

MATERIA
Ecotoxicología

TITULACIÓN
Grao en Veterinaria

unidade
didáctica
7

Intoxicación por nitratos e nitritos

María Julia Melgar Riol

Área de Toxicología

Departamento de Ciencias Forenses, Anatomía Patolóxica,
Xinecoloxía e Obstetricia, e Pediatría
Facultade de Veterinaria

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA





Esta obra atópase baixo unha licenza internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-ND 4.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>

© Universidade de Santiago de Compostela, 2023

Deseño e maquetación

J. M. Gairí

Edita

Edicións USC

<https://www.usc.gal/publicacions>

DOI

<https://dx.doi.org/10.15304/9788419679864>

MATERIA: ECOTOXICOLOXÍA

TITULACIÓN: Grao en Veterinaria

A.PROGRAMA XERAL DE CLASES TEÓRICAS EXPOSITIVAS

Localización da presente unidade didáctica

Unidade Didáctica 1: Introducción á ecotoxicoloxía. Conceptos. Contaminación dos ecosistemas. Bioética do medio

Unidade Didáctica 2: Procesos tóxicos nos ecosistemas. Tipos de contaminantes. Contaminantes persistentes: Biomagnificación. Eutrofización

Unidade Didáctica 3: Contaminación do medio acuático. Orixe, tipo, avaliación fisicoquímica da contaminación hídrica. Monitorización

Unidade Didáctica 4: Metodoloxía biolóxica para a avaliación da contaminación hídrica: Bioensaios. Biomarcadores. Biosensores

Unidade Didáctica 5: Bioindicadores na monitorización de ecosistemas terrestres, dulceacuícolas e mariños

Unidade Didáctica 6: Intoxicación por contaminantes ambientais: Flúor

Unidade Didáctica 7: Intoxicación por contaminantes ambientais: Nitratos e Nitritos (1 hora)

Unidade Didáctica 8: Intoxicación por contaminantes ambientais: Metais Pesados (I)-Arsénico

Unidade Didáctica 9: Intoxicación por contaminantes ambientais: Metais Pesados (II)-Mercurio

Unidade Didáctica 10: Xestión ambiental. Depuración das augas. Biorremediación. Lexislación

B. PROGRAMA DE CLASES PRÁCTICAS INTERACTIVAS

- LABORATORIO: Determinación cuantitativa de Nitratos na auga de bebida. (ECOT LB) (4 horas).

- PRÁCTICA DE CAMPO: Visita práctica ás Estacións Depuradoras municipais (EDAR e ETAP) de Lugo. (ECOT LB Campo) (4 horas).

SEMINARIOS (ECOT S) (7 horas):

- Resolución de casos de impacto ambiental (1 hora)

- Exposición de traballos monográficos polos estudantes

ÍNDICE

CONTEXTUALIZACIÓN

1. Presentación
2. Xustificación

OBXECTIVOS

1. Obxectivos xerais da materia
2. Obxectivos específicos da unidade didáctica

COMPETENCIAS

METODOLOXÍA

1. Clases expositivas teóricas
2. Titorías grupais
3. Clases prácticas interactivas de seminario
4. Clases prácticas interactivas de laboratorio

CONTIDOS

1. Orixe da intoxicación por nitratos e nitritos: fontes
 - 1.1. Nitratos na auga
 - 1.2. Nitratos vexetais
2. Toxicidade de nitratos e nitritos
 - 2.1. Intoxicación aguda
 - 2.2. Intoxicación crónica
3. Mecanismos de acción tóxica de nitratos e nitritos
 - 3.1. Acción metahemoglobinizante
 - 3.2. Acción antitiroidea
 - 3.3. Destrucción da vitamina A
4. Síntomas clínicos causados polos nitratos e nitritos
 - 4.1. Síntomas da intoxicación aguda
 - 4.2. Síntomas da intoxicación crónica
5. Diagnóstico das intoxicacións por nitratos e nitritos
6. Tratamento nas intoxicacións por nitratos e nitritos
7. Conclusións

AVALIACIÓN

ANEXOS

- Anexo xeral
- Anexo I
- Anexo II

BIBLIOGRAFÍA

CONTEXTUALIZACIÓN

1. Presentación

A unidade didáctica «Intoxicación por nitratos e nitritos» englobase dentro da materia Ecotoxicoloxía que se imparte na titulación de Grao en Veterinaria da Universidade de Santiago de Compostela (Campus Terra). No plano de estudos da USC (Resolución de 17 de febreiro de 2011, B.O.E. do 3 de marzo de 2011), esta materia pertence ao grupo de materias optativas, e foi ofertada e ben acollida polos estudantes, de forma continua, ao longo de 10 anos desde o inicio deste novo plan de estudos. Impártese no oitavo semestre do cuarto curso e ten unha carga lectiva de 3 créditos ECTS. Céntrase na identificación, bioacumulación, biodegradación e biomagnificación dos contaminantes medioambientais. Estúdanse o impacto ambiental e as repercusións nos animais destes contaminantes. Dado o carácter preventivo da materia, estúdase, tamén a xestión e a protección do medio natural.

Esta unidade didáctica está deseñada para ser desenvolvida nunhas 9 horas, divididas en sesións teóricas, seminario, prácticas de laboratorio e de titoría. Dedicada 1 hora presencial expositiva a traballar os contidos teóricos, 3 horas de titorías grupais por grupo, 1 hora de seminario sobre impacto ambiental e as súas consecuencias en casos clínicos veterinarios, e 4 horas presenciais cos contidos prácticos interactivos no laboratorio por grupos para resolver analiticamente o caso clínico.

2. Xustificación

A crecente deterioración do medio ambiente debido a causas multifactoriais, tanto naturais como antropoxénicas, promove o estudo preventivo da contaminación ambiental desde o ámbito da Ecotoxicoloxía. A importancia desta materia na Titulación do Grao de Veterinaria radica en que, os profesionais veterinarios aprendan cales son as causas de posibles intoxicacións dos animais con orixe en contaminantes ambientais. Así mesmo, han de tomar conciencia do “bo facer” no ámbito agrícola-gandeiro para prever a bioacumulación de determinados produtos contaminantes.

