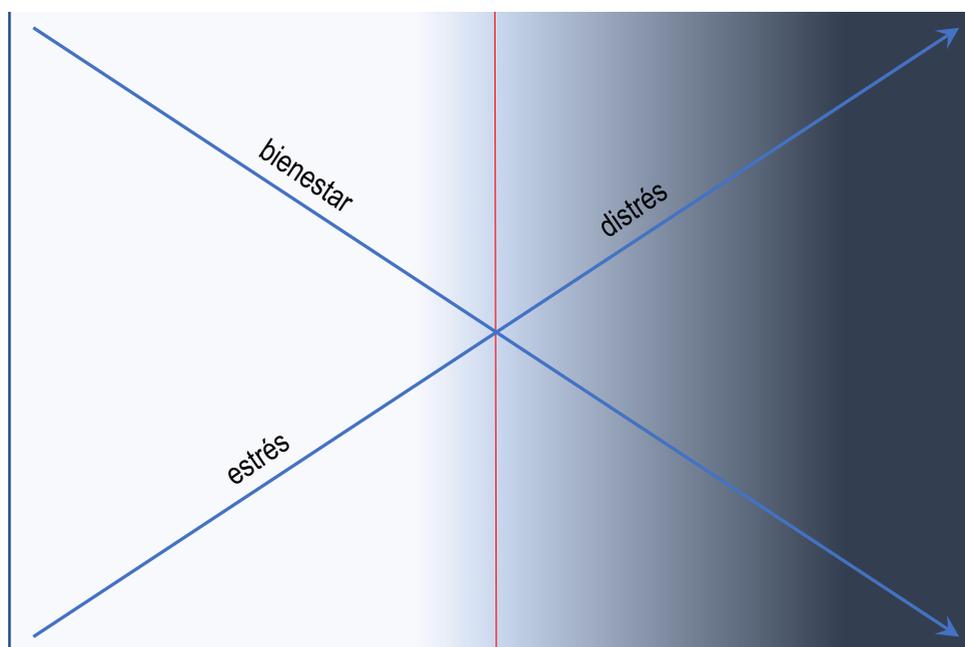


Figura 1. Relación entre estrés, distrés, bienestar y sufrimiento. El estrés es una respuesta fisiológica que se pone en marcha ante determinadas situaciones de amenaza para el organismo. Si la respuesta de estrés no es capaz de evitar o corregir el estímulo que la puso en marcha, llega un momento en el que la respuesta de estrés se convierte en ineficaz, transformándose en distrés, que provocará la aparición de sufrimiento

Por tanto, dolor, distrés y sufrimiento son tres conceptos estrechamente relacionados y, de hecho, el dolor va a causar siempre un cierto grado de distrés y sufrimiento, que serán mayores cuanto más intenso y prolongado sea el dolor. Sin embargo, es importante tener en cuenta que puede existir distrés o sufrimiento sin que haya dolor, por ejemplo, como consecuencia de hambre, miedo o de unas malas condiciones de alojamiento. Por tanto, la eliminación del dolor es una condición necesaria pero no siempre suficiente para lograr el bienestar animal.

3. Tipos de dolor

Desde el punto de vista clínico, el dolor se puede clasificar de diferentes formas, atendiendo a distintos criterios (intensidad, duración, localización, patogenia, etc.) de los cuales, los dos primeros son los más importantes en la práctica (Tabla 2).

Tabla 2. Tipos de dolor

Según la intensidad	Leve	Moderado	Intenso	
Según la duración	Agudo	Crónico		
Según la localización	Superficial	Profundo		
Según la patogenia	Nociceptivo	Neuropático	Psicogénico	Inflamatorio
Según el curso	Continuo	Intermitente	Irruptivo	
Según la calidad	Lacerante	Opresivo	Quemante	Sordo

Según la intensidad, el dolor puede clasificarse en leve, moderado y severo.

El dolor leve es el menos intenso y, en consecuencia, el que provoca un menor grado de angustia o sufrimiento. Este tipo de dolor es el que menos repercusiones tiene sobre el bienestar animal, lo cual no indica que no deba ser tratado de forma adecuada cuando sea necesario.

El dolor moderado produce un mayor grado de sufrimiento y afecta ya de forma clara tanto el bienestar como la fisiología del paciente.

Por último, el dolor intenso es el que, obviamente, produce mayores repercusiones sobre el organismo, de forma que puede ser incluso motivo de eutanasia humanitaria cuando no es posible tratarlo de forma adecuada.

Lamentablemente, tal y como analizaremos más adelante, no siempre es sencillo distinguir entre los diferentes grados de dolor, debido a la falta de criterios objetivos que permitan establecer el nivel de dolor que puede estar experimentando un individuo. Esta dificultad, que también existe en humanos, debido a las importantes diferencias interindividuales que mencionamos anteriormente, se pone especialmente de manifiesto en animales debido a su incapacidad de verbalizar sus percepciones y a que los criterios que existen para evaluar el dolor presentan un elevado grado de subjetividad.

Teniendo en cuenta la duración, el dolor se clasifica en agudo o crónico. No existe un límite de tiempo claro entre ambos tipos de dolor, siendo este límite, además, diferente en las distintas especies. Así, por ejemplo, en humanos se considera como crónico a un dolor que dura más de 6 meses, mientras que en pequeños mamíferos se considera a partir de 3 meses, aunque este periodo sigue siendo, probablemente, demasiado elevado para roedores como la rata y el ratón.

El dolor agudo es el que más fielmente se adapta tanto al concepto clásico de dolor como a su función fisiológica. Normalmente es autolimitado en el tiempo, desapareciendo cuando se elimina la causa que lo ocasionó y/o se produce la reparación del daño. Por tanto, el tratamiento del dolor agudo irá encaminado, habitualmente, tanto a aliviar el dolor como a corregir la causa que lo provoca.

En el caso del dolor crónico, su presencia normalmente indica que no ha sido posible corregir la causa que induce su aparición (por ejemplo, en el caso del dolor causado por tumores o enfermedades degenerativas), por lo que, muchas veces, el único tratamiento posible es el sintomático. Debe tenerse en cuenta, además, que el dolor crónico puede sufrir periodos de exacerbación, bien porque empeore la causa que lo provoca, bien porque aparezcan otras causas de dolor relacionadas, lo que obliga a realizar una correcta evaluación del dolor en estos animales que permita ajustar, de forma adecuada, el tratamiento que reciben en cada momento.

En algunos casos, puede existir dolor crónico incluso cuando ha desaparecido la causa que lo provocó. En este caso, no estaríamos ya ante una situación fisiológica, sino que se trataría de un tipo de dolor patológico, que se conoce con el nombre de dolor neuropático (en contraposición al dolor fisiológico o nociceptivo).

El dolor neuropático ya no cumple su función de proteger al organismo y resulta especialmente difícil de tratar debido a los cambios estructurales que se producen en los mecanismos de transmisión del estímulo nociceptivo, principalmente en la médula espinal. Este dolor neuropático no debe confundirse con el dolor psicogénico, en el que los pacientes perciben dolor en ausencia de estímulos que lo provoquen, pero sin que exista ninguna alteración del sistema nociceptivo.

4. Características del proceso de nocicepción

La nocicepción puede definirse como el conjunto de mecanismos fisiológicos que permiten la detección, codificación y transmisión, desde el sistema nervioso periférico hasta SNC, de la información sensorial que da lugar a la percepción del dolor. Etimológicamente, nocicepción deriva del latín *nocere* (dañar) y *capere* (capturar) por lo que su significado sería capturar (captar) el daño. De forma resumida, podemos considerar el proceso nociceptivo dividido en cuatro fases sucesivas que aparecen recogidas en la tabla 3. El punto de partida en el proceso de nocicepción es la estimulación de los nociceptores, un tipo de neuronas sensoriales que se encargan de captar estímulos potencialmente lesivos para el organismo. Una vez estimulados, los nociceptores van a generar impulsos nerviosos que son enviados al SNC (en concreto a la médula espinal y al tallo cerebral) donde establecerán sinapsis con neuronas secundarias, de las que parten axones que alcanzan las regiones del SNC encargadas del procesamiento de la información nociceptiva y de la percepción del dolor.

Tabla 3. Fases del proceso de nocicepción

Estimulación del receptor sensitivo
Transducción del estímulo
Transmisión del impulso nervioso
Integración y análisis de la información

4.1. Nociceptores

Las neuronas nociceptoras o nociceptores son las encargadas de captar los estímulos nociceptivos y, por tanto, de iniciar el proceso de nocicepción. Dado que los nociceptores son las primeras neuronas implicadas en el proceso de nocicepción y que transmiten el impulso nervioso en sentido aferente, es decir, desde la periferia hasta el SNC, se denominan también neuronas sensoriales primarias o neuronas aferentes primarias.

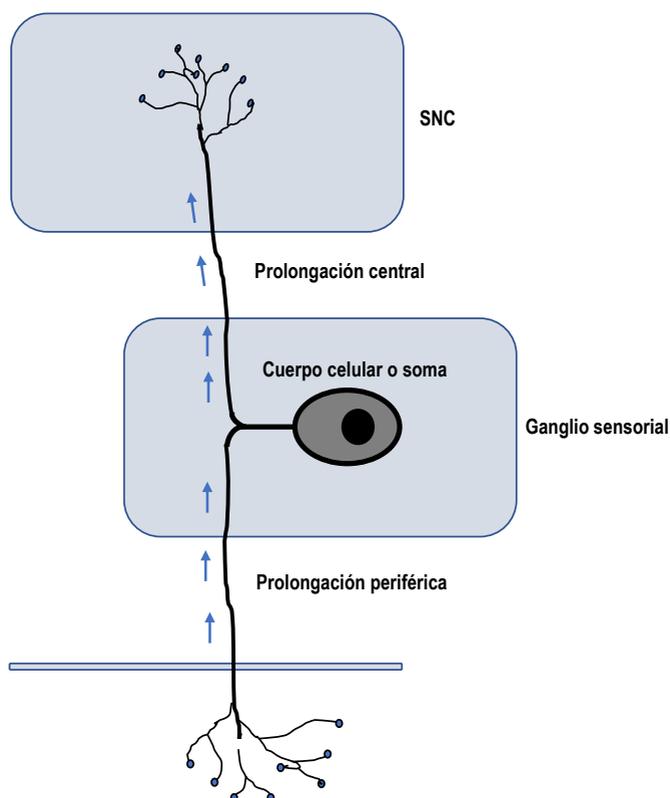


Figura 2. Estructura de una neurona nociceptora. El cuerpo neuronal o soma se localiza en los ganglios de la raíz dorsal de la médula espinal o en el ganglio del trigémino. Del soma se origina una única prolongación que se divide en dos: una prolongación periférica que es la encargada de la captación de los estímulos y una prolongación central que establece sinapsis con neuronas localizadas en el SNC (médula espinal o tallo cerebral). Las neuronas que presentan esta estructura reciben el nombre de neuronas pseudounipolares. Las flechas marcan la dirección de transmisión del impulso nervioso.

Desde el punto de vista estructural, los nociceptores se caracterizan por tener dos prolongaciones: una prolongación periférica, que es la que se encarga de recoger la información sensorial, y una prolongación central, que es la que transmite la información hasta el SNC. Ambas prolongaciones confluyen en un tronco común que las conecta con el cuerpo celular por lo que se trata de neuronas pseudounipolares (Figura 2).

Los cuerpos celulares de las neuronas nociceptoras se localizan en los ganglios de la raíz dorsal de la médula espinal o ganglios espinales y en el ganglio del trigémino o ganglio de Gasser.

Las prolongaciones periféricas se distribuyen por los diferentes tejidos y órganos y se encargan de captar los estímulos nociceptivos, mientras que las prolongaciones centrales terminan en el asta dorsal de la médula espinal o en el tallo cerebral.

4.1.1. Tipos de nociceptores

Los nociceptores pueden clasificarse en función de diferentes criterios, siendo los principales, el tipo de energía capaz de activarlos, las características de sus prolongaciones y la localización. Según el tipo de energía capaz de activarlos, los nociceptores se dividen en tres grandes categorías: térmicos, mecánicos y polimodales, a las que habría que añadir una cuarta categoría: los nociceptores silentes (Tabla 4). Cada uno de estos nociceptores responde, de forma preferente, a un determinado estímulo: los nociceptores térmicos son activados por temperaturas extremas, los mecánicos por la estimulación mecánica intensa y los polimodales por estímulos térmicos, mecánicos y químicos.

Tabla 4. Clasificación de los nociceptores

Según el tipo de estímulo	Según sus fibras	Según su localización
Mecánicos	Ad	Superficiales
Térmicos	C	Musculoesqueléticos
Polimodales		Viscerales
Silentes		

En cuanto a los nociceptores silentes o silenciosos, serían un tipo de nociceptores que tan solo se activan cuando existe inflamación. Independientemente del tipo de estímulo, una característica básica de todos los nociceptores es que, a diferencia del resto de receptores sensoriales, tan solo son activados por estímulos de elevada intensidad.

La cantidad de energía necesaria para activar un nociceptor determina lo que se conoce como el umbral de respuesta. Solo los estímulos que son capaces de alcanzar el umbral de respuesta de un receptor producirán una activación del mismo. Como veremos más adelante, existen factores que son capaces de disminuir el umbral de respuesta y, por tanto, de facilitar la activación del nociceptor.

Un segundo criterio utilizado para clasificar los nociceptores son las características de sus prolongaciones, es decir, de las fibras nerviosas (Tabla 4). Esta clasificación es importante, ya que las características de las fibras nerviosas determinan la velocidad de transmisión del impulso nervioso. Los dos factores que condicionan la velocidad con la que una fibra nerviosa transmite el estímulo son el diámetro y la presencia de una vaina de mielina que permite lo que se conoce como conducción saltatoria del impulso nervioso, siendo más rápidas las fibras gruesas y con vaina de mielina (Figura 3).

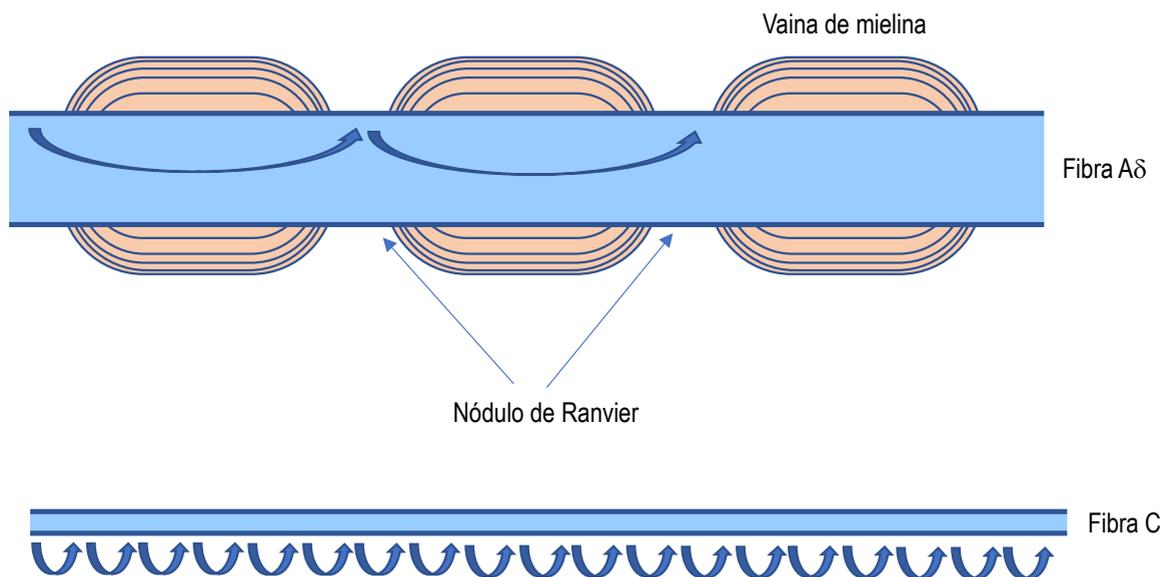


Figura 3. Transmisión del impulso nervioso en las neuronas nociceptoras. Las fibras A δ se caracterizan por presentar una vaina de mielina, formada por prolongaciones de las células de Schwann, que rodea y aísla las fibras. Sin embargo, este recubrimiento no es continuo, ya que las porciones recubiertas por cada célula de Schwann están separadas entre sí por unos espacios sin aislamiento, denominados nódulos de Ranvier. Esta organización permite que el impulso nervioso se transmita "a saltos" entre los diferentes nódulos de Ranvier y, de esta forma, mucho más rápidamente que en axones sin mielina. A este tipo de conducción del impulso nervioso se le denomina conducción saltatoria. Por el contrario, las fibras tipo C carece de vaina de mielina y, por tanto, no presentan conducción saltatoria. Este hecho, junto con su menor diámetro, determinan que las fibras tipo C transmitan el impulso nervioso más lentamente que las fibras tipo A δ

Atendiendo a las características de sus fibras, los nociceptores se clasifican en dos categorías: nociceptores con fibras A δ y nociceptores con fibras C.

Las fibras tipo C son finas y no están mielinizadas y por lo que transmiten los impulsos nerviosos lentamente.