Por unha banda, adquirense competencias relacionadas, directamente, co coñecemento (saber) profesional do veterinario a través do estudo da ecotoxicoloxía, incluíndo a ecoética (saber facer e querer facer) e, por outra parte, estúdanse e aplícanse diversas metodoloxías (computador, laboratorio e clínica) que axuden a identificar as causas da contaminación, e a prever e tratar as posibles intoxicacións dos animais (saber facer).

Esta unidade didáctica «Intoxicación por nitratos e nitritos» (e a materia na que se inclúe) relaciónase, fundamentalmente, coas materias de Bioestatística, Química, Bioquímica, Histoloxía, Fisioloxía e Toxicoloxía Veterinaria, cursadas previamente. Estúdanse a orixe, a distribución, as interaccións e as características fisicoquímicas de diversos contaminantes emitidos aos que se expoñen os animais, e as propiedades biolóxicas que poden verse alteradas polas devanditas substancias, é dicir, os efectos nocivos sobre a saúde, complementando os coñecementos adquiridos na materia Toxicoloxía Veterinaria.

OBXECTIVOS

1. Obxectivos xerais da materia

1. Complementar os coñecementos adquiridos na disciplina Toxicoloxía Veterinaria Clínica.
2. Identificar os principais axentes contaminantes medioambientais, así como a súa persistencia, biodegradación, bioacumulación e biomagnificación nos seres vivos.
3. Avaliar efectos ecotoxicolóxicos aplicando metodoloxía propia, tanto química como biolóxica, con emprego de Bioindicadores e de Biomarcadores para monitorizar.
4. Propoñer medidas de protección do medio natural e biorremediación.
5. Estudar aspectos xurídicos e sociais da contaminación ambiental.
6. Capacitar para poder discriminar cientificamente sobre o balance beneficio/risco na aplicación de determinadas substancias.
7. Desenvolver as capacidades do alumno de traballo en equipo e de emprego axeitado das TIC, que lle faciliten a resolución de problemas ecotoxicolóxicos no seu futuro exercicio profesional.

Destes obxectivos xerais da materia, nesta Unidade Didáctica que se presenta, traballaranse máis concretamente os número «1», «2» «4» e «7» .

2. Obxectivos específicos da unidade didáctica

1. Estudar o impacto ambiental causado polos axentes naturais que causan intoxicación aos animais: nitratos e nitritos.
2. Identificar o mecanismo de acción tóxica de nitratos e nitritos, diagnosticar acertadamente unha intoxicación e aplicar o tratamento axeitado.
3. Resolver casos clínicos expostos no seminario.
4. Determinar residuos de nitratos e nitritos na dieta inxerida (auga, forrage, penso) mediante a análise no laboratorio.
5. Interpretación dos resultados segundo a normativa de residuos de nitratos e nitritos. Diagnóstico diferencial.
6. Propoñer medidas preventivas para evitar intoxicacións dos animais con nitratos e nitritos.

COMPETENCIAS

Xerais do Título:

- GVUSC 01. Capacidade de aprendizaxe e adaptación.
- GVUSC 02. Capacidade de análise e sínteses.
- GVUSC 03. Coñecementos xerais sobre a área de traballo.
- GVUSC 06. Capacidade de traballar de forma autónoma e en equipo.
- GVUSC 10. Compromiso ético e asunción de responsabilidades.

Disciplinares (saber):

CEDVUSC 11. Coñecemento das bases do funcionamento e optimización dos sistemas de produción animal e vexetal, e as súas repercusións sobre o medio ambiente.

CEDVUSC 16. Coñecer as técnicas analíticas básicas e a súa interpretación.

Profesionais específicas (saber facer):

D1VUSC 03. Realizar técnicas analíticas básicas e interpretar resultados clínicos, biolóxicos e químicos.

D1VUSC 14. Realizar análise de riscos, incluíndo os ambientais e de bioseguridade, así como a valoración, xestión e supervisión de sistemas de xestión da calidade.

Académicas (querer facer):

CEAVUSC 02. Manter un comportamento ético no exercicio das súas responsabilidades ante a profesión veterinaria e ante a sociedade.

CEAVUSC 08. Ser consciente da necesidade de manter actualizados os coñecementos, habilidades e actitudes das competencias profesionais mediante un proceso de formación permanente.

Transversais:

CTVUSC 01. Capacidade para o razoamento e a argumentación.

CTVUSC 02. Capacidade para obter información adecuada, diversa e actualizada por diversos medios, como información bibliográfica e Internet, e analízala dunha forma crítica.

CTVUSC 03. Capacidade para elaborar e presentar un texto organizado e comprensible.

CTVUSC 04. Capacidade para realizar unha exposición en público de forma clara, coherente e concisa.

CTVUSC 05. Habilidade no manexo das TIC.

CTVUSC 06. Utilización de información en lingua estranxeira.

CTVUSC 07. Capacidade para resolver problemas mediante a aplicación integrada dos seus coñecementos.

METODOLOXÍA

Como é sabido, na nosa institución universitaria empréganse distintas tipoloxías de sesións para a impartición de contidos, tanto expositivas como interactivas (prácticas de laboratorio, seminarios, titorías, etc.). No caso desta unidade didáctica, podemos distinguir a seguinte tipoloxía de sesións:

1. Clases expositivas teóricas

En liñas xerais, establécense as seguintes orientacións metodolóxicas:

- **Clase expositiva** (1 hora). Impartíranse nun grupo pequeno (materia optativa) con todos os alumnos na Aula-Seminario do departamento de Toxicoloxía.

loxía da Facultade, aproximadamente 15-20 alumnos. Os contidos teóricos serán expostos pola docente empregando o método expositivo, e para isto, utilizaranse como recursos didácticos, encerado e material proxectado, que será posto á disposición dos alumnos no Campus Virtual da USC (CV-USC). Para conseguir a atención e motivación dos estudantes, tratarase de vincular os contidos desta unidade didáctica coa realidade profesional e social do veterinario. Para isto, incorpóranse noticias de actualidade extraídas dos medios de comunicación, relacionadas co tema a tratar. Nesta clase, ademais, buscarase en todo momento a participación interactiva dos alumnos, ás veces mediante controis. Inicialmente farase unha sondaxe acerca dos coñecementos previos do alumnado, mediante o método interrogativo, formulando cuestións de forma aleatoria e directa para contestar *in situ* de forma oral. Tamén se presentarán pequenas e concisas cuestións acerca dos contidos de clases expositivas precedentes; deberán ser contestadas por todos os asistentes en soporte papel, ou, actualmente, facendo uso das TIC a través do CV-USC. Deste xeito, ponse en práctica tamén a avaliación continua mediante estes controis.

2. Titorías grupais

- **Titoría grupal** (3 horas). Impartiranse cun grupo pequeno (5 alumnos máximo) na aula-seminario do departamento, no pavillón 2 da Facultade. A través do método de descubrimento, este pequeno grupo, máis interesado na temática desta unidade didáctica, elixirá libremente e realizará en horas no presenciais, un traballo monográfico. En tres sesións formativas (1 h por sesión), serán resoltas dúbidas e será supervisado o traballo. As competencias transversais grupais serán avaliadas. Ademais, calquera cuestión individual aparecida durante o proceso da aprendizaxe será atendida. Finalmente, proporcionarase ao alumnado bibliografía relacionada co tema.

3. Clases prácticas interactivas de seminario

- **Práctica interactiva de seminario** (1 hora). Impartiranse nun grupo con todos os alumnos na aula-seminario do departamento de Toxicoloxía da Facultade. Consiste na exposición, pola profesora, dunha caso con impacto medio ambiental relacionado coa unidade didáctica, e con repercusión nunha explotación gandeira (ANEXO I). Todos os alumnos en pequenos grupos (3 alumnos) deberán estudar o caso de acordo con un protocolo e nun tempo limitado. Os alumnos terán acceso a todo tipo de material didáctico (diapositivas, artigos científicos, textos lexislativos etc.), proporcionado pola profesora no CV-USC. Ao final, deberán propoñer un diagnóstico acertado e mesmo discriminar un diagnóstico diferencial, xustificando debidamente cos seus razoamentos. Aplicarase unha metodoloxía interrogativa activo-

participativa por parte da profesora, que fomentará a interacción entre o alumnado suscitando cuestións ou dúbidas. Esta práctica interactiva de seminario complementáase cunha práctica interactiva de laboratorio, na cal deberán demostrar analiticamente que a sospeita do diagnóstico acertado se cumpre. A asistencia ás titorías e a participación nesta práctica será avaliada pola avaliación continua.

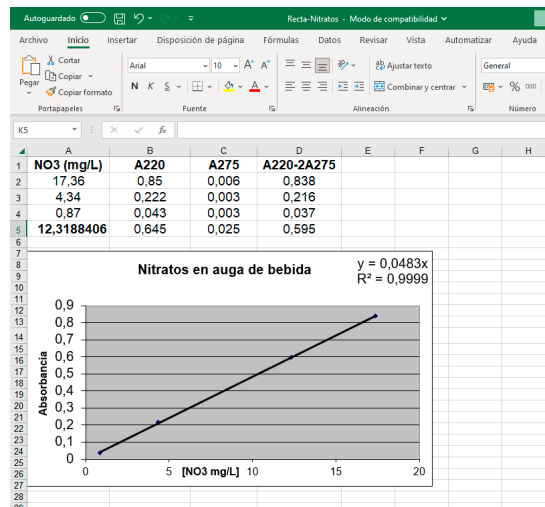
4. Clases prácticas interactivas de laboratorio

- **Práctica interactiva de laboratorio** (4 horas). Impartirase con subgrupos de alumnos (3 alumnos máximo), no laboratorio do departamento de Toxicoloxía da Facultade, provisto de material axeitado. Esta práctica ademais de fixar e ampliar os coñecementos teóricos, ten como obxectivo fundamental a resolución do diagnóstico analítico clínico toxicolóxico, exposto nun seminario que lle precede.

O método de traballo nesta clase práctica debe de ser autónomo e en equipo, e potenciarase a autoaprendizaxe do alumno. Este traballo con metodoloxía demostrativa inclúese na avaliación continua. Levarase a cabo en dúas partes:

- 1. Determinación analítica da concentración de nitratos.** Metodoloxicamente realízase no laboratorio e de acordo con un guiión-protocolo (ANEXO II) unha determinación espectrofotométrica por luz U.V. da concentración de nitratos na auga de bebida, segundo mostraxe (río, pozo, estanque, corgo, etc.). Na súa resolución analítica, os alumnos deben preparar reactivos e disolucións patrón para obter unha recta de calibrado de acordo con as absorbanzas obtidas, fronte a un branco.
- 2. Cálculos e interpretación dos resultados.** Ao aplicar sobre os resultados analíticos o programa informático Excel (folla de cálculo), os estudantes obterán a ecuación resultante da recta de calibrado (Figura 1) que permitirá calcular e resolver a concentración de nitratos na mostra problema. Finalmente, deben interpretar os resultados da auga problema, con coherencia e á luz da Normativa española vixente (BOE Núm. 9, Real Decreto 3/2023, de 10 de xaneiro).

Figura 1. Recta de calibrado da relación Concentración de nitrato patrón-Absorbancia para a determinación da concentración de nitrato na mostra problema de auga



CONTIDOS

1. Orixe da intoxicación por nitratos e nitritos: fontes

Aínda que a labra é unha práctica antiga, a pregunta de que sistema de labra é o máis apropiado para unha explotación en particular é aínda difícil de responder. Nun principio esta práctica creaba un fino leito de sementa que melloraba enormemente a xerminación. Ademais, proporcionaba ao cultivo un bo comezo antes da aparición das malas herbas e estimulando a mineralización do nitróxeno orgánico en forma dispoñible para as plantas. Co tempo, esta práctica de labra foi evolucionando e na actualidade son diversos os problemas que xorden polo emprego abusivo de diversos produtos químicos para incrementar a produción e combater as malas herbas (fertilizantes e herbicidas).