Los nociceptores A δ presentan fibras que, aunque en comparación con las de otros receptores sensoriales son finas, son más gruesas que las fibras C y están recubiertas por una fina vaina de mielina. Como consecuencia, estos nociceptores transmiten la información más rápidamente. En cualquier caso, los nociceptores son los receptores somatosensoriales que tienen fibras con una menor velocidad de conducción (Tabla 5).

Las características del dolor transmitido por los nociceptores con fibras A δ se corresponden con un dolor agudo y bien localizado, mientras que en el caso de los nociceptores con fibras C se trataría de un dolor insidioso y poco localizado.

Tabla 5. Tipos de fibras sensoriales

Tipo	Clasificación de Erlanger-Gasser	Diámetro	Vaina de mielina	Velocidad de conducción	Receptores sensoriales asociados
Ia	Aa	13-20 mm	Sí	80-120 m/s	Husos musculares
Ib	Aa	13-20 mm	Sí	80-120 m/s	Órganos tendinosos de Golgi
II	Ab	6-12 mm	Sí	30-75 m/s	Husos musculares Receptores cutáneos
III	Ad	1-5 mm	Sí	3-30 m/s	Receptores cutáneos Nociceptores
IV	C	0,2-1,5 mm	No	0,5-2 m/s	Nociceptores

Por último, atendiendo a su localización, los nociceptores se clasifican en tres grandes grupos: cutáneos, musculoesqueléticos y viscerales (Tabla 4).

Los nociceptores cutáneos se encuentran distribuidos por toda la piel y algunas mucosas. Son receptores con un umbral de respuesta elevado, por lo que solo se activan por estímulos intensos.

Los receptores musculoesqueléticos se encuentran distribuidos por músculos, huesos y articulaciones, y tienen un mayor rango de respuesta que los cutáneos, incluyendo la presencia de receptores silenciosos que solo se activan cuando existe inflamación. Por último, los nociceptores viscerales son los peor estudiados y se caracterizan porque muchos de ellos son silenciosos.

4.1.2. Activación de los nociceptores

Al igual que ocurre con el resto de receptores sensoriales, el proceso de activación de los nociceptores se denomina transducción y consiste en la transformación de la energía que activa el receptor (mecánica, térmica o química) en un impulso nervioso. Este proceso se lleva a cabo en los terminales de las prolongaciones periféricas de las neuronas nociceptoras y, una vez iniciado, se va a transmitir a lo largo de toda la célula hasta alcanzar el SNC. A diferencia de otros receptores sensoriales que cuentan con diferentes sistemas para aumentar la sensibilidad, las prolongaciones periféricas de los nociceptores están constituidas por terminaciones nerviosas libres, sin ningún tipo de especialización (Figura 4).

La razón de que esto sea así es que en los otros tipos de sensaciones se pretende conseguir la máxima sensibilidad posible, mientras que en el caso de la nocicepción el objetivo es que los nociceptores se estimulen únicamente cuando actúa sobre ellos un estímulo de elevada intensidad.

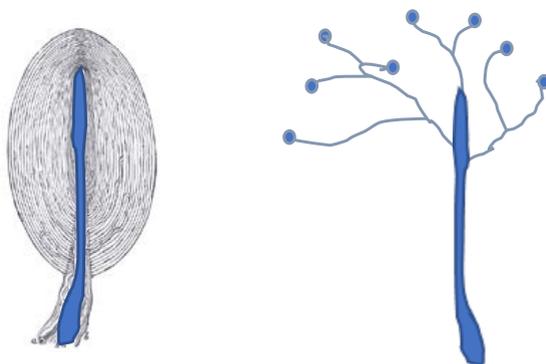


Figura 4. Diferencias entre terminaciones nerviosas libres y especializadas. Algunos receptores sensoriales se caracterizan por presentar una serie de estructuras que facilitan la captación de la energía. En la imagen de la izquierda se muestra un corpúsculo de Paccini, formado por una serie de capas concéntricas de tejido conectivo que rodean a la terminación de una fibra nerviosa. Los corpúsculos de Paccini son abundantes en la dermis y favorecen la estimulación de las terminaciones nerviosas en respuesta a la presión ejercida sobre la piel. Por el contrario, las terminaciones nerviosas libres carecen de estructuras que favorezcan su estimulación ya que están diseñadas, en el caso de las neuronas nociceptivas, para que solo respondan a estímulos de elevada intensidad

4.1.3. Efecto de la inflamación sobre la activación de los nociceptores

Otro aspecto muy importante en relación con los nociceptores es que su umbral de activación disminuye cuando existe una respuesta inflamatoria en el área lesionada. Este efecto es especialmente evidente en el caso de los nociceptores silentes que solo se activan cuando existe inflamación, pero está presente en todos los nociceptores.

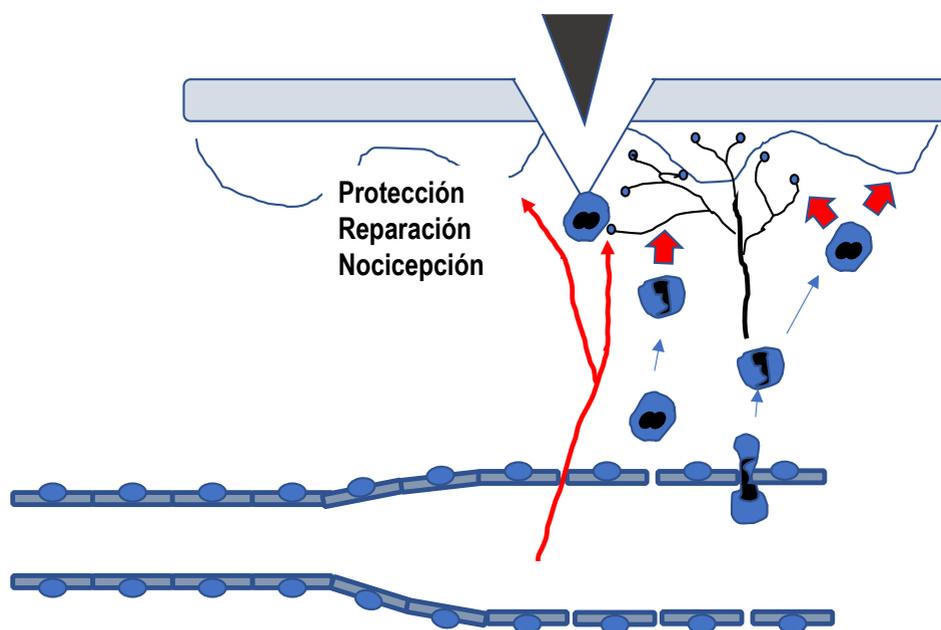


Figura 5. Fisiopatología de la respuesta inflamatoria local. Como consecuencia de la dilatación y del aumento de la permeabilidad vascular, se produce la salida de plasma y de células inmunes hacia los tejidos. Los factores liberados por estas células inflamatorias, junto con los que se encuentran en el plasma serán los encargados de limitar el daño y estimular la reparación de los tejidos, pero serán también los responsables de la disminución del umbral de respuesta de los nociceptores y, en consecuencia, del aumento del dolor

La inflamación es una respuesta de defensa inespecífica del organismo que tiene como principal objetivo limitar el daño y favorecer la reparación de los tejidos lesionados. La respuesta inflamatoria puede ser puesta en marcha por un gran número de agentes, tanto biológicos (virus, bacterias, hongos, parásitos) como físicos (radiaciones, frío, calor) o químicos.

Desde el punto de vista fisiopatológico, la inflamación se caracteriza porque se produce un aumento del aporte de sangre a la zona lesionada como consecuencia de una vasodilatación local. Este aumento del aporte de sangre, junto con el aumento de la permeabilidad de los vasos que lo acompaña, va a permitir que alcancen los tejidos lesionados diferentes tipos de células inmunes que van a liberar una serie de factores que serán los encargados de limitar el daño y poner en marcha la reparación de los tejidos (Figura 5).

CUADRO 2. INFLAMACIÓN

La palabra inflamación procede del latín *inflammatio* (encender, hacer fuego) en alusión a dos de sus signos: el enrojecimiento (rubor) y el aumento de la temperatura (calor) que junto con el dolor y el edema (tumor) constituyen los denominados cuatro signos cardinales de la inflamación, también denominados signos de Celso por haber sido descritos por Aulo Cornélio Celso (ca. 25 aC-50 dC). Estos signos, a los que hay que añadir un quinto, la limitación funcional o *functio laesa* identificado por Claudius Galenus (129- ca.210 aC), están presentes prácticamente siempre que existe una inflamación localizada, aunque no siempre es sencillo detectarlos. Dado que la inflamación incrementa la percepción del dolor, resulta muy importante reconocer cualquier signo que nos pueda hacer sospechar acerca de la existencia de inflamación para poder tratarla de forma adecuada. Siempre que exista inflamación el tratamiento analgésico debe complementarse con un tratamiento antiinflamatorio.

El rubor o enrojecimiento se produce como consecuencia del aumento del flujo de sangre (hiperemia) que se produce en la zona inflamada. Aunque la hiperemia está presente siempre que existe inflamación local, muchas veces tan solo es detectable cuando la reacción inflamatoria se produce en la piel o en mucosas superficiales y, aun así, puede resultar difícil observarla cuando, por ejemplo, la zona de piel inflamada está tapada por pelo. En cualquier caso, el enrojecimiento es un signo de gran utilidad en muchas ocasiones como ocurre, por ejemplo, en las lesiones quirúrgicas de la piel.

El calor o hipertermia local es el aumento de temperatura que se produce en los tejidos inflamados. El aumento de temperatura suele ser moderado, por lo que, muchas veces, la hipertermia es también difícil de objetivar, sobre todo cuando el área inflamada es muy reducida.

El tumor hace referencia al aumento del volumen (hinchazón) de la zona inflamada, causado principalmente por la aparición de edema. El edema que aparece en las zonas inflamadas es consecuencia de un aumento de la salida de líquido (plasma) desde los vasos sanguíneos, proceso conocido como extravasación. Las principales causas del edema son el aumento del flujo de sangre y el incremento de la permeabilidad de los vasos. La hinchazón es, probablemente, el signo más fácilmente detectable, sobre todo si la inflamación se localiza en la superficie del organismo o próxima a ella.

Por último, la inflamación produce una pérdida de función de los tejidos inflamados que, en algunos casos, es fácilmente detectable, como ocurre cuando existe inflamación en las articulaciones de los miembros. Dado que la inflamación incrementa la percepción del dolor, deben extremarse las precauciones al manipular la zona lesionada en busca de una posible limitación funcional.

Además, estos factores van a desempeñar un papel clave en el proceso de nocicepción ya que disminuyen el umbral de respuesta de las neuronas nociceptoras, lo que facilita su estimulación.

Las consecuencias prácticas de este hecho son muy importantes ya que, por una parte, debe tenerse en cuenta que siempre que se detecten signos de inflamación debe sospecharse la existencia de dolor, por lo que es muy importante saber reconocer los signos que indican la existencia de inflamación (Cuadro 2).

La segunda consecuencia es que un tratamiento adecuado del dolor exige tratar también la inflamación. Si la inflamación no se trata de forma adecuada, el umbral de respuesta de los nociceptores seguirá estando disminuido, lo que favorece su estimulación y dificulta, por tanto, el tratamiento del dolor.

4.2. Transmisión del impulso nervioso

Una vez activados los nociceptores, la información se va a transmitir a lo largo de sus prolongaciones, hasta alcanzar la médula espinal (o el tronco del encéfalo). Las prolongaciones de las neuronas nociceptoras, junto con las del resto de neuronas sensoriales, neuronas motoras y neuronas vegetativas van a formar los nervios periféricos, encargados de transmitir toda la información nerviosa (motora, sensorial y vegetativa) entre la periferia y el SNC.

Dado que la activación de los nociceptores se produce en el extremo distal de las terminaciones periféricas, el impulso va a avanzar, en primer lugar, desde dichas terminaciones hacia el soma, continuando después desde el soma hasta el extremo distal de las prolongaciones centrales (Figura 2).

Las prolongaciones centrales de las neuronas nociceptores establecen sinapsis con neuronas secundarias, localizadas en las astas posteriores de la médula espinal (o en el tallo cerebral) que serán, a su vez, las encargadas de transmitir la información hacia otras áreas del SNC.

En el caso de la información transmitida por fibras A δ , las sinapsis con las neuronas secundarias se producen de forma directa, siendo el neurotransmisor utilizado el glutamato. Por el contrario, las fibras tipo C no contactan directamente con las neuronas secundarias, sino que lo hacen con interneuronas que, a su vez, conectan con las neuronas secundarias. Los neurotransmisores utilizados por estas fibras son la sustancia P y el péptido relacionado con el gen de la calcitonina, dos neuropéptidos con función neuromoduladora. Por tanto, las fibras tipo C no participan directamente en la transmisión del impulso nervioso, sino que modulan la actividad de las neuronas secundarias del asta posterior de la médula espinal y, de esta forma, regulan la intensidad y la duración del estímulo (Figura 6).

Las astas posteriores de la médula espinal no solo participan en la transmisión de la información nociceptiva, sino que también van a ser responsables de un importante grado de procesamiento de dicha información, debido a la existencia de una serie de circuitos neuronales que están formados por las terminaciones de las prolongaciones centrales de las neuronas aferentes primarias, por las neuronas secundarias e interneuronas del asta posterior y por terminaciones de fibras descendentes que proceden de neuronas que forman el denominado sistema endógeno de supresión del dolor (Figura 6).

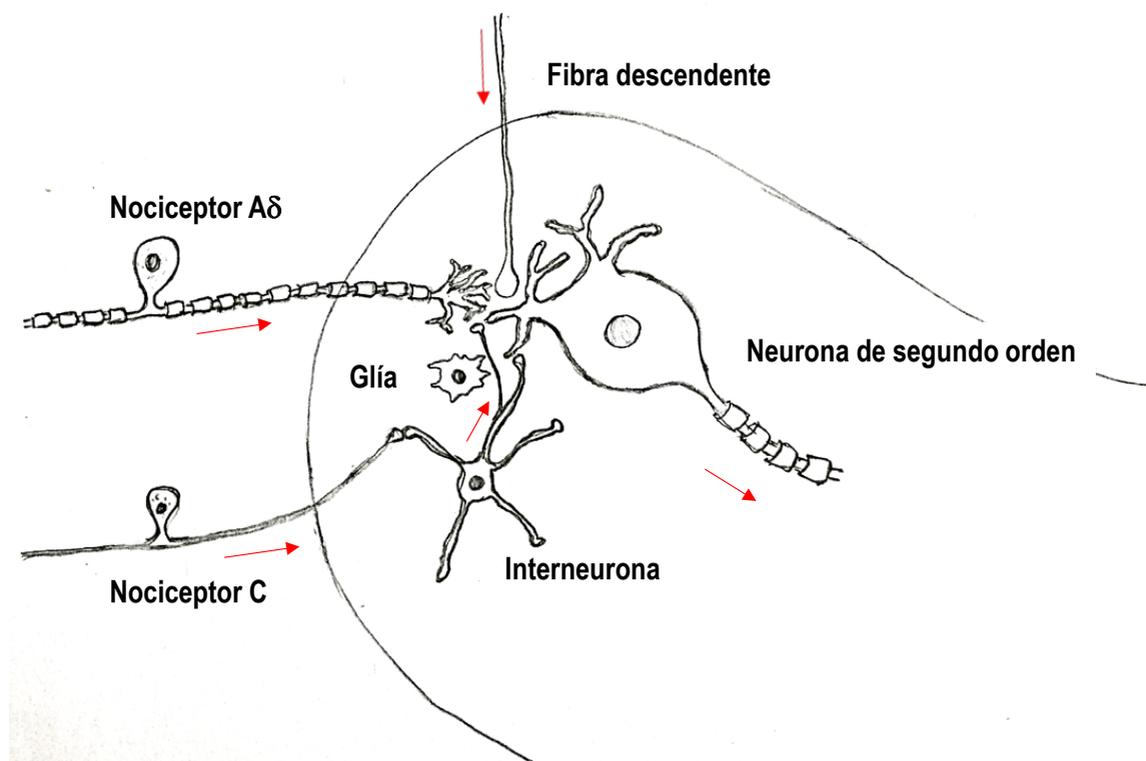


Figura 6. Procesamiento de la información nociceptiva en la médula espinal. Las neuronas aferentes primarias A δ establecen sinapsis con las neuronas secundarias localizadas en el asta posterior de la médula espinal que son las encargadas de transmitir la información nociceptiva a otras áreas del SNC. En el caso de las neuronas aferentes primarias con fibras tipo C, la conexión no se establece, por regla general, con las neuronas de secundarias directamente, sino a través de una o varias interneuronas. Además, la actividad de las diferentes sinapsis que se establecen en el asta posterior está modulada por fibras descendentes y por células gliales. Estos circuitos neuronales de procesamiento de la información nociceptiva en la médula espinal son fundamentales para el proceso de percepción del dolor y sus alteraciones son uno de los principales determinantes de la aparición de dolor neuropático

A todos estos componentes habría que añadir las células gliales que modulan la actividad de las sinapsis. Estos circuitos neuronales de la médula espinal no solo son importantes en el proceso de nocicepción fisiológica, sino también en condiciones patológicas y, de hecho, la alteración de los circuitos medulares es una de las causas de la aparición del dolor nociceptivo.