A causa da intoxicación por nitratos e nitritos ten a súa orixe na contaminación típica do medio rural, agrícola-gandeiro. Quimicamente, débese en primeiro lugar ao ión nitrato (NO_3^- , composto intermedio no Ciclo do Nitróxeno). Así, o N_2 atmosférico é fixado polas bacterias fixadoras de N_2 e convertido en nitratos, mediando as plantas leguminosas. O nitrato emprégano as plantas para formar proteínas vexetais.

A proteína vexetal é inxerida polos animais, transformándose en proteína animal ou volver ao chan mediante o proceso de descomposición a través dos residuos do metabolismo animal (urea e amoníaco). Posteriormente, estes residuos son transformados por bacterias en nitritos ou amoníaco que libera nitróxeno (N_2), de xeito que se pecha así o ciclo.

Mentres se mantén un equilibrio correcto neste ciclo non hai problemas, pero ao romper e aparecer descompensacións, por exemplo, co exceso de abonado, xorden os problemas, fundamentalmente porque se acumulan en vexetais e auga, os cales son causantes das intoxicacións por vía oral.

Como premisa hai que sinalar que os nitratos *per se* son relativamente atóxicos, e que a súa importancia toxicolóxica radica na súa conversión nos alimentos ou en tramo dixestivo en nitritos. No rume, os nitratos transfórmanse fisioloxicamente a nitritos por acción microbiana, e estes últimos a amoníaco, pero, por encima de certa concentración de nitrato, o paso de nitrito a amoníaco resulta limitado e, por tanto, acumúlase nitrito.

As fontes máis frecuentes de nitratos e nitritos son, por tanto, os vexetais e a auga, e contribúen a iso, sobre todo, o emprego de fertilizantes (nitrato amónico, sódico ou potásico) que achegan gran cantidade de nitratos tanto para as plantas como para os animais. Estes desequilibrios e variabilidade nos niveis de nitratos prodúcense por unha mala praxe nas prácticas agrícolas que actualmente se están corrixindo cos códigos de «Boas Prácticas Agrícolas».

1.1. Nitratos na auga

Tanto os nitratos como os nitritos son sales moi solubles na auga, e se se atopan no terreo poden ser arrastradas e aparecer na auga de bebida. A contaminación da auga por nitratos e nitritos pode ser debida a:

- Materia orgánica en descomposición (humus)
- Fertilizantes nitroxenados (abonos químicos)
- Residuos de animais (xurros)
- Mollos de ensilados
- Solos ricos en bacterias fixadoras de N₂

A contaminación da auga está en relación coa proximidade do foco emisor de contaminantes. Ademais, hai factores que favorecen esta contaminación tales como:

- a) A intensa erosión superficial que se produce ao fundirse a neve na primavera ou por choivas intensas. Estas augas «cristalinas» de alta montaña poden ir moi cargadas de nitratos e ademais, poden contaminar pozos pouco profundos.
- b) As augas estancadas que recollen líquidos procedentes de currais de cebo, fosas sépticas ou de terreos fertilizados (fertilizantes químicos ou xurros). Se as augas estancadas conteñen abundantes algas azuis ou outros vexetais en crecemento, non terán exceso de nitratos porque os utilizan no seu crecemento (indicadoras de que non hai contaminación).
- c) Eutrofización dos encoros e pantanos que polo seu alto contido en nitróxeno e fósforo favorecen o crecemento de algas e empobrecen de osíxeno en auga, reducindo a vida piscícola.

1.2. Nitratos vexetais

A acumulación anormal de nitratos nos vexetais depende de varios factores, os máis importantes son:

- a) A especie vexetal. É coñecido que hai plantas que acumulan nitratos, tanto herbas malas (Figura 2) como plantas cultivadas (Táboa 1).

Figura 2. Imaxes de herbas malas acumuladoras de nitratos e nitritos



Táboa 1. Plantas acumuladoras de nitratos

MALAS HERBAS	PLANTAS DE CULTIVO
Amarantos <i>Amaranthus</i> spp.	Avea <i>Avena sativa</i> (gramíneas)
Cardo <i>Cardus cyanus</i> (compuestas)	Centeo <i>Secale cereale</i>
Xirasol <i>Helianthus anuus</i>	Liño <i>Linum usitatissimum</i>
Estramonio <i>Datura stramonium</i> (solanácea)	Millo <i>Zea mays</i>
Melilotos <i>Melilotus alba</i> (leguminosa)	Alfalfa <i>Medicago sativa</i>

- b) Contido e forma química do nitróxeno no solo, os nitratos e o amoníaco facilitan a asimilación dos cereais.
- c) Condicións do solo que favorecen a captación: humidade elevada; solos ácidos; deficiencia en xofre, molibdeno, fósforo; baixas temperaturas (1,1 °C); aireación do solo.
- d) Seca continuada, porque concentra os sales.
- e) Luz escasa, a luz é necesaria para manter a actividade da nitrato-reductasa, por tanto, favorece a presenza de nitratos sobre os nitritos.

- f) Tratamento con herbicidas derivados do ácido fenoxídico (fitohormonas). Os herbicidas 2,4-D (2,4-cloro fenoxiácido) son hormonas vexetais que favorecen o crecemento e a acumulación de nitratos nas primeiras etapas do desenvolvemento da planta.
- g) Parte anatómica, os nitratos acumúlanse nos tecidos vexetais segundo orde: tallo>>follas, non nos froitos nin en sementes.
- h) Período, as concentracións son máximas antes da floración e descenden, rapidamente, despois da polinización e formación dos froitos e sementes.

Outra forma de intoxicación á que hai que prestar atención, débese aos gases que poden orixinarse nas ensilaxes. As forraxes ricas en nitratos sofren unha fermentación anaeróbica que ten lugar no silo, mediante a cal se transforman parte dos nitratos en óxidos de nitróxeno (gases picantes de cor castaña amarelada), principalmente dióxido de nitróxeno (NO_2) e algo de tetraóxido de nitróxeno (NO_4), aparecendo niveis elevados ata de 150 ppm nos silos. Este gas pode chegar por conducións ata os animais e causarlles a morte.

A produción de gas iníciase poucas horas despois de ensilar e é máxima un día ou día e medio despois.

2. Toxicidade de nitratos e nitritos

A toxicidade que producen estes sales pode ser aguda e crónica.

2.1. Intoxicación aguda

Prodúcese cando o animal consome forraxe que contén máis do 1 % de nitratos s.s. (substancia seca) ou cando a auga de bebida presenta 1.500 ppm (mg/L) de nitratos.

Os efectos dos niveis de nitratos en penso e auga son aditivos e por iso deben considerarse ambos para valorar un problema dependente do nitrato.

Nos ruminantes, a DL_{50} presenta variacións debidas a diferenzas nutricionais, modo de administración e tipo de nitrato.

De forma aproximada en vacún, a $\text{DL}_{50} = 1 \text{ g NO}_3\text{K/kg}$ peso corporal. Ademais, demostrouse que nos ruminantes se toleran niveis superiores de nitratos cando a dose se reparte en varias tomas ou se mestura coa dieta total. Tamén, se poden adaptar aos poucos a concentracións superiores ao utilizaren unha parte do nitrato da dieta como fonte de NNP (nitróxeno non proteico).

A toxicidade do nitrato non parece ser modificada nin estimulada polo consumo simultáneo de urea, non hai interacción por empregar distintos mecanismos de acción.

Os ruminantes son da orde de 2 ó 3 veces máis sensibles aos nitritos que aos nitratos; mentres que os non ruminantes son aproximadamente 10 veces máis susceptibles aos nitritos que aos nitratos.

2.2. Intoxicación crónica

A intoxicación crónica polos nitratos foi descrita como causa de diversos problemas, entre eles os máis importantes: atraso no crecemento, infertilidade, deficiencia de vitamina A, bocio e inmunodeficiencia (maior vulnerabilidade a infeccións).

Xunto á toxicidade de nitratos e nitritos pódese considerar a dos compostos nitrosados tales como: nitrosaminas, nitrosoarea e nitroguanidina que aparecen con frecuencia en alimentos preparados tales como os afumados (arenques, embutidos, beicon), pero tamén aparecen de modo natural en vexetais de certas rexións do mundo. Desde o punto de vista toxicolóxico considéranse como «indutores encimáticos» en animais de experimentación empregando dose entre 2,5-9 mg/kg. Comprobouse un efecto sinérxico con hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) para a formación de tumores.

Prestouse un grande interese aos compostos nitrosos a baixos niveis nos pensos pola súa actividade carcinóxénica potencial. Ademais, existe un perigo, o da formación de nitrosaminas a partir de aminas secundarias terciarias de proteínas que se combinan con nitritos cando o pH oscila de 1 a 3,4 e por iso postúlase e investiga acerca da formación no estómago.

3. Mecanismos de acción tóxica de nitratos e nitritos

3.1. Acción metahemoglobinizante

O ión NO_3^- non é particularmente tóxico en por si, con todo, o ión NO_2^- , forma reducida do nitrato mediante a acción do encima nitrato-reductasa, é absorbido con facilidade e resulta bastante máis tóxico.

Os ruminantes e, en xeral, os herbívoros, debido aos seus microorganismos son capaces de reducir prontamente o nitrato a nitrito, e producirse unha toxicosis.

A acción tóxica principal do nitrito é metahemoglobinizante, é dicir, oxida ao ión ferroso (Fe^{+2}) da hemoglobina a ión férrico (Fe^{+3}) con formación de «metahemoglobina», este pigmento hemático resulta inhábil para captar e transportar o osíxeno ás células. Como consecuencia, prodúcese hipoxia ou anoxia orixinada por unha osixenación deficiente do sangue e non chega ese osíxeno molecular aos tecidos.

3.2. Acción antitiroidea

O nitrato pode afectar á función tiroidea nalgunhas especies; ratas e ovellas parecen ser susceptibles á interferencia sobre a captación de iodo tiroideo, é dicir, comportaría un efecto bocióxeno. Este efecto non foi observado en vacún e cans.

Con todo, nas especies afectadas viuse unha adaptación, de tal maneira que a función tiroidea volva ser normal despois de 2-4 semanas de exposición ao nitrato.

3.3. Destrución da vitamina A

Parece ser que os nitritos, no medio ácido, son capaces producir déficit en vitamina A porque destrúen os carotenos, retinoides e a vitamina A, pero só nos ruminantes. A maior parte dos investigadores coinciden en que a destrución da Vitamina A, inducida polo nitrito, non é un problema con importancia clínica.

4. Síntomas clínicos causados polos nitratos e nitritos

4.1. Síntomas da intoxicación aguda

Adoita manifestarse entre ½ h-4 h despois de inxerir penso ou auga ricos en nitratos. Ás veces, máis retardado, transcorren de 5 a 8 días despois do consumo de forraxes que conteñen nitrato ata que aparecen os primeiros síntomas.

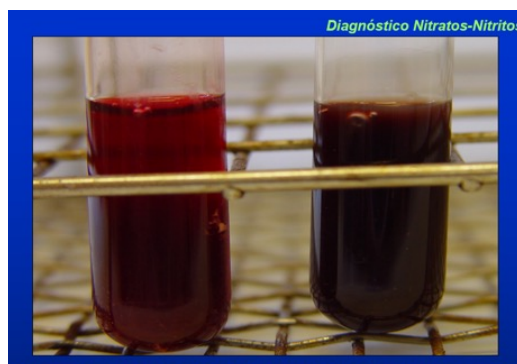
Os síntomas póñense de manifesto cando os niveis de Metahemoglobina son do 30-40 %, e a morte prodúcese con niveis do 80-90 %. Sobre estes feitos, inflúe o estrés ou o exercicio físico a que este sometido o animal, porque precisaría maior consumo de osíxeno.

Os primeiros síntomas que aparecen son consecuencia da acción irritante directa dos nitratos sobre a mucosa gastrointestinal: salivación, vómito, diarrea e dor abdominal (xerais).

Máis específica é a emisión frecuente de ouriños como síntoma inicial, sobre todo cando o nitrato non ten orixe vexetal, actuaría como ou diurético por osmoses.