Una vez que las neuronas secundarias de la médula espinal son estimuladas, van a transmitir el impulso nervioso a través de sus axones que proyectan sobre neuronas localizadas principalmente en el tálamo, pero también en otras áreas del SNC, formando una serie de tractos o vías de transmisión de la información nociceptiva, de los cuales los más importantes son tres: el espinotalámico, el espinoreticular y el espinomesencefálico.

Tracto espinotalámico: Es la principal vía de transmisión de la información nociceptiva. Está formado por los axones de las neuronas secundarias del asta posterior de la médula espinal que proyectan sobre el tálamo. Los axones que forman este tracto cruzan la línea media y ascienden a lo largo de la médula espinal, a través de dos vías independientes, el tracto espinotalámico anterior y el tracto espinotalámico lateral.

Una vez que alcanzan el tálamo, estos axones van a establecer sinapsis con neuronas talámicas que proyectan, a su vez, sobre la corteza cerebral. Los axones que forman el tracto espinotalámico están recubiertos por mielina y, por tanto, transmiten el impulso de forma rápida. En consecuencia, este tracto es especialmente importante en la transmisión del dolor agudo y proporciona información discriminativa sobre la localización, intensidad y duración del estímulo nociceptivo.

El tracto espinotalámico es el responsable de las respuestas motoras de protección, además de participar en el procesamiento de la respuesta emocional asociada al dolor.

Tracto espinoreticular: Está formado por los axones de neuronas secundarias que finalizan en la formación reticular. Los axones de estas neuronas carecen de mielina, por lo que su velocidad de transmisión del impulso nervioso es menor.

Este tracto está relacionado con la transmisión del dolor difuso, mal localizado y con las respuestas vegetativas.

Tracto espinomesencefálico: Los axones que forman este tracto finalizan en el mesencéfalo. Muchos de estos axones contactan con neuronas situadas en la sustancia gris periacueductal, que desempeñan un importante papel dentro de los mecanismos fisiológicos de supresión del dolor.

4.3. Sistema endógeno de supresión del dolor

Como ocurre con cualquier modalidad sensorial, la nocicepción está sometida a una serie de mecanismos de retroalimentación que modulan el proceso, pudiendo llegar incluso a abolir completamente la percepción del dolor.

Como ya se mencionó anteriormente, la percepción del dolor es muy variable y no siempre hay una clara correspondencia entre la realidad objetiva de un estímulo potencialmente doloroso y la respuesta subjetiva que produce. Un ejemplo paradigmático de la importancia de los sistemas endógenos de supresión del dolor es la anteriormente mencionada analgesia por estrés.

Otra importante consecuencia de la modulación central del dolor es la denominada respuesta placebo que consistiría en la aparición de una disminución del dolor después de la administración de un fármaco sin actividad analgésica.

El sistema endógeno de supresión del dolor depende, principalmente, de neuronas que están localizadas en la sustancia gris periacueductal del tallo cerebral. Estas neuronas reciben información descendente, procedente del tálamo, hipotálamo y corteza cerebral, y también información ascendente, principalmente a través de los tractos espinotalámico y espinomesencefálico. Los axones de estas neuronas terminan en el asta posterior de la médula espinal donde establecen sinapsis, principalmente, con interneuronas inhibitorias.

La activación de estas neuronas inhibitorias va a disminuir la transmisión del impulso nervioso en la médula espinal y, por tanto, de la información nociceptiva.

5. Percepción del dolor

La percepción del dolor depende del cerebro, tanto de la corteza cerebral como de diversas estructuras subcorticales. A diferencia de lo que ocurre con otras sensaciones en las que existen áreas de la corteza cerebral en las que se concentran las neuronas directamente implicadas en el procesamiento de la información sensorial, no parece que exista un área cerebral específica destinada a procesar la información nociceptiva, sino una serie de estructuras, tanto corticales como subcorticales que constituyen lo que se conoce como la neuromatriz del dolor. Por tanto, la activación de estas áreas será la responsable de todas las características asociadas a la percepción del dolor: nociceptivas (intensidad, cualidad, localización), cognitivas, y afectivas/emocionales (angustia, sufrimiento).

Los aspectos sensoriales y cognitivos dependen, principalmente de estructuras corticales entre las que destacan la corteza cingulada anterior, la corteza insular, la corteza somatosensorial primaria y secundaria y la corteza prefrontal.

24

En cuanto al componente afectivo-emocional, depende principalmente de estructuras del sistema límbico, principalmente el hipocampo, la amígdala y el hipotálamo.



Reconocimiento y valoración del dolor en animales de experimentación

Al tratarse de una experiencia sensorial subjetiva e inespecífica, el reconocimiento y la valoración del dolor resultan especialmente complicados, en animales y, de hecho, uno de los principales motivos por lo que puede no realizarse un tratamiento adecuado del dolor es la incapacidad de reconocerlo.

25

A diferencia de lo que ocurre en humanos, en los que el reconocimiento y la valoración del dolor se realizan, fundamentalmente, a partir de la información proporcionada por los pacientes, la incapacidad que presentan los animales de verbalizar sus percepciones hace necesario recurrir otro tipo de métodos.

Además, dado que la respuesta al dolor varía de forma considerable de unas especies a otras, los criterios para la evaluación del dolor van a diferir también entre especies, lo que dificulta todavía más su valoración. Sin embargo, a pesar de estas diferencias, existen algunos aspectos básicos que son aplicables a la mayoría de las especies de animales utilizados en experimentación, que son los que se analizan en este apartado.

En cualquier caso, y como aproximación inicial al reconocimiento y la valoración del dolor, debe considerarse siempre que todos los procedimientos que causan dolor en los seres humanos, también lo harán en otros animales.

En segundo lugar, y dado que el dolor va a provocar siempre un cierto grado de angustia y sufrimiento, es de vital importancia reconocer aquellos signos que nos pueden hacer sospechar de la existencia de estas situaciones. De hecho, en la práctica, muchas veces lo que vamos a detectar en el animal son signos de sufrimiento que, en función de su historia clínica, nos pueden llevar a la conclusión de que están causados por la existencia de dolor.

En relación con este aspecto, es también importante tener en cuenta que, si bien el objetivo último es evitar el sufrimiento, debe investigarse de forma adecuada qué es lo que lo está causando, para orientar de forma correcta el tratamiento. Así, por ejemplo, la disminución de la ingesta puede ser un signo de sufrimiento que puede producirse cuando existe dolor, pero también como consecuencia de otros factores como el miedo, por lo que tan solo sería necesario y recomendable el tratamiento analgésico en la primera de las situaciones.

La necesaria monitorización del bienestar de los animales requiere una observación diaria e individualizada, particularmente en aquellos momentos en los que, bien como consecuencia de los procedimientos a los que han sido sometidos, bien por su situación clínica, pueda sospecharse la presencia de factores que puedan provocar dolor o sufrimiento

CUADRO 3. ESCALAS DE VALORACIÓN DEL DOLOR

Existen múltiples escalas para la valoración del dolor, la mayor parte de ellas desarrolladas para humanos y basadas en la información proporcionada por los pacientes sobre cómo perciben el dolor. Algunas de estas escalas han sido adaptadas para su utilización con seres humanos con capacidades cognitivas disminuidas y con animales. Las escalas más utilizadas son las siguientes:

1. Escala numérica de intensidad del dolor (NPIS, *numeric pain intensity scale* o NRS, *numerical rating scale*). Utiliza una escala del 0 al 10 basada en cómo el paciente describe el dolor, desde el 0 que indicaría ausencia de dolor, hasta el 10 que suele describirse como el peor dolor posible. Esta escala puede ser adaptada para su utilización en animales. En este caso, la puntuación se otorgaría mediante la observación de determinados parámetros fisiológicos o de comportamiento.
2. Escala simple descriptiva de la intensidad del dolor (SDPIS, *simple descriptive pain intensity scale*). Similar a la anterior, solo que, en lugar de números se utilizan palabras para describir los diferentes grados de dolor (ausencia de dolor, dolor ligero, dolor moderado, dolor intenso, dolor muy intenso y el peor dolor posible). Esta escala no aplicable a animales.
3. Escala visual analógica (VAS, *visual analog scale*). En esta escala, la valoración del dolor se establece en un punto situado en un segmento con valores únicamente en sus dos extremos (no dolor y el peor dolor posible). El encargado de hacer la valoración puede ser el paciente, basándose en su percepción, o el médico, a través de la información que puede obtener mediante la observación de determinados parámetros fisiológicos o de comportamiento. Esta escala puede ser también adaptada para su utilización en animales. En este caso, la puntuación se otorgaría mediante la observación de determinados parámetros fisiológicos o de comportamiento.
4. Escala de caras de Wong-Baker. En este caso, el paciente debe identificar su dolor con la expresión que aparece en 6 dibujos que muestran expresiones simples (de muy alegre a muy triste). Se usa para niños pequeños o para pacientes que no tienen capacidad de comprender otras escalas. Obviamente, la base conceptual de esta escala no es aplicable a animales y, aunque se basa en el reconocimiento de expresiones faciales, no debe confundirse con las escalas de muecas.
5. Escalas compuestas (CS, *composite scales*). Son escalas que combinan diferentes parámetros para valorar el dolor, por lo que se denominan también escalas multiparamétricas. Son más complejas y requieren más tiempo para su realización que las anteriores pero son las más adecuadas y utilizadas para la valoración del dolor en animales.

y, por tanto, disminuir su bienestar. De forma general, la monitorización de los animales de experimentación debe llevarse a cabo mediante la observación, la manipulación y la realización de pruebas específicas.

A continuación, analizaremos cómo estas técnicas pueden ser utilizadas para analizar y valorar el dolor, si bien debe tenerse en cuenta que, en la práctica, no existe un protocolo de valoración del dolor, sino del bienestar animal, dentro del cual se incluye la identificación y valoración del dolor, y que muchos de los signos que describiremos a continuación en relación con el dolor, pueden ser producidos también por otros procesos. Será, por tanto, la situación de cada animal la que determine cómo y con qué frecuencia ha de realizarse la monitorización que ha de incluir todos los aspectos necesarios para garantizar su bienestar.

Por último, es importante destacar que tanto las evaluaciones clínicas como los protocolos de evaluación deben ser realizados por personal acreditado, con un conocimiento detallado del comportamiento normal y anormal, así como de determinados aspectos de la fisiología y patología de la especie en cuestión. Además, debe conocer el historial de cada animal, incluyendo los procedimientos a los que ha sido sometido, para así poder orientar de forma adecuada la observación y manipulación que deba realizarse. Por tanto, el objetivo del presente capítulo no es proporcionar unas guías de actuación sino aportar los conocimientos necesarios para facilitar la utilización las guías de cada centro usuario.

1. Escalas de valoración

Un aspecto especialmente importante en relación con el reconocimiento del dolor es la posibilidad de elaborar tablas de registro (escalas de valoración) en las que se asignen puntuaciones en función de las observaciones realizadas.

27

La utilización de este tipo de tablas es algo habitual en humanos, facilitado por su capacidad de verbalizar y, por tanto, describir las características del dolor. Sin embargo, existen también escalas para valorar el dolor en animales, la mayor parte de ellas desarrolladas a partir de escalas para humanos sin capacidad de verbalización, como es el caso de niños pequeños o de pacientes con disminución de la consciencia (Cuadro 3).

Aunque existen diferentes tipos de escalas de valoración del dolor, no todas ellas son adaptables para su uso en animales, siendo las denominadas escalas compuestas, que analizan diferentes parámetros fisiológicos y de comportamiento, utilizando imágenes como referencias para realizar las valoraciones, las que resultan de mayor utilidad para evaluar el dolor en animales de experimentación.

En cualquier caso, debe tenerse en cuenta que, como comentamos anteriormente, resulta muy difícil establecer una correlación clara entre la forma en la que el dolor es percibido y la gravedad del daño que lo provoca, debido a la gran influencia de factores individuales y a las diferencias que existen entre las distintas especies.

Tabla 6. Aspectos que deben ser tenidos en cuenta para la elaboración o utilización de una escala de valoración del dolor

Especie
Raza
Características del entorno
Características individuales (edad, sexo, estado de salud, procedimientos)
Características del dolor (tipo, localización, intensidad)
Signos y síntomas asociados

En consecuencia, el reconocimiento y la valoración del dolor en animales implica, no solo la necesidad de contar con herramientas adecuadas que permitan obtener los datos necesarios; sino también, la de contar con personal altamente cualificado, capaz de realizar un análisis riguroso del estado de los animales y de destinar una importante cantidad de tiempo para cubrir, de forma adecuada, todos los aspectos que, normalmente, se incluyen en las tablas de valoración. Por tanto, toda tabla de valoración debe contemplar, como mínimo, las peculiaridades de la especie y raza que se esté valorando, las características individuales (edad, sexo, estado de salud o procedimientos realizados), las condiciones de cría o el entorno vital, así como las principales características clínicas del dolor (Tabla 6).

Además de su importancia a la hora de reconocer y valorar el dolor en animales, las escalas de dolor permiten analizar de forma retrospectiva los registros, para así poder comparar las consecuencias de procedimientos similares a lo largo del tiempo o entre diferentes centros. Aunque, obviamente, existe un componente de subjetividad por parte del observador, la posibilidad de disponer de registros documentales permite realizar estos análisis que, de otra forma, sería imposible llevar a cabo.

Dado que corresponde a cada centro usuario la decisión sobre qué herramienta utilizar para la valoración del dolor, nuestro objetivo no es alcanzar las competencias necesarias para utilizar ninguna escala de valoración en concreto, sino conocer las principales características de las más utilizadas y adquirir un cierto grado de familiaridad con su funcionamiento.

Todas las escalas de valoración deben incluir una serie de criterios que son los que deben ser analizados y valorados por los observadores. Generalmente cada criterio incluye una escala de valoración por lo que, como ya se indicó anteriormente, su cumplimentación adecuada no solo requiere tiempo para realizar observaciones cuidadosas, sino también un adecuado entrenamiento del observador. En cualquier caso, independientemente del método utilizado, existen dos aspectos especialmente importantes que debe cumplir cualquier tabla de valoración:

- *Sensibilidad*: La sensibilidad es la probabilidad de detectar a un animal que está sintiendo dolor. La escala debe ser lo suficientemente sensible como para evitar que queden sin identificar animales que están sintiendo dolor (falsos negativos). La sensibilidad se denomina también fracción de verdaderos positivos.
- *Especificidad*: La especificidad es la probabilidad de atribuir la existencia de dolor a un animal que, en realidad, no lo está sintiendo. La escala debe ser lo suficientemente específica como para evitar que sean identificados como ocasionados por dolor signos debidos a otras causas que deberían ser tratadas de forma diferente. Por ejemplo, un animal puede estar inmóvil debido a que siente dolor, pero también por presentar debilidad muscular, por lo que tan solo estaría indicado el tratamiento analgésico en el primer caso.

Las escalas de dolor deben ser diseñadas o adaptadas para cada proyecto o modelo, de forma que las observaciones a realizar se centren en aquellos aspectos que, previsiblemente, serán más útiles para identificar la existencia de dolor.

De forma similar, la frecuencia con la que se realizan las observaciones debe ser adaptada al procedimiento, siendo, generalmente, más frecuentes en periodos inmediatamente

posteriores a una intervención quirúrgica o a cualquier otra situación que, previsiblemente, pueda producir dolor. En el cuadro 4 se muestra un modelo de protocolo para la identificación y valoración del dolor en animales de experimentación.

La principal dificultad a la hora de elaborar o utilizar escalas de valoración del dolor es la ya mencionada ausencia de un método fiable de “medir” el dolor.

Se han tratado de utilizar diferentes tipos de determinaciones objetivas para evaluar el grado de dolor, pero la mayoría de ellas carece de utilidad en la práctica. Este es el caso de determinadas respuestas vegetativas como los cambios en la presión arterial, la frecuencia cardíaca o la frecuencia respiratoria, la dilatación pupilar o la sudoración que pueden aparecer como consecuencia de la activación de los nociceptores. Sin embargo, estas respuestas pueden también ser consecuencia de la existencia de estrés o sufrimiento, sin que exista necesariamente dolor. Además, el hecho de que no se detecten o no existan respuestas vegetativas no permite descartar la existencia de dolor.

CUADRO 4. MODELO DE PROTOCOLO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DEL DOLOR EN ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN

1. Observar al animal sin molestarlo, prestando especial atención a los aspectos relacionados con el comportamiento (actividad física, acicalamiento, conducta alimentaria) y el aspecto físico (muecas y expresiones faciales, posturas corporales, estado nutricional). El protocolo de observación debe adaptarse a la historia clínica del paciente y a las características de la especie. En algunos casos, puede ser necesario recurrir a sistemas de apoyo como pueden ser los paneles de visualización (cuando el comportamiento del animal pueda modificarse en presencia de un observador) o las grabaciones de video (en caso de ser necesario realizar observaciones durante periodos largos o en horarios no habituales).
2. Evaluar la respuesta del animal a estímulos externos, principalmente a la manipulación. Es imprescindible tener en cuenta que la manipulación va a incrementar el dolor en la mayoría de los casos, por lo que deben extremarse las precauciones, para evitar aumentar el sufrimiento y que puedan producirse reacciones bruscas (de huida o de ataque) que puedan producir daño en el animal o en el observador.
3. Examinar el entorno del animal para detectar cualquier indicio de patologías o alteraciones que nos puedan hacer sospechar de la existencia de dolor.
4. Registrar el peso, la ingesta, la micción y la defecación y, en los casos en los que se considere conveniente, otros parámetros como la frecuencia cardíaca, presión arterial, frecuencia respiratoria o niveles plasmáticos de hormonas.