Os síntomas máis característicos son os correspondentes á anoxia: dispnea, mucosas cianóticas e pulso rápido e débil. Sendo un distintivo específico a coloración típica do sangue de castaño escuro ou «chocolate» (Figura 3).

Figura 3. Metahemoglobina nunha mostra de sangue (dereita) comparada cunha mostra non afectada (esquerda). Tomada de Melgar et al. (2012).



A continuación, apreciaríanse tremores musculares, debilidade e pouca tolerancia ao exercicio, o animal cánsase. Póñense de manifesto ao obrigarlle a moverse. Poden presentarse convulsións anóxicas terminais que preceden á morte, a cal ten lugar

dentro das 12 a 24 horas. Esta pode acelerarse e presentarse ás poucas horas dependendo dos niveis de nitrato ou se intervéen directamente o nitrito.

Como consecuencia de dietas ricas en nitratos, foron atribuídos con frecuencia abortos, ata tal punto que a chamada Síndrome do «aborto de terreos baixos» foi relacionado co consumo masivo de malas herbas ricas en nitratos. Unha medida práctica para minimizar este problema dos abortos, foi a destrución definitiva das malas herbas (combustión).

4.2. Síntomas da intoxicación crónica

En canto aos efectos da intoxicación crónica antes mencionados (atraso en crecemento, escasa ganancia de peso, infertilidade...), non se pode afirmar que sexan debidos só ao consumo continuado de dietas ricas en nitratos. Debe procederse con cautela e prudencia antes de asegurar que o nitrato é a única causa dun baixo rendemento no gando, a menos que se efectuaron estudos clínicos e de laboratorio exhaustivos.

5. Diagnóstico das intoxicacións por nitratos e nitritos

O estudo fisiopatolóxico da necropsia mostra certos aspectos que poñen ao descuberto a intoxicación por nitratos ou nitritos:

- sangue de cor castaña escura (chocolate)
- tecidos que presentan tamén esa coloración parda
- mucosas cianóticas
- conxestión do rume

Poden determinarse as concentracións dos ións NO_3^- e NO_2^- en mostras biolóxicas do contido do rume ou do estómago, en plasma, soro, ouriños, e da forraxe e auga.

O nitrito e a Metahemoglobina desaparecen rapidamente do sangue; se se separa o plasma ou o soro, as concentracións de nitrato e nitrito permanecerán estables 48 h, manter a mostra conxelada. A Metahemoglobina pode ser estabilizada no sangue 48 h mediante a dilución da mostra de sangue 1:20 con Tampón fosfato pH = 6,6. En ouriños, tamén aparecen nitratos e nitritos excretados, e permanecen estables durante 48 h en ouriños conservados. Aplícase a conxelación.

Para realizar a análise correspondente, as mostras (soro e ouriños) serán conxeladas e enviadas por procedementos de urxencia, ou gardadas para ser analizadas ao día seguinte segundo as condicións anteriores de frío.

Para establecer un bo e acertado diagnóstico dunha intoxicación por nitratos é suficiente con descubrir niveis altos de nitrito-nitrato en inxesta ou auga de bebida, correlacionados coa presenza de Metahemoglobina, aumento de nitrito en soro e a observación-descripción dos correspondentes síntomas clínicos.

Ás veces, débese de establecer un diagnóstico diferencial porque pode haber confusión con outras intoxicacións, por exemplo: Clorato sódico, Cianuro, Dióxido e

Monóxido de Carbono. Pero existen probas de laboratorio e de campo cualitativas que detectan nitratos e nitritos en auga e forraxes. Así:

Nitratos:

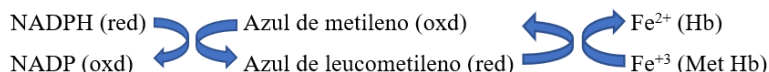
1. Engadir 0,5 g de difenilamina a 20 mL de auga.
2. Engadir ácido sulfúrico en cantidade suficiente ata 100 mL. Refrixerar a solución resultante e conservala en frasco cor topacio.
3. Mesturar a partes iguais da solución conservada e ácido sulfúrico ao 80 %.
4. A comprobación do material sospeitoso realízase deixando caer unha pinga de reactivo sobre a superficie de corte dunha planta.
5. Un cambio de cor de verde a azul é unha reacción positiva que indica un contido de nitrato superior ao 2 %.

Nitritos:

1. Os reactivos precisos son: (a) ácido sulfanílico (0,5 g en 150 mL de ácido acético glacial ao 20 %), e (b) clorhidrato de alfa-naftilamina preparado disolvendo (con calor) 0,2 g do sal en ácido acético glacial ao 20%.
2. Colocar 2 mL de substancia problema nun tubo de ensaio. Despois engadir 2 mL de ácido sulfanílico, a continuación 2 mL de alfa-naftilamina. Unha coloración entre rosa e vermella é unha reacción positiva para nitritos. Aplicando as solucións no mesmo orde sobre a superficie de corte das plantas, a reacción será positiva se aparece unha cor entre rosa e vermella.

6. Tratamento nas intoxicacións por nitratos e nitritos

Preténdese recuperar o ferro da Hemoglobina no seu estado divalente (ferroso). Para iso trátase ao animal por vía endovenosa cunha solución de Azul de metileno ao 2-4 %, e a dose aconsellada é de 4,4 mg/kg peso corporal, actuando segundo o seguinte esquema:



Ás veces é necesario repetir a dose porque pode proseguir a absorción de nitritos desde o rume.

O aceite mineral administrado por sonda gástrica contrarresta a acción cáustica – irritante dos sales de nitratos e acelerarán a súa evacuación, impedindo a absorción.

Ás veces, se o nitrato procede da forraxe, pode ser beneficioso purgar con catárticos salinos (sulfato de magnesio) e controlar a redución bacteriana, do nitrato a nitrito, con antibióticos intrarrumiais, e finalmente, aconséllase administrar de 14 a 20 litros de auga fría para minorar a acción encimática da nitrato-reductasa.