De hecho, no es rara la ausencia de respuestas vegetativas en situaciones de dolor agudo, sobre todo cuando es de intensidad leve, y es muy habitual en casos de dolor crónico. Algo similar ocurre con otros métodos objetivos como son las determinaciones bioquímicas, principalmente hormonales. Existe un gran número de hormonas cuya secreción se modifica cuando existe dolor y cuya detección en sangre periférica es sencilla, algunas de las cuales están recogidas en la tabla 7.

Tabla 7. Hormonas periféricas que pueden estar implicadas en la modulación del dolor

Corticotropina (ACTH)	Testosterona
Cortisol	Dehidroepiandrosterona (DEA)
Tirotropina (TSH)	Melatonina
T3	Calcitonina
Estrógenos	Prolactina
Progesterona	

Sin embargo, aunque algunas de ellas podrían ser de utilidad para analizar la evolución de algunos tipos de dolor crónico, su validez en la evaluación del dolor, principalmente agudo, es muy discutible ya que, al igual que ocurre con las respuestas vegetativas mencionadas anteriormente, la ausencia de cambios claros en los niveles hormonales no permite descartar la existencia de dolor. Por otra parte, puede producirse un aumento de una o varias hormonas sin que exista necesariamente dolor y sin que se pueda correlacionar su grado de elevación con la intensidad del dolor.

En cuanto a otros marcadores bioquímicos que podrían analizarse (glucosa, ácidos grasos libres, enzimas, proteínas de fase aguda), presentan también una baja especificidad, debido al gran número de circunstancias que pueden determinar variaciones en sus niveles sanguíneos.

Por último, existen otras técnicas, mucho menos extendidas, cuya aplicabilidad es también cuestionable. Este es el caso de la termografía, una tecnología relativamente reciente y cada vez más accesible que permite detectar signos, principalmente de inflamación, que pueden ayudar a reconocer el dolor.

Esta técnica puede ser útil en algunos casos, como es el dolor de origen osteoarticular o el que se produce cuando existe un componente inflamatorio importante, pero no parece ser de gran utilidad para otros tipos de dolor. La utilización de algómetros o algosímetros puede igualmente ayudar a cuantificar la respuesta dolorosa en algunos casos, pero su valor real en la práctica es también dudoso debido a la naturaleza intrínseca del proceso nociceptor. La principal ventaja de los algómetros es que permiten conocer, de forma objetiva, la presión que se ejerce al explorar una determinada zona, pero la valoración de la respuesta sigue siendo subjetiva, a través de los signos que se pongan en marcha, por lo que no supone una ventaja real frente a la exploración por parte de un observador experimentado. Como consecuencia de todo lo expuesto, la elaboración de las escalas de valoración del dolor se va a fundamentar en métodos subjetivos basados en la observación. La observación de los animales es un procedimiento básico en la monitorización de su bienestar y mucha de la información que se puede obtener a través de ella va a resultar imprescindible para identificar la presencia de dolor.

Aunque pueden existir diferencias según la especie, la observación de los animales debe abarcar tres aspectos básicos:

- Comportamiento
- Aspecto físico
- Entorno

Es muy importante tener en cuenta que cualquier signo que se observe debe ser analizado de forma cuidadosa en función del contexto clínico del paciente, ya que solo así se podrá realizar un diagnóstico correcto y, en consecuencia, un tratamiento adecuado.

2. Reconocimiento y valoración del dolor en roedores

2.1. Observación

Al igual que ocurre con la mayor parte de las especies que son presas en el medio natural, los roedores tienden a hacer poco evidentes los signos externos de dolor y sufrimiento. Debe tenerse en cuenta, además, que la forma en la que el dolor es percibido y manifestado difiere sustancialmente de unos individuos a otros, aunque existen una serie de signos que suelen estar presentes en los roedores y que resultan de vital importancia para reconocer el dolor en estos animales. Estos signos, que son los que se analizan a continuación, están recogidos en la tabla 8.

Tabla 8. Signos para la identificación de dolor en roedores

Disminución de la actividad motora y comportamiento exploratorio
Adopción de posturas anormales
Disminución del <i>grooming</i>
Cambios en la conducta social (aislamiento, aumento de la agresividad)
Aumento de la agresividad con resistencia a ser manipulados
Disminución de la ingesta (líquidos y sólidos)
Presencia de reacciones vegetativas
Piloerección
Cambios en la expresión facial
Cromodacriorrea
Pérdida de peso
Signos de desnutrición (pérdida de masa muscular, alopecia)
Presencia de indicios en el entorno

Como se verá a lo largo de los próximos apartados, muchos de ellos están también presentes en otras especies de animales utilizados en experimentación.

2.1.1. Observación del comportamiento

La presencia de dolor modifica de forma clara múltiples facetas del comportamiento de ratas y ratones. Prácticamente toda su actividad (movilidad, alimentación, acicalamiento) así como sus relaciones sociales van a estar alteradas cuando existe dolor. Los principales cambios en el comportamiento que pueden indicarnos la presencia de dolor son:

Actividad física. Los roedores sanos presentan una elevada actividad espontánea, sobre todo cuando son jóvenes. Dado que esta actividad se desarrolla principalmente durante los periodos de oscuridad, es importante tener en cuenta que debe realizarse la observación en esos momentos para poder obtener resultados fiables.

32

La existencia de dolor va a modificar la actividad física de los roedores en prácticamente todos los casos. Generalmente los animales van a reducir su actividad motora y el comportamiento exploratorio y muchas veces permanecen inmóviles durante mucho tiempo y con posturas extrañas, que buscan aliviar el dolor (posturas antiálgicas).

En algunas ocasiones, la presencia de un dolor agudo en determinadas zonas puede ir asociado a un aumento de la actividad motora y a la presencia de conductas encaminadas a eliminar el origen del dolor como el rascado o la mordedura que pueden llegar, en ocasiones, a la automutilación.

Cuando el dolor procede del sistema locomotor, además de la inmovilidad, pueden observarse alteraciones en la marcha que pueden deberse a que el animal evita la utilización de alguno de los miembros.

Grooming. El *grooming* o acicalamiento es también un aspecto básico del comportamiento de los roedores. En condiciones normales, los roedores prestan una gran atención al cuidado de su cuerpo y esta conducta se ve alterada (generalmente disminuida) de forma casi invariable cuando existe dolor. Esta disminución del acicalamiento no debe confundirse con el aumento del rascado, mencionado anteriormente, que puede producirse en los lugares en los que se localiza el dolor.

Interacciones sociales. Los roedores muestran unas conductas sociales bien definidas que permiten la adecuada interacción entre los miembros del grupo. Cuando un roedor experimenta dolor, su conducta social se ve alterada, buscando muchas veces el aislamiento del grupo y mostrando, con frecuencia, respuestas agresivas (vocalizaciones y peleas) ante cualquier contacto. Estas respuestas agresivas pueden estar presentes también frente a los humanos, mostrando una mayor resistencia a la manipulación.

Conducta alimentaria. De forma casi invariable, los roedores que están padeciendo dolor van a disminuir su ingesta, tanto de sólidos como de líquidos. Aunque es difícil percatarse de estos cambios mediante la observación, sí pueden reconocerse de forma sencilla mediante el registro de la cantidad de comida y agua ingeridas.

Junto con la disminución de la ingesta, es posible que aparezca pica, un trastorno de la conducta alimentaria consistente en la ingesta de sustancias que no son alimentos. En el caso de las ratas y ratones, lo más habitual es la ingesta del serrín del lecho. La existencia de pica sí puede ser reconocida mediante observación directa del animal.

Otros cambios en el comportamiento. En algunos casos pueden observarse también reacciones vegetativas como aumento de la frecuencia respiratoria (taquipnea) o dilatación de las pupilas (midriasis), así como conductas automáticas (molido de dientes).

2.1.2. Observación del aspecto físico

Los cambios en el aspecto físico que pueden observarse en los roedores que están experimentando dolor son muy variables y están condicionados no solo por la intensidad y la duración del dolor, sino también por el lugar en el que se origina.

De forma general, el aspecto físico de los animales está alterado, en parte por las posturas poco habituales que pueden adoptar, como el arqueamiento del lomo u otras posturas antiálgicas. Es también frecuente la piloerección acompañada, si el dolor se mantiene, de un aspecto descuidado del pelo debido a la disminución de la conducta de aseo.

Un aspecto especialmente importante en relación con el aspecto físico son los cambios que se producen en la expresión facial que afectan a la hendidura palpebral, la posición de las orejas, la forma del hocico y las mejillas y los movimientos de las vibrisas. Estos cambios son especialmente útiles para la elaboración de escalas de dolor, por lo que se analizan con detalle más adelante.

También puede observarse la presencia de una coloración rojo-oscura alrededor de los ojos y de los orificios de las fosas nasales, que puede aparecer también en las patas y el hocico como consecuencia del *grooming*. Esta coloración está ocasionada por la acumulación de porfirinas que se producen como consecuencia de la cromodacriorrea que aparece, en algunos casos, cuando existe dolor.

La cromodacriorrea o "lágrimas rojas" es consecuencia de un aumento de la secreción de las glándulas de Harder, unas glándulas lagrimales accesorias que se encuentran en el lado interno de la órbita en los vertebrados que poseen membrana nictitante y son particularmente grandes en roedores. Es normal ver una pequeña cantidad cerca de los ojos o en las fosas nasales, sobre todo si se produce de forma ocasional. Sin embargo, cuando hay cantidades importantes de forma continua indica la existencia de una patología.

Debe tenerse en cuenta que la presencia de cromodacriorrea puede ser debida a la presencia de dolor, pero también puede aparecer por otras causas (Tabla 9), por lo que una adecuada observación orientada al reconocimiento del dolor debe tener en cuenta esta circunstancia.

Dado que el dolor produce disminución de la ingesta, puede llegar a producirse pérdida de peso, acompañada de signos de deshidratación y de pérdida de masa muscular, en caso de que el dolor se prolongue. En estos casos, es frecuente que se produzcan también cambios en el pelaje e incluso, pérdida de pelo. Estos cambios unidos a la disminución del acicalamiento hacen que los animales adquieran un aspecto "descuidado" muy marcado.

Tabla 9. Causas de cromodaciorrea

Dolor
Deficiencias nutricionales
Deshidratación
Estrés
Infecciones oculares
Irritaciones oculares
Alteraciones del conducto lacrimal

Por último, es importante observar la existencia de otros signos que deben hacernos sospechar la existencia de dolor y, por tanto, son indicativos de la necesidad de realizar un seguimiento más exhaustivo. Esto es lo que ocurre cuando se observa la presencia de tumores u otros signos de inflamación o, como ya se mencionó anteriormente, con la automutilación de dedos o de la cola.

34

2.1.3. Observación del entorno

La observación de los animales debe incluir también una adecuada monitorización de su entorno para detectar posibles indicios que sugieran la presencia de dolor. Uno de los más habituales es la ya mencionada disminución de la ingesta, por lo que resulta imprescindible controlar la cantidad de alimento y bebida ingeridos.

Debe tenerse en cuenta, como ya se indicó anteriormente, que la disminución de la ingesta puede ser debida a otras causas como algunos tratamientos o, incluso, a los efectos de la anestesia. Por lo tanto, solo una adecuada observación que tenga en cuenta todas las circunstancias que rodean al animal permitirá llegar al diagnóstico y, en consecuencia, al tratamiento adecuado.

Otros signos como la presencia de restos de sangre o de heces anormales pueden orientarnos hacia la presencia de determinadas patologías que pueden estar provocando dolor.

2.2. Respuesta a estímulos externos

La evaluación de la respuesta a estímulos externos es otro de los aspectos básicos en la monitorización del bienestar de los animales de experimentación, ya que si el animal está experimentando dolor se van a alterar las respuestas a diversos estímulos. Uno de los ejemplos más claros es la respuesta a la manipulación ya que un animal que tiene dolor o sufrimiento puede reaccionar de forma agresiva al ser manipulado. Se trata de una conducta de protección frente al daño que se le está produciendo al ser manipulado que obliga, por tanto, a extremar las precauciones, por una parte, para no causar más dolor en los animales y, por otra, para evitar lesiones en el personal encargado de su manipulación.

También es frecuente que, cuando existe dolor, el animal emita sonidos. Sin embargo, es muy importante tener en cuenta que los sonidos característicos de situaciones de dolor y sufrimiento en roedores tienen frecuencias muy altas (entre 20 y 50 kHz) que se encuentran fuera del espectro auditivo humano. Por tanto, al manipular un animal deberá prestarse atención a la existencia de movimientos que nos indican que el animal está emitiendo sonidos (vocalización) más que al hecho de que éstos sean audibles.

2.3. Pruebas complementarias

Como ya se ha indicado anteriormente, el problema de la evaluación del dolor en animales no solo se debe a la falta de indicadores específicos del dolor, sino también a naturaleza subjetiva de los sistemas de evaluación. Por ese motivo, se ha propuesto la realización de algunas pruebas complementarias que puedan ser utilizadas como parámetros objetivos. Uno de los métodos más útiles es la medición de niveles hormonales y, en concreto, un aumento de los niveles de endorfinas, catecolaminas y cortisol se asocia a la presencia de dolor, aunque pueden elevarse en cualquier situación en la que existe estrés o sufrimiento. Por otra parte, la dificultad que supone realizar analíticas a todos los animales determina que se sea un método poco útil en la práctica, al menos para ser usado de forma sistemática.

35

Otras pruebas específicas que pueden orientar hacia la existencia de dolor son los cambios en la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y dilatación pupilar. Sin embargo, resulta muy complejo medir la presión arterial o la frecuencia cardíaca en roedores y, los cambios producidos no son necesariamente indicativos de la presencia de dolor, sino que pueden producirse en otras situaciones, por lo que tampoco resultan útiles en la práctica más allá de algunas situaciones muy concretas.

2.4. Escalas de dolor en roedores

Uno de los aspectos más relevantes a la hora de investigar la presencia de dolor en roedores es la expresión facial. Pese a la aparente dificultad de interpretar las expresiones faciales en estas especies, hay una serie de muecas que aparecen de forma habitual, tanto en ratas como en ratones, cuando están sintiendo dolor. Los cuatro aspectos básicos que deben ser analizados se corresponden con los ya mencionados en el apartado anterior y están recogidos en la tabla 10. Estos aspectos incluyen los cambios en el tamaño de la hendidura palpebral, forma y posición de las orejas, protrusión del hocico y las mejillas y movimientos de las vibrisas, y han permitido elaborar escalas para distinguir el dolor moderado e intenso.

Las escalas de muecas más utilizadas son la *mouse grimace scale* [1] y la *rat grimace scale*[2], ambas elaboradas por el *National centre for their placement, refinement, and reduction of animals in research* de Reino Unido. Las tablas evalúan entre 0 y 3 los 5 aspectos anteriormente citados y presentan una detallada descripción de cómo realizar la evaluación y de los aspectos a tener en cuenta, así como fotografías de apoyo. La puntuación obtenida puede ser comparada con valores de referencia.

Tabla 10. Escala de muecas para ratones

	0	1	2
Hendidura palpebral	Hendidura normal	Párpados parcialmente cerrados. Puede apreciarse un surco alrededor del ojo	El cierre de los párpados impide ver la mitad del ojo
Forma y posición de las orejas	Perpendiculares a la cabeza	Ligeramente orientadas hacia fuera o hacia atrás	Claramente orientadas hacia fuera o hacia atrás
Protrusión de hocico	Ausente	El hocico está contraído y se forma una protrusión entre los ojos	Contracción más marcada. Se aprecian surcos a los lados de la nariz
Protrusión de mejillas	Ausente	Mejillas ligeramente contraídas	Mejillas claramente contraídas
Vibrisas	Aspecto y movimiento normales	Orientadas hacia atrás. Movilidad reducida	Orientadas hacia atrás y rígidas

3. Reconocimiento y valoración del dolor en conejos

Los cambios físicos y de comportamiento de los conejos son, en gran medida similares a los descritos para roedores.

3.1 Observación

Al igual que ocurre en roedores y, en general en las especies que son presas en la naturaleza, los conejos suelen ocultar los signos de dolor como un mecanismo de defensa, por lo que muchas veces éstos no son evidentes hasta que existe un dolor intenso.

3.1.1. Observación del comportamiento

Habitualmente, la actividad motora está disminuida, incluyendo el juego y la conducta exploratoria. Esta situación de inmovilidad suele acompañarse de un estado de alerta que hace que muestren conductas huidizas, tratando de evitar la manipulación, o incluso reacciones de agresividad.

La conducta alimentaria está también alterada: disminuye el tiempo dedicado a oler o explorar los alimentos y también la ingesta de sólidos y líquidos. El acicalamiento se ve afectado, y pueden observarse conductas como el rascado o lamido de las heridas e incluso, la automutilación. Son también frecuentes la vocalización y el rechinar de dientes.

3.1.2. Observación del aspecto físico

La existencia de dolor suele provocar cambios posturales característicos y posturas anormales. Suelen estar encogidos y con los músculos en tensión, habitualmente tratando de proteger la zona dolorosa. Los cambios en la expresión facial son también muy marcados. Cuando existe dolor los ojos se cierran y las mejillas se aplanan.

Al igual que ocurría en roedores puede existir descarga ocular y disminución del reflejo palpebral. El hocico se contrae y se dirige hacia abajo, y la forma de los orificios de las fosas nasales se modifica, pasando de tener forma de U a forma de V. Las vibrisas pierden su curvatura normal y aumentan su rigidez. Por último, las orejas cambian también su forma y posición, contrayéndose en sentido longitudinal, lo que les da un aspecto cilíndrico, y aplanándose a lo largo del lomo.

Estos cambios característicos han permitido desarrollar también una escala de muecas, similar a las anteriormente descritas para ratas y ratones, la *rabbit grimace scale*[3]

3.1.3. Observación del entorno

La medición de la cantidad de comida y agua no consumidas pueden evidenciar la disminución de la ingesta de sólidos y líquidos. En algunos casos, pueden producirse alteraciones en la defecación que incluyen la aparición de diarrea, por lo que el análisis del número y características de las deposiciones puede resultar también orientativo.

3.2. Respuesta a estímulos externos

Al igual que ocurría con los roedores, cuando los conejos sienten dolor suelen evitar la manipulación tratando de huir o esconderse e, incluso, reaccionando de forma agresiva mediante patadas. Aparte de las necesarias precauciones para evitar aumentar el dolor como consecuencia de la manipulación, este tipo de respuestas deben ser tenidas en cuenta para evitar lesiones producidas por el pataleo, tanto en los animales como en el personal encargado.

3.3. Pruebas complementarias

Aunque, las pruebas descritas en el punto 1 pueden ser de utilidad en algunos casos concretos, no existen pruebas complementarias que sean realmente útiles para evaluar, de forma habitual, la presencia de dolor en conejos.

4. Reconocimiento y valoración del dolor en gatos

El reconocimiento del dolor en gatos es también, en muchos aspectos, similar al de los roedores. También en este caso, debe tenerse en cuenta que los gatos tienden a ocultar los signos de dolor como un mecanismo de defensa.

4.1. Observación

4.1.1. Observación del comportamiento

Actividad física. Los gatos suelen estar inmóviles, sentados o acostados en posturas que alivien o disminuyan el dolor y con una actitud letárgica. En otros casos, la búsqueda de una postura que les alivie del dolor puede hacer que estén moviéndose continuamente. La marcha puede estar alterada, sobre todo cuando el dolor afecta a las extremidades.

Es también frecuente que se estén lamiendo de forma continua un área en la que puedan estar sintiendo dolor, como es el caso de las heridas quirúrgicas.

Acicalamiento. Las conductas de cuidado y aseo están disminuidas, lo que contribuye a que presenten un aspecto físico desmejorado.

Conducta alimentaria. El dolor produce una disminución de la ingesta, tanto de sólidos como de líquidos.

Interacciones sociales. Las interacciones sociales disminuyen y es frecuente que el gato adopte una actitud agresiva, de defensa, tanto frente a otros individuos de su especie como frente a los cuidadores.

Las vocalizaciones (gruñidos, aullidos, silbidos) son también frecuentes y puede aparecer de forma espontánea o como respuesta a la manipulación o, incluso, a la presencia del observador.

4.1.2. Observación del aspecto físico

Los gatos que están experimentando dolor muestran importantes cambios en su postura y en la expresión facial. Los animales pueden adoptar posturas extrañas, siendo frecuente una postura encorvada, así como diversas posturas antiálgicas, que varían dependiendo de la localización del dolor. El pelo puede estar erizado y la cola puede aparecer inflada o arqueada o puede situarse entre las patas. La expresión facial también suele estar alterada, con los ojos prácticamente cerrados, la frente fruncida y la cabeza caída.

En caso de prolongarse el dolor, puede producirse pérdida de peso como consecuencia de la ingesta, e incluso una disminución de la masa muscular y alteraciones cutáneas en caso de que la situación se prolongue

4.2. Respuesta a estímulos externos

Al igual que ocurre en la mayor parte de las especies de mamíferos, los gatos suelen reaccionar de forma agresiva, intentando morder y emitiendo vocalizaciones, al palpar o manipular la zona lesionada. En ocasiones, esta respuesta puede aparecer simplemente al aproximarse a él.

4.3. Pruebas complementarias

Al igual que en roedores, no existen pruebas objetivas que sean realmente útiles para evaluar la presencia de dolor en gatos. Un aumento de los niveles de endorfinas, catecolaminas o cortisol puede indicar la presencia de dolor, pero también puede producirse por otras situaciones que causen sufrimiento sin que exista dolor.

La presencia de pupilas dilatadas podría indicar la existencia de dolor y sufrimiento, pero no siempre resulta sencillo de evaluar y debe tenerse también en cuenta la luz ambiental.

Otros parámetros como la frecuencia respiratoria o la frecuencia cardíaca no han conseguido relacionarse de forma clara con la presencia de dolor.

4.4. Escalas de dolor en gatos

La primera escala de valoración visual del dolor en gatos fue realizada en la Universidad de Colorado [4]. Es una escala que tiene en cuenta la observación de la conducta, el aspecto físico y la respuesta a la manipulación. Establece cuatro niveles de dolor y está orientada hacia la valoración del dolor agudo.

Otras escalas utilizadas son la de la Universidad Estadual Paulista [5], aunque está centrada en el dolor quirúrgico o la de la Universidad de Massey [6], una versión simplificada de la de la Universidad de Colorado. Recientemente, la Universidad de Glasgow ha publicado una escala de valoración del dolor para gatos (Composite Measure Pain Scale) [7], similar a la ya existente para perros.

5. Reconocimiento y valoración del dolor en perros

5.1. Observación

5.1.1. Observación del comportamiento

Actividad física. Los cambios conductuales en perros presentan importantes variaciones dependiendo de la raza, aunque hay algunos signos que, normalmente, están presentes en todos los casos.

Los perros con dolor suelen estar inmóviles, adoptando con frecuencia posturas extrañas y presentando cambios característicos en su semblante. La marcha puede estar alterada, sobre todo cuando existe dolor en los miembros.

Interacciones sociales. Las interacciones con otros miembros de su especie o con seres humanos están alteradas y es frecuente que el perro adopte una actitud de aislamiento, disminuya su estado de alerta y pierda interés por los juegos. En ocasiones, puede incluso existir agresividad, si se siente amenazado o se le causa dolor durante la manipulación. Son también frecuentes las vocalizaciones, sobre todo aullidos y gemidos y, en ocasiones un tipo especial de ladrido.

Conducta alimentaria. El dolor produce una disminución de la ingesta, tanto de sólidos como de líquidos que puede llegar a causar pérdida de peso e incluso producir signos de deterioro físico.

5.1.2. Observación del aspecto físico

Al igual que ocurría con las respuestas conductuales, los cambios de aspecto físico en perros presentan importantes variaciones dependiendo de la raza. La cabeza suele estar baja, con las orejas caídas. Suelen presentar una mirada ansiosa y una expresión facial característica con las cejas arqueadas y los ojos entrecerrados. Con frecuencia la cola se sitúa entre las patas.

5.2. Respuesta a estímulos externos

Cuando el dolor no es muy intenso, la respuesta a la manipulación suele ser emitir gemidos o tratar de alejarse. Sin embargo, a medida que aumenta el dolor, la respuesta se hace también más intensa, pudiendo incluso llegar a atacar, lo cual debe ser tenido en cuenta a la hora de realizar cualquier tipo de exploración. En otras ocasiones, los perros adoptan una actitud huidiza y totalmente sumisa.

40

5.3. Pruebas complementarias

Las pruebas complementarias tampoco resultan especialmente útiles para evaluar la presencia de dolor en perros. Puede existir un aumento de la temperatura y de la sudoración, dilatación pupilar o alteraciones en la diuresis, pero son todos signos inespecíficos que pueden aparecer como consecuencia de muchos procesos. También pueden existir cambios hormonales, similares a los que ocurren en otras especies, que sugieren la existencia de estrés o sufrimiento, que no tienen que estar causados por la existencia de dolor.

5.4. Escalas de dolor en perros

La escala para la valoración del dolor en perros más utilizada es, probablemente, la *Composite Measure Pain Scale* realizada en la Universidad de Glasgow [8]. Es una escala orientada principalmente hacia el dolor agudo, pero que presenta un buen nivel de precisión. Sin embargo, es una escala que contempla muchos aspectos, por lo que, en ocasiones, no resulta útil en la práctica. Por este motivo, recientemente se ha elaborado una escala simplificada [9] en la que se valoran únicamente 6 aspectos:

- Vocalización
- Interacción con la herida
- Movilidad
- Respuesta a la palpación
- Comportamiento
- Postura/actividad física

Otra escala de valoración, con una longitud intermedia entre las dos de la Universidad de Glasgow y con un buen apoyo visual de las escalas, es la realizada en la Universidad de Colorado [10].

6. Clasificación de los procedimientos en función del grado de dolor

Tal y como de contempla en el RD 53/2013, la severidad de un procedimiento se determinará por el grado de dolor, sufrimiento, angustia o daño duradero que se prevé que pueda experimentar un animal de forma individual durante el procedimiento. Por tanto, todos y cada uno de los procedimientos se clasificarán en 4 categorías: sin recuperación, leves, moderados y severos.

6.1. Categorías de severidad

- Sin recuperación: Los procedimientos que se realizan en su totalidad bajo anestesia general de la cual el animal no recupera la consciencia, deben clasificarse como «sin recuperación».
- Leve: Los procedimientos a consecuencia de los cuales los animales es probable que experimenten dolor, sufrimiento o angustia leves de corta duración, así como los procedimientos sin alteración significativa del buen estado o del estado general de los animales, deben clasificarse como «leves».
- Moderado: Los procedimientos a consecuencia de los cuales es probable que los animales experimenten dolor, sufrimiento o angustia moderados de corta duración, o leves pero duraderos, así como los procedimientos que pudieran causar una alteración moderada del buen estado o del estado general de los animales, deben clasificarse como «moderados».
- Severo: Los procedimientos a consecuencia de los cuales es probable que los animales experimenten dolor, sufrimiento o angustia intensos o moderados pero duraderos, así como los procedimientos que pudieran causar una alteración grave del buen estado o del estado general de los animales, deben clasificarse como «severos».

41

6.2. Criterios de clasificación

La clasificación de la categoría de severidad tendrá en cuenta cualquier intervención o manipulación de un animal en un procedimiento determinado. Se basará en el efecto más severo que pueda experimentar un animal después de aplicar todas las técnicas apropiadas de refinamiento.

En la asignación a un procedimiento de una categoría particular se han de tener en cuenta el tipo de procedimiento y otros muchos factores, los cuales habrán de considerarse caso por caso.

Los factores relativos al procedimiento deben incluir:

- Tipos de manipulación y manejo.
 - Naturaleza del dolor, sufrimiento, angustia o daño duradero causados por todos los elementos del procedimiento, así como su intensidad, duración, frecuencia y la multiplicidad de técnicas empleadas.
-

- Sufrimiento acumulativo en el procedimiento.
- Impedimento de expresar el comportamiento natural, incluidas las restricciones en los estándares de alojamiento, zootécnicos y de cuidado de los animales.

Sin embargo, a efectos de la clasificación final de severidad de los procedimientos, se han de tener en cuenta los siguientes factores adicionales, valorados caso por caso:

- Tipo de especie y genotipo.
- Madurez, edad y sexo del animal.
- Grado de aprendizaje del animal para el procedimiento.
- Si se reutiliza el animal, la severidad real de los procedimientos anteriores.
- Métodos utilizados para reducir o suprimir el dolor, el sufrimiento y la angustia, incluidos el refinamiento de las condiciones de alojamiento, zootécnicas y de cuidado de los animales.
- Uso de puntos finales humanitarios.

6.3. Tipos de procedimiento atribuidos a cada categoría de severidad sobre la base de los factores relativos al tipo de procedimiento

Con este criterio se facilita la primera indicación relativa a la clasificación más adecuada para un determinado tipo de procedimiento.

Leve:

- Administración de anestesia, salvo para el único propósito de eutanasia.
 - Estudio farmacocinético donde se administra una única dosis y se recoge un número limitado de muestras de sangre (totalizando < 10 por cien del volumen circulante) y no se prevé que la sustancia cause ningún efecto nocivo detectable.
 - Técnicas no invasivas de diagnóstico por imagen en animales (por ejemplo resonancia magnética) con la sedación o la anestesia apropiada.
 - Procedimientos superficiales, por ejemplo: biopsias de oreja y rabo, implantación subcutánea no quirúrgica de mini bombas y transpondedores.
 - Aplicación de dispositivos exteriores de telemetría que únicamente causan al animal un debilitamiento menor o una interferencia menor con la actividad y el comportamiento normales.
 - Administración de sustancias por vía subcutánea, intramuscular, intraperitoneal, por sonda gástrica e intravenosa a través de los vasos sanguíneos superficiales, donde la sustancia sólo tiene un efecto leve en el animal, y los volúmenes se encuentran dentro de límites apropiados para el tamaño y la especie del animal.
 - Inducción de tumores, o tumores espontáneos, que no causan ningún efecto nocivo clínico perceptible (por ejemplo nódulos pequeños, subcutáneos, no invasivos).
-

- Cría de animales genéticamente modificados que se prevé que dé lugar a un fenotipo con efectos leves.
- Alimentación con dietas modificadas, que no cubren las necesidades nutricionales de todos los animales y se prevé que causen una anomalía clínica leve en el periodo de estudio.
- Confinamiento a corto plazo (< 24h) en jaulas metabólicas.
- Estudios que implican la privación a corto plazo de compañeros sociales, enjaulado solitario a corto plazo de ratas o ratones adultos de estirpes gregarias.
- Modelos que exponen al animal a estímulos nocivos que se asocian brevemente con dolor, sufrimiento o angustia leve, y que el animal puede evitar.
- Una combinación o una acumulación de los siguientes ejemplos puede dar lugar a una clasificación leve:
 - Evaluación de la composición corporal a través de mediciones no invasivas y restricción mínima.
 - Supervisión ECG con técnicas no invasivas con una restricción mínima o nula de animales habituados.
 - Aplicación de dispositivos exteriores de telemetría que no se prevé que causen ningún impedimento a animales socialmente adaptados y que no interfieren con la actividad y el comportamiento normales.
 - Cría de animales genéticamente modificados que no se espera que tengan ningún fenotipo adverso clínicamente perceptible.
 - Adición a la dieta de marcadores inertes para seguir el paso de la digesta.
 - Retirada de la alimentación durante un periodo inferior a 24h en ratas adultas.
 - Ensayos en campo abierto.

Moderado:

- Aplicación frecuente de sustancias de prueba que producen efectos clínicos moderados, y extracción de muestras de sangre (> 10 por cien de volumen circulante) en un animal consciente en el plazo de algunos días sin sustitución del volumen.
 - Estudios de determinación de la gama de dosis causante de toxicidad aguda, pruebas de toxicidad crónica/carcinogenicidad, con puntos finales no letales.
 - Cirugía bajo anestesia general y analgesia apropiada, asociada con dolor o sufrimiento posquirúrgicos o alteración posquirúrgica de la condición general. Los ejemplos incluyen: toracotomía, craneotomía, laparotomía u orquiectomía, linfodectomía, tiroidectomía, cirugía ortopédica con estabilización efectiva y cuidado de heridas, trasplante de órganos con tratamiento efectivo del rechazo, implantación quirúrgica de catéteres, o dispositivos biomédicos (por ejemplo: transmisores de telemetría, mini bombas, etc.)
 - Modelos de inducción de tumores, o tumores espontáneos, que se prevé que causen dolor o angustia moderados o interferencia moderada con el comportamiento normal.
-

- Irradiación o quimioterapia con una dosis subletal, o con una dosis que de otro modo sería letal, pero con reconstitución del sistema inmunitario. Cabría esperar que los efectos nocivos fueran leves o moderados y que fueran efímeros (< 5 días).
- Cría de animales genéticamente modificados que se espera den lugar a un fenotipo con efectos moderados.
- Producción de animales genéticamente modificados mediante procedimientos quirúrgicos.
- Uso de jaulas metabólicas que impliquen una restricción moderada de movimientos durante un período duradero (hasta 5 días).
- Estudios con dietas modificadas que no cubren las necesidades nutricionales de todos los animales y que se espera que causen una anomalía clínica moderada en el periodo de estudio.
- Retirada de la alimentación durante 48 horas en ratas adultas.
- Provocación de reacciones de escape y evitación cuando el animal no pueda escapar o evitar el estímulo, y que se espera que dé lugar a una angustia moderada.