O tratamento preventivo da intoxicación por metahemoglobinizantes como os nitratos-nitritos, consistirá en non permitir o acceso dos animais ás praderías tratadas con estes sales e herbicidas, ata transcorridas varias semanas despois da aplicación e sempre coa condición de que as choivas disolvan estes axentes e favorezan a súa penetración no terreo. Así mesmo, recolleranse todos os restos de malas herbas e destruíranse definitivamente queimándoos.

7. Conclusións

1. O medio natural, nos labores agrícolas-gandeiros, sufriu os excesos de determinados compostos químicos con fins produtivos, e romperon o equilibrio do ciclo do nitróxeno.
2. Consecuencia dese desequilibrio os nitratos e nitritos acumúlanse en auga e plantas.
3. A ingestión de auga e alimentos contaminados por estes sales é causa de intoxicación aguda ou crónica nos animais.
4. Estas intoxicacións deben ser diagnosticadas e tratadas convenientemente no ámbito veterinario.
5. É unha necesidade promover Boas Prácticas Agrarias que recuperen os espazos naturais e preveñan da contaminación ambiental.

AVALIACIÓN

Os contidos e autoaprendizaxe do estudante nesta unidade didáctica avalíaranse a través dunha avaliación continua e un exame final con carácter voluntario para mellorar nota, sempre que se atendese ao 100 % das actividades da materia (incluída a asistencia a clases expositivas teóricas cos controis). No caso contrario, é dicir, faltar a algunha das clases teóricas expositivas, o estudante non será eximido de exame final, e dito exame final obrigatorio, ademais, deberá alcanzar unha puntuación mínima dun 50 % sobre a cualificación total do mesmo, para os efectos de sumar o resto das puntuacións da avaliación continua.

A avaliación continua farase tendo en conta as competencias:

- Controis das clases expositivas, cunha proba obxectiva, valorando a adquisición de coñecementos teóricos parciais (saber) sobre Ecotoxicoloxía. A avaliación será cualificada mediante unha lista de cotexo.
- Traballos e exercicios propostos nas clases prácticas de laboratorio (xa sexan realizados individualmente polos alumnos ou en grupos) baseados no seminario precedente (ANEXO I). Deberán demostrar con probas obxectivas como se traballa tecnicamente (saber facer). Primeiramente, e de acordo con un protocolo (ANEXO II), os estudantes en grupo pequeno (máximo de 3 persoas), despois de atender ás explicacións da profesora, realizarán os cálculos para preparar os reactivos necesarios para realizar a práctica: disolución do patrón de nitrato potásico, e de ácido clorhídrico. A continua-

ción realizarán tres disolucións a concentracións concretas patrón a partir da disolución orixinal de nitrato potásico, e as absorbancias das disolucións serán medidas, fronte a un branco, nun espectrofotómetro con luz ultravioleta a 220 nanómetros. Na mostra problema de auga, debidamente tratada, tamén se medirá a súa absorbancia. Posteriormente, ditas medidas serán tratadas nun computador aplicando o Programa Informático Excel (folla de cálculo) para obter unha recta de calibrado das disolucións patrón; a ecuación resultante desa recta aplicarase a móstraa problema e obterase o resultado definitivo. Finalmente, os estudantes deberán interpretar os resultados obtidos á luz da lexislación vixente (Real Decreto 3/2023, de 10 de xaneiro) e aplicar ao caso clínico do seminario de partida. Todo o traballo de razoamento, de diagnóstico diferencial, de laboratorio e de interpretación con diagnóstico final, será recolleito nunha Memoria-Informe para a súa avaliación. Ademais, como criterios de avaliación, considérase outros índices relativos á actitude (ser/estar) como puntualidade na asistencia, vestimenta, trato cos compañeiros, traballo en equipo, orde e trato das memorias, etc. Esta práctica será avaliada mediante probas obxectivas: a resolución dos exercicios propostos, e unha exposición oral coa interpretación dos resultados obtidos; finalmente, avaliaranse os outros criterios (ser/estar) de acordo cunha táboa de indicadores.

- Haberá tamén seminarios de traballo persoal do estudante, que consistirá na realización dun traballo monográfico sobre a temática da materia. En conxunto, avalíase a participación activa e as achegas do alumno na aula, nas titorías ou nas actividades desenvolvidas a través da aula virtual. O traballo monográfico será avaliado mediante unha táboa de indicadores: contido axeitado, presentación formal escrita e expresión oral.

O exame final realizarase, segundo o calendario de exames da titulación, mediante un cuestionario con 20 preguntas curtas conceptuais esenciais (saber). A avaliación farase mediante unha lista de cotexo das respostas do alumnado.

Táboa 2. Distribución do peso porcentual de cada parte da avaliación e as súas correspondentes probas

CUALIFICACIÓNS	100 %			
	Proba Teórica	Controis Expositivos	Práctica de Laboratorio	Seminarios
AVALIACIÓN CONTINUA (40 %)		10 %	20 %	10 %
EXAME FINAL (60%)	60 %			

Cando o alumno non superase a avaliación continua, nin realizado prácticas, nin exame final, obterá a cualificación de «Non Presentado».

Para os casos de realización fraudulenta de exercicios ou probas será de aplicación o establecido na «Normativa de avaliación do rendemento académico dos estudantes e de revisión das cualificacións».

ANEXOS

Anexo xeral

Recomendacións para ter en conta, polos estudantes, para o estudo da unidade didáctica:

- Asistencia a toda as actividades presenciais programadas para a materia.
- Participación activa, construtiva e respectuosa nas sesións expositivas, prácticas, seminarios e titorías.
- Preparar e complementar os contidos que se vaian traballando na materia coa bibliografía básica e complementaria recomendada.
- Desenvolver hábitos de busca autónoma de información científica.
- Aproveitar os recursos dispoñibles para o alumno da biblioteca universitaria.
- Seguir o ritmo de estudo e traballo que se vaia marcando dunha forma continua.
- Utilizar axeitadamente as titorías para coñecer en detalle as recomendacións do profesorado e aclarar calquera dúbida que xurda no proceso de autoaprendizaxe.
- Consultar con regularidade a aula virtual da materia e facer uso da mesma.