Severo:

- Ensayos de toxicidad en los que la muerte sea el punto final, o en los que se prevean muertes y se causen estados fisiopatológicos intensos. Por ejemplo, ensayo de toxicidad aguda de dosis única¹.
- Ensayos de dispositivos en las que el fracaso pueda causar dolor o angustia severos o la muerte del animal (por ejemplo dispositivos de reanimación cardiaca).
- Ensayo de potencia de una vacuna caracterizada por la alteración persistente del estado del animal, enfermedad progresiva que causa la muerte, asociada con dolor, angustia o sufrimiento moderado duradero.
- Irradiación o quimioterapia con una dosis letal sin reconstitución del sistema inmunitario, o reconstitución con la producción de enfermedad de injerto contra huésped.
- Modelos con inducción de tumores, o con tumores espontáneos, que se espera causen enfermedad mortal progresiva asociada con dolor, angustia o sufrimiento moderado duradero. Por ejemplo tumores que causan caquexia, tumores óseos invasivos, tumores que dan lugar a diseminación metastásica, y tumores que se permite que se ulceren.
- Intervenciones quirúrgicas y otras en animales bajo anestesia general que se espera den lugar a dolor, sufrimiento o angustia postoperatorios moderados severos o persistentes, o a una alteración severa y persistente de la condición general del animal. Producción de fracturas inestables, toracotomía sin analgesia adecuada, o traumatismo para producir el fallo multiorgánico.
- Trasplante de órgano donde es probable que el rechazo del órgano origine angustia o la alteración severa del estado general del animal (por ejemplo xenotrasplante).

¹ Ley 32/2007, de 7 de noviembre, para el cuidado de los animales, en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio.

- Reproducción de animales con trastornos genéticos que se espera experimenten una alteración severa y persistente de su estado general, por ejemplo la enfermedad de Huntington, distrofia muscular, modelos de neuritis crónicas recurrentes, etc.
- Uso de jaulas metabólicas que impliquen una restricción severa de los movimientos durante un período duradero.
- Descarga eléctrica ineludible (por ejemplo para producir indefensión aprendida).
- Aislamiento completo durante períodos duraderos de especies gregarias, por ejemplo perros y primates.
- Tensión de inmovilización para inducir úlceras gástricas o fallo cardiaco en ratas.
- Natación forzada o pruebas de ejercicio con el agotamiento como punto final.

No se realizarán procedimientos si implican un nivel severo de dolor, sufrimiento o angustia que con probabilidad vaya a ser duradero y que no pueda ser aliviado. Aunque excepcionalmente² se podrán autorizar, cuando, por razones excepcionales y científicamente fundadas, se considere necesaria la realización de dicho procedimiento.

45

Al término de todo procedimiento se decidirá si los animales deben mantenerse con vida o ser sacrificados. La decisión será tomada por un veterinario y en casos justificados, por otra persona capacitada. Se deberá optar por la eutanasia de los animales siempre que sea probable que vayan a padecer un nivel moderado o severo de dolor, sufrimiento, angustia o daño duradero. Cuando se vaya a conservar con vida a un animal, éste deberá recibir el cuidado y alojamiento acordes a su especie, condiciones fisiológicas y estado de salud.

Un animal que ya haya sido utilizado en uno o varios procedimientos, no deberá ser reutilizado en un nuevo procedimiento cuando en su lugar pudiera ser utilizado otro animal con el que no se haya realizado previamente ningún procedimiento, a menos que se den las condiciones siguientes:

- Que la severidad real de los procedimientos anteriores haya sido clasificada como «leve» o «moderada».
- Que se haya demostrado la recuperación total del estado de salud general y de buen estado del animal.
- Que el nuevo procedimiento se haya clasificado como leve, moderado o sin recuperación.
- Que cuente con asesoramiento veterinario favorable, realizado teniendo en cuenta las experiencias del animal a lo largo de toda su vida.

El órgano competente, en circunstancias excepcionales y previo examen veterinario, podrá autorizar la reutilización de un animal aunque no se cumpliera que la severidad del procedimiento realizado anteriormente fuese leve o moderado. Dicho animal no podrá haber sido utilizado más de una vez en un procedimiento que le haya provocado angustia y dolor severos o un sufrimiento equivalente.

² Ley 32/2007, de 7 de noviembre, para el cuidado de los animales, en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio.

El órgano competente podrá autorizar que un animal pueda ser dado en adopción, realojado o devuelto a un hábitat, explotación u otro medio que sea adecuado para la especie de que se trate. Para ello deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- Que su estado de salud lo permita.
- Que no suponga un peligro para la salud pública, la sanidad animal ni el medio ambiente.
- Que se hayan tomado las medidas adecuadas para salvaguardar el buen estado del animal.
- Que en el caso de realojamiento o adopción, los criadores, suministradores y usuarios tengan un programa adecuado que garantice su socialización.
- Que en el caso de liberación de animales silvestres en su hábitat, se disponga de un programa de adaptación adecuado.

7. Tratamiento del dolor

Un principio básico de cualquier procedimiento de investigación es disminuir el malestar, dolor y/o angustia en los animales y para ello es necesaria la utilización de fármacos analgésicos o anestésicos. El investigador principal, el encargado del bienestar animal y el veterinario designado del centro deben preveer un protocolo de refinamiento que evite o palie el sufrimiento de los animales sin comprometer la investigación y los posibles resultados.

Tal y comentábamos anteriormente es recomendable protocolizar el sistema que permita registrar todos los signos de distrés y dolor para que de esta forma se mejore la respuesta física y emocional del animal enfermo.

Debido a su toxicidad, aparición de posibles efectos secundarios, seguridad, forma de uso, etc; no existe actualmente ningún fármaco eficaz contra el dolor que se pueda utilizar durante periodos prolongados de tiempo. Ante esta situación se recomienda que la vía de administración y la dosis se ajusten a los requerimientos de los animales de forma individual considerando:

- La especie, raza y edad.
 - El estado de salud del animal y las características de comportamiento individual.
 - El grado/tipo de dolor y daño causado.
 - Los objetivos y duración del procedimiento.
 - La bibliografía de referencia.
 - Duración del efecto del fármaco y su efecto terapéutico.
 - Los medios disponibles (disponibilidad de fármacos y medios de aplicación).
 - Utilizar la escala analgésica de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
-

Aunque en su origen la escala analgésica de la OMS (escalera del dolor o escalera terapéutica) se utilizaba en medicina humana para describir un método de tratamiento y control del dolor en procesos cancerosos; hoy en día se considera un principio general para el tratamiento de cualquier tipo de dolor, recomendándose también su utilización en medicina veterinaria (Fernández y García, 2003).

Su principio básico de actuación es la administración de fármacos de forma escalonada en función de la evolución del grado (leve, moderado o severo) o nivel (inferior, intermedio o superior) de dolor para evitar al paciente sufrimientos innecesarios.



Figura 7: Escala analgésica de la OMS

Estos 3 escalones se estructurarían según la OMS de la siguiente manera:

- **Primer Escalón:** No opioides +/- coadyuvantes.
- **Segundo Escalón:** Opioides débiles +/- No opioides +/- coadyuvantes.
- **Tercer Escalón:** Opioides fuertes +/- No opioides +/- coadyuvantes.

Para Navarro-Hernández et al, 2012; un conjunto terapéutico apropiado para mejorar el efecto analgésico, reducir la dosis y los posibles efectos secundarios podría utilizar una combinación de enfoques farmacológicos (opioides, agonistas $\alpha 2$, anestésicos locales y antiinflamatorios no esteroideos) y no farmacológicos (manejo, nutrición adecuada, acupuntura, termoterapia, hidroterapia, fisioterapia e interacción con otros animales).

Otra combinación que consigue buenos resultados en el tratamiento del dolor es la mezcla de analgésicos con sedantes que disminuyen el estrés y la ansiedad mejorando la calidad de vida de los animales.

Tabla 12. Fármacos usados comúnmente para el tratamiento del dolor

Grupo	Fármaco
Antiinflamatorios no esteroideos (AINEs)	Aspirina, Ketoprofeno, Carprofeno, Meloxicam, Robenacoxib, LOX, etc.
Opiáceos	Morfina, Petidina, Fentanilo y derivados, Buprenorfina, Naxolona, Butorfanol, etc.
Agonistas $\alpha 2$	
Anestésicos locales	Tetracina, Lidocaína, Mepivacaína, Bupicavaína, Articaína, etc.
Otros	Gabapentina, Amitriptilina, Ketamina, Amantadina, etc.

8. Capacitación

A nivel formativo la Orden ECC/566/2015, de 20 de marzo, por la que se establecen los requisitos de capacitación que debe cumplir el personal que maneje animales utilizados, criados o suministrados con fines de experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia desarrolla las funciones, contenidos y horas de la formación exigible a las personas en las diferentes categorías.

Tabla 11. Categorías de capacitación y equivalencias con la norma anterior

Orden 566/2015	RD 1.201/2005
a) Cuidado de los animales	A
b) Eutanasia de los animales	A, B y D2
c) Realización de los procedimientos	B y C
d) Diseño de los proyectos y procedimientos	C
e) Asunción de la responsabilidad de la supervisión "in situ" del bienestar y cuidado de los animales	D1
f) Asunción de las funciones de veterinario asignado	D2

48

En el Anexo I (Módulos por funciones) de esta orden, se relacionan los módulos fundamentales (comunes a todas las funciones y especies) y los módulos específicos de cada función, que se dirigirán a una especie o grupo de especies. Dentro de los primeros se encuentra con una duración mínima de 3 horas (teórica/práctica) el reconocimiento del dolor, el sufrimiento y la angustia (módulo 5 del Documento base de la Unión Europea).

Este módulo prepara a las personas para que:

- Sean capaces de identificar la condición y los comportamientos normales de los animales de experimentación.
- Permitirles diferenciar a un animal normal de uno que presenta signos de dolor, sufrimiento o angustia que podrían ser el resultado de factores como el entorno, la zootecnia o el efecto de los protocolos de los experimentos.
- Puedan clasificar el grado de severidad, la severidad acumulativa y el uso de puntos finales incruentos.

Como resultados de aprendizaje de este módulo la persona en formación será capaz de:

- Reconocer el comportamiento y la apariencia normales o deseables de los individuos en el contexto de la especie, el entorno y el estado fisiológico.

- Reconocer un comportamiento anómalo y signos de molestias, dolor, sufrimiento o angustia, así como signos de bienestar positivo y los principios de cómo se puede tratar el dolor, el sufrimiento o la angustia.
- Analizar los factores que hay que tomar en consideración y los métodos disponibles para evaluar y registrar el bienestar de los animales (p. ej., hojas de puntuación).
- Describir qué es un punto final incruento. Identificar los criterios que se deberán utilizar para determinar los puntos finales incruentos. Definir las medidas que se deberán adoptar cuando se alcance un punto final incruento y considerar posibles opciones para refinar los métodos y conseguir alcanzar antes ese punto final.
- Describir las clasificaciones de la severidad incluidas en la Directiva Europea y ofrecer ejemplos de cada categoría; explicar la severidad acumulativa y el efecto que puede tener en la clasificación de la severidad.
- Describir las circunstancias en las que puedan ser necesarias anestesia o analgesia para minimizar el dolor, el sufrimiento, la angustia o el daño duradero

9. Bibliografía

- Animals National Research Council. Recognition and Alleviation of Distress in Laboratory Animals. Washington, D.C.: National Academic Press. 2009
- FELASA. Working Group on Pain and Distress. Pain and distress in laboratory rodents and lagomorphs. *Laboratory Animal*, 28, 97-112. 1994
- Fernández, A, García, MJ. Tratamiento del dolor. Patologías que cursan con dolor en el perro y en el gato. Boehringer Ingelheim. 2003
- Flecknell PA. Refinamiento en el uso animal: evaluación y alivio del dolor y sufrimiento. *Laboratory Animal* 28: 222. 1994
- Góngora Medina, M. Reconocimiento y manejo del distress, sufrimiento y dolor en animales de laboratorio: una revisión. *Suma Psicológica* 17: 195. 2010
- Langford DJ, Bailey AL, Chanda ML, Clarke SE, Drummond TE, Echols S, Glick S, Ingrao J, Klassen-Ross T, Lacroix-Fralish ML, Matsumiya L, Sorge RE, Sotocinal SG, Tabaka JM, Wong D, van den Maagdenberg AM, Ferrari MD, Craig KD, Mogil JS. Coding of facial expressions of pain in the laboratory mouse. *Nature Methods* 7: 447. 2010
- Mathews K, Kronen PW, Lascelles D, Nolan A, Robertson S, Steagall PVM, Wright B, Yamashita K. Guidelines for recognition, assessment and treatment of pain. *Journal Small Animal Practice*. 55. 2014
- Morton, D. B, Griffiths, P. H. Guidelines on the recognition of pain, distress and discomfort in experimental animals and an hypothesis for assessment. *The Veterinary Record*, 116, 431-436. 1985
- National Research Council (US) Committee on Recognition and Alleviation of Pain in Laboratory Animals. Recognition and Alleviation of Pain in Laboratory Animals. National Academies Press (US.) 2009
- National Research Council. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. Washington, DC.: National Academy Press. 2010
-

Navarro-Hernández, J, Ramírez, Roa, Villagrán, C. Manual de procedimientos recomendables para la investigación con animales. Samsara. 2012

OECD. Guidance Document on the Recognition, Assessment and Use of Clinical Signs as Human Endpoints for Experimental Animals Used in Safety Evaluation. París: OECD Publishing. 2002

Sotocinal SG, Sorge RE, Zaloum A, Tuttle AH, Martin LJ, Wieskopf JS, Mapplebeck JC, Wei P, Zhan S, Zhang S, McDougall JJ, King OD, Mogil JS. The Rat Grimace Scale: a partially automated method for quantifying pain in the laboratory rat via facial expressions. *Molecular Pain* 7: 55. 2011

Weary, D. M, Niel, L, Flower, F. C, Fraser, D. Identifying and preventing pain in animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 100, 64-76.2006

PÁGINAS WEB DE CONSULTA GENERAL

Dolor Animal

<https://www.doloranimal.org>

Dolor.com

<https://www.dolor.com>

International Association for the Study of Pain

<https://www.iasp-pain.org/index.aspx>

The Royal (Dick) School of Veterinary Studies

<http://www.vet.ed.ac.uk/animalpain/>

The American College of Laboratory Animal Medicine

<https://www.aclam.org/>

ESCALAS DE VALORACIÓN DEL DOLOR ANIMAL

[1] <https://www.nc3rs.org.uk/mouse-grimace-scale>

[2] <https://www.nc3rs.org.uk/rat-grimace-scale>

[2] <https://www.nc3rs.org.uk/rabbit-grimace-scale>

[4] http://www.vasg.org/pdfs/CSU_Acute_Pain_Scale_Kitten.pdf

[5] <http://www.animalpain.com.br/en-us/escala-multidimensional.php>

[6] <http://www.massey.ac.nz/massey/fms/Feline-Alimentary-Lymphoma/fal-resources/PDFs/Feline%20Acute%20Pain%20Score.pdf>

[7] <http://www.napier.ac.uk/~media/worktribe/output-683568/definitive-glasgow-acute-pain-scale-for-cats.pdf>

[8] <http://www.newmetrica.com/wp-content/uploads/2016/09/Reid-et-al-2007.pdf>

[9] <http://www.isvra.org/PDF/SF-GCPS%20eng%20owner.pdf>

[10] http://www.vasg.org/pdfs/CSU_Acute_Pain_Scale_Canine.pdf

10. Glosario

Aferente: Todo sistema de transmisión desde el exterior al interior del organismo. En el caso del SN se refiere a las vías que transmiten la información nerviosa desde la periferia hasta el SNC.

Algómetro: Del griego algós (dolor) y metrés (medir), es un dispositivo diseñado para tratar de cuantificar el dolor midiendo la respuesta a una presión controlada que se ejerce sobre una determinada zona.

Alodinia: Percepción anormal de dolor producido por un estímulo que normalmente es indoloro. Dado que la percepción del dolor no depende tanto del tipo de estímulo como de su intensidad, en ocasiones resulta difícil distinguirla de la hiperalgesia.

Analgesia: Ausencia de percepción de dolor en respuesta a una estimulación, que normalmente sería dolorosa. La causa más habitual de analgesia es la farmacológica.

Analgesia congénita: Denominada también insensibilidad congénita al dolor, es una enfermedad de origen genético que produce incapacidad para percibir el dolor.

Analgesia inducida por estrés: Ausencia de percepción del dolor que se produce, en algunas ocasiones, como parte de la respuesta fisiológica a una situación de estrés agudo.

Asimbolia al dolor: Alteración en la percepción del dolor que tiene como consecuencia que el dolor no se percibe como algo desagradable.

Bienestar animal: Situación en la que tanto la salud física como la situación emocional que existe son adecuadas.

Distrés: Tipo de respuesta de estrés que se produce cuando no es posible eliminar la causa. A diferencia del estrés que es una reacción fisiológica que tiene como misión proteger al organismo frente a una agresión, el distrés es una respuesta patológica que puede ocasionar desequilibrios físicos y emocionales.

Dolor: Experiencia sensorial y emocional desagradable asociada con un daño tisular real o potencial.

Dolor neurológico: Dolor iniciado o causado por una lesión primaria o disfunción en el sistema nervioso.

Eferente: Todo sistema de transmisión desde el interior al exterior del organismo. En el caso del SN se refiere a las vías que transmiten la información nerviosa desde el SNC hasta los efectores.

Dolor neuropático: Dolor que aparece como consecuencia de una alteración del sistema nociceptivo. Aunque, en ocasiones, se confunde con el dolor neurológico, el dolor neuropático sería, en realidad, un tipo de dolor neurológico en el que existe una alteración en los mecanismos de transmisión y análisis de la información nociceptiva.

Dolor nociceptivo: Dolor que aparece como consecuencia de la estimulación de los nociceptores. El dolor nociceptivo es una respuesta fisiológica que resulta necesaria para mantener la homeostasis ya que pone en marcha acciones de protección y defensa para limitar el daño y para ayudar en la reparación de los tejidos lesionados.

Dolor psicogénico: Dolor que se produce en ausencia de estímulos y sin que existan alteraciones en el sistema nociceptivo.

Eutanasia humanitaria: Terminación de la vida debido a la existencia de alguna condición médica que provoca un sufrimiento físico constante e insoportable que no puede ser tratado de forma adecuada.

Hipoalgesia: Percepción disminuida del dolor frente a estímulos dolorosos.

Hiperalgesia: Percepción aumentada de dolor en respuesta a un estímulo doloroso. Dado que la percepción del dolor no depende tanto del tipo de estímulo como de su intensidad, en ocasiones resulta difícil distinguirla de la alodinia.

Hiperemia: Aumento del aporte de sangre en una determinada zona.

Hipertermia: Aumento de la temperatura.

Homeostasis: Capacidad de los organismos de mantener un equilibrio dinámico en su medio interno gracias a la capacidad de responder a los cambios que se producen, tanto en el propio organismo como en su entorno.

Inflamación: Respuesta de defensa inespecífica del organismo que tiene como principal objetivo limitar el daño y favorecer la reparación de los tejidos lesionados.

Insensibilidad congénita al dolor: Denominada también analgesia congénita, es una enfermedad de origen genético que produce incapacidad para percibir el dolor.

Mielina: Estructura laminar que envuelve algunos axones, incrementando la velocidad de transmisión del impulso nervioso.

Neurona: Tipo de célula del sistema nervioso capaz de generar y transmitir impulsos nerviosos.

Neurona sensorial primaria: Son las neuronas encargadas de captar los diferentes tipos de estímulos sensoriales. En el proceso de nocicepción reciben el nombre de nociceptores.

Neurona sensorial secundaria: Son las neuronas sensoriales que reciben la información procedente de las neuronas sensoriales primarias y la transmiten a otras regiones del sistema nervioso central.

Neuromodulación: Modificación de la funcionalidad de una sinapsis, en consecuencia, de la transmisión del impulso nervioso.

Nocicepción: Conjunto de mecanismos fisiológicos que permiten la detección, codificación y transmisión de la información sensorial nociceptiva desde el sistema nervioso periférico hasta el sistema nervioso central.

Nociceptor: Neurona sensorial encargada de captar estímulos potencialmente lesivos y poner en marcha el proceso de nocicepción. En ocasiones, el término nociceptor puede aplicarse también a las moléculas que se encuentran en la membrana de las terminaciones libres de las neuronas nociceptoras y que son las responsables de la activación neuronal.

Nociceptor silente o silencioso: Tipo de nociceptor que tan solo se activa cuando existe inflamación.

Neuromodulador: Biomolécula que modifica la funcionalidad de una sinapsis.

Neurotransmisor: Biomolécula que permite la transmisión del impulso nervioso de una neurona a otra o de una neurona a una célula muscular.

Pica. Trastorno de la conducta alimentaria consistente en la ingesta de sustancias que no son alimentos.

Placebo: Sustancia o tratamiento que no tiene ni pretende tener ningún efecto. En algunos casos, los placebos pueden producir una respuesta clínica denominada efecto placebo.

Refinamiento: Principio básico en el uso de animales para experimentación cuyo objetivo es reducir a un mínimo absoluto el nivel de sufrimiento que se provoca a aquellos animales que se están utilizando.

Sinapsis: Comunicación que se establece entre dos (o más) neuronas o una neurona y una célula muscular.

Sufrimiento: Estado no deseable y desagradable en el que se ven alteradas la salud física y/o el estado emocional como consecuencia de la presencia de estímulos adversos y/o de la ausencia de estímulos positivos adecuados en el entorno del animal.

Transducción sensorial: Proceso por el cual un estímulo da lugar a la generación de un impulso nervioso.

Umbral de respuesta: Cantidad mínima de energía que es capaz de activar un receptor sensorial. En el caso de los nociceptores el umbral de respuesta se conoce como umbral de dolor.

Recursos Rurais

Revista do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)

Proceso de selección e avaliación de orixinais

Recursos Rurais publica artigos, revisións, notas de investigación e reseñas bibliográficas. Os artigos, revisións e notas deben ser orixinais, sendo avaliados previamente polo Comité Editorial e o Comité Científico Asesor. Os traballos presentados a Recursos Rurais serán sometidos á avaliación confidencial de dous expertos alleos ao equipo editorial, seguindo criterios internacionais. Caso dos avaliadores propoñeren modificacións na redacción do orixinal, será de responsabilidade do equipo editorial —unha vez informado o autor— o seguimento do proceso de reelaboración do traballo. Caso de non ser aceptado para a súa edición, o orixinal será devolto ao seu autor, xunto cos ditames emitidos polos avaliadores. En calquera caso, os orixinais que non se suxeiten ás seguintes normas técnicas serán devoltos aos seus autores para a súa corrección, antes do seu envío aos avaliadores.

NORMAS PARA A PRESENTACIÓN DE ORIXINAIS

Procedemento editorial

A Revista Recursos Rurais aceptará para a súa revisión artigos, revisións e notas vinculados á investigación e desenvolvemento tecnolóxico no ámbito da conservación e xestión da biodiversidade e do medio ambiente, dos sistemas de produción agrícola, gandeira, forestal e referidos á planificación do territorio, tendentes a propiciar o desenvolvemento sostíbel dos recursos naturais do espazo rural. Os artigos que non se axusten ás normas da revista, serán devoltos aos seus autores.

Preparación do manuscrito

Comentarios xerais

Os manuscritos non deben exceder de 20 páxinas impresas en tamaño A4, incluíndo figuras, táboas, ilustracións e a lista de referencias. Todas as páxinas deberán ir numeradas, aínda que no texto non se incluírán referencias ao número de páxina. Os artigos poden presentarse nos seguintes idiomas: galego, castelán, portugués, francés ou inglés. Os orixinais deben prepararse nun procesador compatible con Microsoft Word®, a dobre espazo nunha cara e con 2,5 cm de marxe. Empregarase a fonte tipográfica "arial" a tamaño 11 e non se incluírán tabulacións nin sangrías, tanto no texto como na lista de referencias bibliográficas. Os parágrafos non deben ir separados por espazos. Non se admitiran notas ao pé. Os nomes de xéneros e especies deben escribirse en cursiva e non abreviados a primeira vez que se mencionen. Posteriormente o epíteto xenérico poderá abreviarse a unha soa letra. Debe utilizarse o Sistema Internacional (SI) de unidades. Para o uso correcto dos símbolos e observacións máis comúns pode consultarse a última edición do CBE (Council of Biology Editors) Style manual.

Páxina de título

A páxina de título incluírá un título conciso e informativo (na lingua orixinal e en inglés), o nome(s) do autor(es), a afiliación(s) e a dirección(s) do autor(es), así como a dirección de correo electrónico, número de teléfono e de fax do autor co que se manterá a comunicación.

Resumo

Cada artigo debe estar precedido por un resumo que presente os principais resultados e as conclusións máis importantes, cunha extensión máxima de 200 palabras. Ademais do idioma orixinal no que se escriba o artigo, presentarase tamén un resumo en inglés.

Palabras clave

Deben incluírse ata 5 palabras clave situadas despois de cada resumo distintas das incluídas no título.

Organización do texto

A estrutura do artigo debe axustarse na medida do posible á seguinte distribución de apartados: Introducción, Material e métodos, Resultados e discusión, Agradecementos e Bibliografía.

Os apartados irán resaltados en negriña e tamaño de letra 12. Se se necesita a inclusión de subapartados estes non estarán numerados e tipografiarase en tamaño de letra 11.

Introdución

A introdución debe indicar o propósito da investigación e prover unha revisión curta da literatura pertinente.

Material e métodos

Este apartado debe ser breve, pero proporcionar suficiente información como para poder reproducir o traballo experimental ou entender a metodoloxía empregada no traballo.

Resultados e discusión

Neste apartado expóranse os resultados obtidos. Os datos deben presentarse tan claros e concisos como sexa posible, se é apropiado na forma de táboas ou de figuras, aínda que as táboas moi grandes deben evitarse. Os datos non deben repetirse en táboas e figuras. A discusión debe consistir na interpretación dos resultados e da súa significación en relación ao traballo doutros autores. Pode incluírse unha conclusión curta, no caso de que os resultados e a discusión o propicien.

Agradecementos

Deben ser tan breves como sexa posible. Calquera concesión que requira o agradecemento debe ser mencionada. Os nomes de organizacións financiadoras deben escribirse de forma completa.

Bibliografía

A lista de referencias debe incluír unicamente os traballos que se citan no texto e que se publicaron ou que foron aceptados para a súa publicación. As comunicacións persoais deben mencionarse soamente no texto. No texto, as referencias deben citarse polo autor e o ano e enumerar en orde alfabética na lista de referencias bibliográficas.

Exemplos de citación no texto:

Descricións similares danse noutros traballos (Fernández 2005a, b; Rodrigo et al. 1992).

Andrade (1949) indica como...

Segundo Mario & Tinetti (1989) os factores principais están... Moore et al. (1991) suxiren iso...

Exemplos de lista de referencias bibliográficas:

Artigo de revista:

Mahaney, W.M.M., Wardrop, D.H. & Brooks, P. (2005). Impacts of sedimentation and nitrogen enrichment on wetland plant community development. *Plant Ecology*. 175, 2: 227-243.

Capítulo nun libro:

Campbell, J.G. (1981). The use of Landsat MSS data for ecological mapping. En: Campbell J.G. (Ed.) *Matching Remote Sensing Technologies and Their Applications*. Remote Sensing Society. London.

Lowel, E.M. & Nelson, J. (2003). Structure and morphology of Grasses. En: R.F. Barnes et al. (Eds.). *Forrages. An introduction to grassland agriculture*. Iowa State University Press. Vol. 1. 25-50

Libro completo:

Jensen, W (1996). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Prentice-Hall, Inc. Saddle River, New Jersey.

Unha serie estándar:

Tutin, T.G. et al. (1964-80). *Flora Europaea*, Vol. 1 (1964); Vol. 2 (1968); Vol. 3 (1972); Vol. 4 (1976); Vol. 5 (1980). Cambridge University Press, Cambridge.

Obra institucional:

MAPYA (2000). *Anuario de estadística agraria*. Servicio de Publicaciones del MAPYA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, España.

Documentos legais:

BOE (2004). Real Decreto 1310/2004, de 15 de enero, que modifica la Ley de aprovechamiento de residuos ganaderos. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº 8, 15/1/04. Madrid, España.

Publicacións electrónicas:

Collins, D.C. (2005). *Scientific style and format*. Disponível en: <http://www.councilscience.org/publications.cfm> [5 xaneiro, 2005]

Os artigos que fosen aceptados para a súa publicación incluíranse na lista de referencias bibliográficas co nome da revista e o epíteto "en prensa" en lugar do ano de publicación.

Ilustracións e táboas

Todas as figuras (fotografías, gráficos ou diagramas) e as táboas deben citarse no texto, e cada unha deberá ir numerada consecutivamente. As figuras e táboas deben incluírse

ao final do artigo, cada unha nunha folla separada na que se indicará o número de táboa ou figura, para a súa identificación. Para o envío de figuras en forma electrónica vexa máis adiante.

Debuxos lineais. Por favor envíe impresións de boa calidade. As inscricións deben ser claramente lexíbeis. O mínimo grosor de liña será de 0,2 mm en relación co tamaño final. No caso de ilustracións en tons medios (escala de grises): Envíe por favor as impresións ben contrastadas. A ampliación débese indicar por barras de escala. Aceptanse figuras en cores.

Tamaño das figuras

As figuras deben axustarse á anchura da columna (8,5 centímetros) ou ter 17,5 centímetros de ancho. A lonxitude máxima é 23 centímetros. Diseñe as súas ilustracións pensando no tamaño final, procurando non deixar grandes espazos en branco. Todas as táboas e figuras deberán ir acompañadas dunha lenda. As lendas deben consistir en explicacións breves, suficientes para a comprensión das ilustracións por si mesmas.

Nas mesmas incluírase unha explicación de cada unha das abreviaturas incluídas na figura ou táboa. As lendas débense incluír ao final do texto, tras as referencias bibliográficas e deben estar identificadas (ex: Táboa 1 Características...). Os mapas incluírán sempre o Norte, a latitude e a lonxitude.

Preparación do manuscrito para o seu envío

Texto

Grave o seu arquivo de texto nun formato compatible con Microsoft Word.

Táboas e figuras

Cada táboa e figura gardarase nun arquivo distinto co número da táboa e/ou figura. Os formatos preferidos para os gráficos son: Para os vectores, formato EPS, exportados desde o programa de debuxo empregado (en todo caso, incluírán unha cabeceira da figura en formato TIFF) e para as ilustracións en tons de grises ou fotografías, formato TIFF, sen comprimir cunha resolución mínima de 300 ppp. En caso de enviar os gráficos nos seus arquivos orixinais (Excel, Corel Draw, Adobe Illustrator, etc.) estes acompañaranse das fontes utilizadas. O nome do arquivo da figura (un arquivo diferente por cada figura) incluírá o número da ilustración. En ningún caso se incluírá no arquivo da táboa ou figura a lenda, que debe figurar correctamente identificada ao final do texto. O material gráfico escaneado deberá aterse aos seguintes parámetros: Debuxos de liñas: o escaneado realizarase en liña ou mapa de bits (nunca escala de grises) cunha resolución mínima de 800 ppp e recomendada de entre 1200 e 1600 ppp. Figuras de medios tons e fotografías: escanearanse en escala de grises cunha resolución mínima de 300 ppp e recomendada entre 600 e 1200 ppp.

Recepción do manuscrito

Os autores enviarán un orixinal e dúas copias do artigo completo ao comité editorial, xunto cunha copia dixital, acompañados dunha carta de presentación na que ademais dos datos do autor, figuren a súa dirección de correo electrónico e o seu número de fax, á seguinte dirección:

IBADER

Comité Editorial da revista Recursos Rurais

Universidade de Santiago

Campus Universitario s/n

E-27002 LUGO - Spain

Enviar o texto e cada unha das ilustracións en arquivos diferentes, nalgún dos seguintes soportes: CD-ROM ou DVD para Windows, que irán convenientemente rotulados indicando o seu contido. Os nomes dos arquivos non superarán os 8 caracteres e non incluírán acentos ou caracteres especiais. O arquivo de texto denominarase polo nome do autor.

Ou ben enviar unha copia dixital dos arquivos convenientemente preparados á dirección de e-mail:

ibader@usc.es

Cos arquivos inclúa sempre información sobre o sistema operativo, o procesador de texto, así como sobre os programas de debuxo empregados nas figuras.

Copyright

Unha vez aceptado o artigo para a publicación na revista, o autor(es) debe asinar o copyright correspondente.

Décembro 2015

Recursos Rurais

Revista do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural (IBADER)

Proceso de selección y evaluación de originales

Recursos Rurais publica artículos, revisiones, notas de investigación y reseñas bibliográficas. Los artículos, revisiones y notas deben ser originales, siendo evaluados previamente por el Comité Editorial y el Comité Científico Asesor. Los trabajos presentados a Recursos Rurais serán sometidos a la evaluación confidencial de dos expertos ajenos al equipo editorial, siguiendo criterios internacionales. En el caso de que los evaluadores propongan modificaciones en la redacción del original, será responsabilidad del equipo editorial —una vez informado el autor— el seguimiento del proceso de reelaboración del trabajo. Caso de no ser aceptado para su edición, el original será devuelto a su autor, junto con los dictámenes emitidos por los evaluadores. En cualquier caso, los originales que no se ajusten a las siguientes normas técnicas serán devueltos a sus autores para su corrección, antes de su envío a los evaluadores.

NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ORIGINALES

Procedimiento editorial

La Revista Recursos Rurais aceptará para a su revisión artículos, revisiones y notas vinculados a la investigación y desenvolvimiento tecnológico en el ámbito de la conservación y gestión de la biodiversidad y del medio ambiente, de los sistemas de producción agrícola, ganadera, forestal y referidos a la planificación del territorio, tendientes a propiciar el desarrollo sostenible de los recursos naturales del espacio rural y de las áreas protegidas. Los artículos que no se ajusten a las normas de la revista, serán devueltos a sus autores.

Preparación del manuscrito

Comentarios generales

Los manuscritos no deben exceder de 20 páginas impresas en tamaño A4, incluyendo figuras, tablas, ilustraciones y la lista de referencias. Todas las páginas deberán ir numeradas, aunque en el texto no se incluirán referencias al número de página. Los artículos pueden presentarse en los siguientes idiomas: galego, castellano, portugués, francés o inglés. Los originales deben prepararse en un procesador compatible con Microsoft Word®, a doble espacio en una cara y con 2,5 cm de margen. Se empleará la fuente tipográfica «arial» a tamaño 11 y no se incluirán tabulaciones ni sangrías, tanto en el texto como en la lista de referencias bibliográficas. Los párrafos no deben ir separados por espacios. No se admitirán notas al pie. Los nombres de géneros y especies deben escribirse en cursiva y no abreviados la primera vez que se mencionen. Posteriormente el epíteto genérico podrá abreviarse a una sola letra. Debe utilizarse el Sistema Internacional (SI) de unidades. Para el uso correcto de los símbolos y observaciones más comunes puede consultarse la última edición de CBE (Council of Biology Editors) Style manual.

Página de título

La página de título incluirá un título conciso e informativo (en la lengua original y en inglés), el nombre(s) de los autor(es), la afiliación(s) y la dirección(s) de los autor(es), así como la dirección de correo electrónico, número de teléfono y de fax del autor con que se mantendrá la comunicación.

Resumen

Cada artículo debe estar precedido por un resumen que presente los principales resultados y las conclusiones más importantes, con una extensión máxima de 200 palabras. Además del idioma original en el que se escriba el artículo, se presentará también un resumen en inglés.

Palabras clave

Deben incluirse hasta 5 palabras clave situadas después de cada resumen, distintas de las incluidas en el título.

Organización del texto

La estructura del artículo debe ajustarse en la medida de lo posible a la siguiente distribución de apartados: Introducción, Material y métodos, Resultados y discusión, Agradecimientos y Bibliografía. Los apartados irán resaltados en negrita y tamaño de letra 12. Si se necesita la inclusión de subapartados estos no estarán numerados y se tipografiarán en tamaño de letra 11.

Introducción

La introducción debe indicar el propósito de la investigación y proveer una revisión corta de la literatura pertinente.

Material y métodos

Este apartado debe ser breve, pero proporcionar suficiente información como para poder reproducir el trabajo experimental o entender la metodología empleada en el trabajo.

Resultados y discusión

En este apartado se expondrán los resultados obtenidos. Los datos deben presentarse tan claros y concisos como sea posible, si es apropiado en forma de tablas o de figuras, aunque las tablas muy grandes deben evitarse. Los datos no deben repetirse en tablas y figuras. La discusión debe consistir en la interpretación de los resultados y de su significación en relación al trabajo de otros autores. Puede incluirse una conclusión corta, en el caso de que los resultados y la discusión lo propicien.

Agradecimientos

Deben ser tan breves como sea posible. Cualquier concesión que requiera el agradecimiento debe ser mencionada. Los nombres de organizaciones financiadoras deben escribirse de forma completa.

Bibliografía

La lista de referencias debe incluir únicamente los trabajos que se citan en el texto y que estén publicados o que hayan sido aceptados para su publicación. Las comunicaciones personales deben mencionarse solamente en el texto. En el texto, las referencias deben citarse por el autor y el año y enumerar en orden alfabético en la lista de referencias bibliográficas.

Exemplos de citación en el texto:

Descripciones similares se dan en otros trabajos (Fernández 2005a, b; Rodrigo et al. 1992).

Andrade (1949) indica como...

Según Mario & Tinetti (1989) los factores principales están...

Moore et al. (1991) sugieren eso...

Exemplos de lista de referencias bibliográficas:

Artículo de revista:

Mahaney, W.M.M., Wardrop, D.H. & Brooks, P. (2005). Impacts of sedimentation and nitrogen enrichment on wetland plant community development. *Plant Ecology*. 175, 2: 227-243.

Capítulo en un libro:

Campbell, J.G. (1981). The use of Landsat MSS data for ecological mapping. En: Campbell J.G. (Ed.) *Matching Remote Sensing Technologies and Their Applications*. Remote Sensing Society. London.

Lowel, E.M. & Nelson, J. (2003). Structure and morphology of Grasses. En: R.F. Barnes et al. (Eds.). *Forages. An introduction to grassland agriculture*. Iowa State University Press. Vol. 1. 25-50

Libro completo:

Jensen, W (1996). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Prentice-Hall, Inc. Saddle River, New Jersey.

Una serie estándar:

Tutin, T.G. et al. (1964-80). *Flora Europaea*, Vol. 1 (1964); Vol. 2 (1968); Vol. 3 (1972); Vol. 4 (1976); Vol. 5 (1980). Cambridge University Press, Cambridge.

Obra institucional:

MAPYA (2000). *Anuario de estadística agraria*. Servicio de Publicaciones del MAPYA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, España.

Documentos legales:

BOE (2004). Real Decreto 1310/2004, de 15 de enero, que modifica la Ley de aprovechamiento de residuos ganaderos. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº 8, 15/1/04. Madrid, España.

Publicaciones electrónicas:

Collins, D.C. (2005). Scientific style and format. Disponible en: <http://www.councilscience.org/publications.cfm> [5 enero, 2005]

Los artículos que fuesen aceptados para su publicación se incluirán en la lista de referencias bibliográficas con el nombre de la revista y el epíteto «en prensa» en lugar del año de publicación.

Ilustraciones y tablas

Todas las figuras (fotografías, gráficos o diagramas) y las tablas deben citarse en el texto, y cada una deberá ir nume-

rada consecutivamente. Las figuras y tablas deben incluirse al final del artículo, cada una en una hoja separada en la que se indicará el número de tabla o figura, para su identificación. Para el envío de figuras en forma electrónica vea más adelante. Dibujos lineales. Por favor envíe impresiones de buena calidad. Las inscripciones deben ser claramente legibles. El mínimo grosor de línea será de 0,2 mm en relación con el tamaño final. En el caso de ilustraciones en tonos medios (escala de grises): Envíe por favor las impresiones bien contrastadas. La ampliación se debe indicar mediante barras de escala. Se aceptan figuras en color.

Tamaño de las figuras

Las figuras deben ajustarse a la anchura de la columna (8,5 centímetros) o tener 17,5 centímetros de ancho. La longitud máxima es de 23 centímetros. Diseñe sus ilustraciones pensando en el tamaño final, procurando no dejar grandes espacios en blanco. Todas las tablas y figuras deberán ir acompañadas de una leyenda. Las leyendas deben consistir en explicaciones breves, suficientes para la comprensión de las ilustraciones por sí mismas. En las mismas se incluirá una explicación de cada una de las abreviaturas incluidas en la figura o tabla. Las leyendas se deben incluir al final del texto, tras las referencias bibliográficas y deben estar identificadas (ej: Tabla 1 Características...). Los mapas incluirán siempre el Norte, la latitud y la longitud.

Preparación del manuscrito para su envío

Texto

Grave su archivo de texto en un formato compatible con Microsoft Word.

Tablas y figuras

Cada tabla y figura se guardará en un archivo distinto con número de tabla y/o figura. Los formatos preferidos para los gráficos son: Para los vectores, formato EPS, exportados desde el programa de dibujo empleado (en todo caso, incluirán una cabecera de la figura en formato TIFF) y para las ilustraciones en tonos de grises o fotografías, formato TIFF, sin comprimir con una resolución mínima de 300 ppp. En caso de enviar los gráficos en sus archivos originales (Excel, Corel Draw, Adobe Illustrator, etc.) estos se acompañarán de las fuentes utilizadas. El nombre de archivo de la figura (un archivo diferente por cada figura) incluirá el número de la ilustración. En ningún caso se incluirá en el archivo de la tabla o figura la leyenda, que debe figurar correctamente identificada al final del texto. El material gráfico escaneado deberá atenderse a los siguientes parámetros: Dibujos de líneas: el escaneado se realizará en línea o mapa de bits (nunca escala de grises) con una resolución mínima de 800 ppp y recomendada de entre 1200 y 1600 ppp. Figuras de medios tonos y fotografías: se escanearán en escala de grises con una resolución mínima de 300 ppp y recomendada entre 600 y 1200 ppp.

Recepción del manuscrito

Los autores enviarán un original y dos copias del artículo completo al comité editorial junto con una copia digital, acompañados de una carta de presentación en la que además de los datos del autor, figuren su dirección de correo electrónico y su número de fax, a la siguiente dirección:

IBADER

Comité Editorial da revista Recursos Rurais

Universidade de Santiago

Campus Universitario s/n

E-27002 LUGO - Spain

Enviar el texto y cada una de las ilustraciones en archivos diferentes, en alguno de los siguientes soportes: CD-ROM o DVD para Windows, que irán convenientemente rotulados indicando su contenido. Los nombres de los archivos no superarán los 8 caracteres y no incluirán acentos o caracteres especiales. El archivo de texto se denominará por el nombre del autor.

O bien enviar una copia digital de los archivos convenientemente preparados la dirección de e-mail:

ibader@usc.es

Con los archivos incluya siempre información sobre el sistema operativo, el procesador de texto, así como sobre los programas de dibujo empleados en las figuras.

Copyright

Una vez aceptado el artículo para su publicación en la revista, el autor(es) debe firmar el copyright correspondiente.

Diciembre 2015

Recursos Rurais

Revista do Instituto de Biodiversidade Agrária e Desenvolvimento Rural (IBADER)

Selection process and manuscript evaluation

The articles, reviews and notes must be original, and will be previously evaluated by the Editorial Board and the Scientific Advisory Committee. Manuscripts submitted to Recursos Rurais will be subject to confidential review by two experts appointed by the Editorial Committee, which may also consider choosing reviewers suggested by the author. In cases of dispute the intervention of a third evaluator will be required. Finally it is for the Editorial Committee's decision on acceptance of work. In cases in which the reviewers suggest modifications to the submitted text, it will be the responsibility of the Editorial Team to inform the authors of the suggested modifications and to oversee the revision process. In cases in which the submitted manuscript is not accepted for publication, it will be returned to the authors together with the reviewers' comments. Please note that any manuscript that does not adhere strictly to the instructions detailed in what follows will be returned to the authors for correction before being sent out for review.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Editorial procedure

Recursos Rurais will consider for publication original research articles, notes and reviews relating to research and technological developments in the area of sustainable development of natural resources in the rural and conservation areas contexts, in the fields of conservation, biodiversity and environmental management, management of agricultural, livestock and forestry production systems, and land-use planning.

Manuscript preparation

General remarks

Articles may be submitted in Galician, Spanish, Portuguese, French or English.

Manuscripts should be typed on A4 paper, and should not exceed 15 pages including tables, figures and the references list. All pages should be numbered (though references to page numbers should not be included in the text). The manuscript should be written with Microsoft Word or a Word-compatible program, on one side of each sheet, with double line-spacing, 2.5 cm margins on the left and right sides, Arial font or similar, and font size 11. Neither tabs nor indents should be used, in either the text or the references list. Paragraphs should not be separated by blank lines. Species and genus names should be written in italics. Genus names may be abbreviated (e.g. *Q. robur* for *Quercus robur*), but must be written in full at first mention. SI (Système International) units should be used. Technical nomenclatures and style should follow the most recent edition of the CBE (Council of Biology Editors) Style Manual.

Title page

The title page should include a concise and informative title (in the language of the text and in English), the name(s) of the author(s), the institutional affiliation and address of each author, and the e-mail address, telephone number, fax number, and postal address of the author for correspondence.

Abstract

Each article should be preceded by an abstract of no more than 200 words, summarizing the most important results and conclusions. In the case of articles not written in English, the authors should supply two abstracts, one in the language of the text, the other in English.

Key words

Five key words, not included in the title, should be listed after the Abstract.

Article structure

This should where possible be as follows: Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Acknowledgements, References. Section headings should be written in bold with font size 12. If subsection headings are required, these should be written in italics with font size 11, and should not be numbered.

Introduction

This section should briefly review the relevant literature and clearly state the aims of the study.

Material and methods

This section should be brief, but should provide sufficient information to allow replication of the study's procedures.

Results and discussion

This section should present the results obtained as clearly and concisely as possible, where appropriate in the form of tables and/or figures. Very large tables should be avoided. Data in tables should not repeat data in figures, and vice versa. The discussion should consist of interpretation of the results and of their significance in relation to previous studies. A short conclusion subsection may be included if the authors consider this helpful.

Acknowledgements

These should be as brief as possible. Grants and other funding should be recognized. The names of funding organizations should be written in full.

References

The references list should include only articles that are cited in the text, and which have been published or accepted for publication. Personal communications should be mentioned only in the text. The citation in the text should include both author and year. In the references list, articles should be ordered alphabetically by first author's name, then by date.

Examples of citation in the text:

Similar results have been obtained previously (Fernández 2005a, b; Rodrigo et al. 1992
Andrade (1949) reported that...
According to Mario & Tinetti (1989), the principal factors are...
Moore et al. (1991) suggest that...

Examples of listings in References:

Journal article:

Mahaney, W.M.M., Wardrop, D.H. & Brooks, P. (2005). Impacts of sedimentation and nitrogen enrichment on wetland plant community development. *Plant Ecology*. 175, 2: 227-243.

Book chapter:

Campbell, J.G. (1981). The use of Landsat MSS data for ecological mapping. En: Campbell J.G. (Ed.) *Matching Remote Sensing Technologies and Their Applications*. Remote Sensing Society. London.

Lowel, E.M. & Nelson, J. (2003). Structure and morphology of Grasses. En: R.F. Barnes et al. (Eds.). *Forrages*. An introduction to grassland agriculture. Iowa State University Press. Vol. 1. 25-50

Complete book:

Jensen, W (1996). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Prentice-Hall, Inc. Saddle River, New Jersey.

Standard series:

Tutin, T.G. et al. (1964-80). *Flora Europaea*, Vol. 1 (1964); Vol. 2 (1968); Vol. 3 (1972); Vol. 4 (1976); Vol. 5 (1980). Cambridge University Press, Cambridge.

Institutional publications:

MAPYA (2000). *Anuario de estadística agraria*. Servicio de Publicaciones del MAPYA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, España.

Legislative documents:

BOE (2004). Real Decreto 1310/2004, de 15 de enero, que modifica la Ley de aprovechamiento de residuos ganaderos. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº 8, 15/1/04. Madrid, España.

Electronic publications:

Collins, D.C. (2005). *Scientific style and format*. Available at: <http://www.counckjnec.org/publications.cfm> [5 January 2005]

Articles not published but accepted for publication:

Such articles should be listed in References with the name of the journal and other details, but with "in press" in place of the year of publication.

Figures and tables

Numbering:

All figures (data plots and graphs, photographs, diagrams, etc.) and all tables should be cited in the text, and should be numbered consecutively.

Figure quality.

Please send high-quality copies. Line thickness in the publication-size figure should be no less than 0.2 mm. In the case of greyscale figures, please ensure that the different tones are clearly distinguishable. Labels and other text should be clearly legible. Scale should be indicated by scale bars. Maps should always include indication of North, and of latitude and longitude. Colour figures can be published.

Figure size:

Figures should be no more than 17.5 cm in width, or no more than 8.5 cm in width if intended to fit in a single column. Length should be no more than 23 cm. When designing figures, please take into account the eventual publication size, and avoid excessively white space.

Figure and table legends:

All figures and tables require a legend. The legend should be a brief statement of the content of the figure or table, sufficient for comprehension without consultation of the text. All abbreviations used in the figure or table should be defined in the legend. In the submitted manuscript, the legends should be placed at the end of the text, after the references list.

Preparing the manuscript for submission

Text

The text should be submitted as a text file in Microsoft Word or a Word-compatible format.

Tables and figures

Each table and each figure should be submitted as a separate file, with the file name including the name of the table or figure (e.g. Table-1.DOC). The preferred format for data plots and graphs is EPS for vector graphics (though all EPS files must include a TIFF preview), and TIFF for greyscale figures and photographs (minimum resolution 300 dpi). If graphics files are submitted in the format of the original program (Excel, CorelDRAW, Adobe Illustrator, etc.), please ensure that you also include all fonts used. The figure or table legend should not be included in the file containing the figure or table itself; rather, the legends should be included (and clearly numbered) in the text file, as noted above. Scanned line drawings should meet the following requirements: line or bit-map scan (not greyscale scan), minimum resolution 800 dpi, recommended resolution 1200-1600 dpi. Scanned half-tone drawings and photographs should meet the following requirements: greyscale scan, minimum resolution 300 dpi, recommended resolution 600-1200 dpi.

Manuscript submission

Please submit a digital copy of the files properly prepared to the e-mail address:

ibader@usc.es

Or send a) the original and two copies of the manuscript, b) copies of the corresponding files on CD-ROM or DVD for Windows, and c) a cover letter with author details (including e-mail address and fax number), to the following address:

IBADER
Comité Editorial da revista Recursos Rurais
Universidade de Santiago
Campus Terra s/n
E-27002 LUGO - Spain

As noted above, the text and each figure and table should be submitted as separate files, with names indicating content, and in the case of the text file corresponding to the first author's name (e.g. Alvarez.DOC, Table-1.DOC, Fig-1.EPS). File names should not exceed 8 characters, and must not include accents or special characters. In all cases the program used to create the file must be clearly identifiable.

Copyright

Once the article is accepted for publication in the journal, the authors will be required to sign a copyright transfer statement.

December 2015