Anexo I

Seminario 1 - Caso:

Descrición dun caso con toma de decisións.

Tema: Caso clínico veterinario con enfoque multidisciplinar-transversal.

Obxectivos pedagóxicos:

- Coñecer a metodoloxía que se debe levar a un caso clínico ata a súa resolución
- Fontes bibliográficas/coñecementos previos
- Discernir entre información relevante e accesoria
- Promover o traballo en grupo con participación activa, expresión de opinións e traballo laboratorial.

Vantaxes: Axuntar coñecementos teóricos con aplicación práctica laboratorial e clínica.

Desenvolvemento:

- 20 alumnos, distribuídos en grupos de 3 (5 grupos)
- Posta en común dos 5 grupos en cada apartado. Haberá discusión, opinións, hipóteses, preguntas, demanda de información adicional

Descrición: datos da explotación

Trátase dunha explotación de vacún, propiedade de "O Ruzo", situada na Terra Cha (Provincia de Lugo) con 25 vacas frisoas de leite. O número de cabezas é elevado considerando a media na Comunidade Autónoma de Galicia (14 cabezas).

Animais:

- * 25 vacas reprodutoras
- * 5 xatos de reposición
- * 1 tenreiro (véndese ao pouco de nacer)
- * Non entrada de animais no último ano

Alimentación e bebida de vacas e xatos:

- * Penso
- * Silo
- * Herba seca, forraxe
- * Na primavera, saída a pasto (diferentes plantas: sorgo, leguminosas, compostas)
- * Existe un pozo situado na explotación, que fornece a auga de bebida
- * Bebedoiro de regato en pastos

Outros xerais datos da explotación:

- * Pozo negro próximo
- * Ademais, na contorna dos pastos danse prácticas de cultivo con abonos
- * Muxo en sala con hixiene adecuada
- * Sala de partos
- * Hixiene xeral das instalacións adecuada
- * Recentemente pintouse o valado da leira, enreixados, portas, ...
- * Nun apartado da granxa hai un despeçamento de vehículos de motor

Datos epidemiolóxicos:

Chámanos o gandeiro porque á hora de sacar os animais ao pasto na primavera observa que todos os animais que saíron ao pasto presentan á hora seguinte:

- ♦ Acción irritante que cursa con salivación, diarrea e dor abdominal, xunto con emisión frecuente de ouriños
- ♦ Presentan, ademais, dispnea, taquicardia, tremores musculares, mucosas cianóticas
- ♦ Un animal morre ás poucas horas observándose, sangue “achocolatada”, cianoses xeneralizada, edema e dexeneración graxa de fígado

Preguntas:

1. Á vista destes datos, que enfermidades pensas que poderían ser a causa do brote?. Indica os “prol” e os “contra” de cada unha.

2. Para confirmar ou descartar as túas sospeitas, sinala as mostras para remitir e as analíticas para solicitar.

- Mostras: augas, forraxes, penso, contido rumen, feces, ouriños, sangue.

- Datos-Resultados:

- Contido de nitratos (auga do regato)	500 mg/L
- Contido de nitratos (soro)	150 µg/L
- Contido de nitritos (soro)	1,5 µg/L
- Rumen	plantas leguminosas
- Feces	negativo Salmonella
- Frotis	negativo (GR-granl. basófil.)
- Metahemoglobina	40 %
- Cultivo de sangue	negativo
- Cultivo de ouriños	negativo
- Encimas: ALAD	negativo

3. Indicación: se non solicitan as probas adecuadas, volver reformulalo desde o principio e iníciase o ciclo. En caso contrario, o punto 4.

4. Unha vez confirmada a intoxicación, que medidas aplicarías nesta explotación para solucionar o problema, por unha banda, mellorar o estado de saúde dos animais enfermos e por outro para evitar a aparición de novos brotes na explotación.

Posta en común sobre a toma de decisións:

- Tratamento terapéutico con azul de metileno
- Tratamento preventivo:

-Non saídas a pasto temporalmente para evitar o consumo de plantas que acheguen nitratos (sorgo, leguminosas, compostas) e dado que a fonte contaminación estaba na auga evitar que cheguen ao río.

Sospeita de intoxicacións por:

- Monóxido de carbono
- Cloratos
- Chumbo
- Nitratos/Nitritos
- Cianuros

Diagnóstico diferencial.

Anexo II

DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE NITRATOS

Fundamento:

A concentración de nitratos habitualmente atopada na auga adoita ser baixa, salvo cando conteñen refugallo agrícolas derivados de actividades como o abonado ou por contaminación urbana (augas negras). A auga de choiva, tamén pode conter nitratos, que se forman por reacción entre o óxido de nitróxeno e o amoníaco da atmosfera. A toxicidade deses compostos está en relación ao seu índice de redución a nitritos. Dita redución pode ser levada a cabo por bacterias, proceso que ten lugar en nenos menores de 4 meses e no rumen dos ruminantes.

O único síntoma provocado polos nitratos *per se* é un efecto diurético de tipo osmótico.

Polo que respecta aos nitritos, poden aparecer nas augas, xa sexa pola oxidación do amoníaco, xa sexa pola redución bacteriana ou non dos nitratos. Das augas que conteñan nitritos débese desconfiar da súa potabilidade pois a súa presenza indica unha polución coa consecuente carga de microorganismos patóxenos.

Nas augas subterráneas pódense atopar nitritos como consecuencia da existencia dun medio redutor. A súa toxicidade débese á súa acción metahemoglobinizante e hipotensiva, presentando ademais efectos carcinogénicos pola posibilidade de reaccionar coas aminas biógenas e producir así nitrosaminas.

Material e instrumental:

- Espectrofotómetro UV/VIS
- Cubeta de cuarzo
- Pipetas de 1 e 2 mL
- Matraces de 25 mL

Método operativo:

Emprégase o método de absorción ultravioleta, que xunto co método de redución por cadmio e o de eléctrodo selectivo de nitratos, constitúen as tres técnicas máis difundidas na actualidade. Elíxese este método por ser inmediata a determinación e por

estar comprendido o rango óptimo de medidas entre os valores medios das augas de consumo público. Neste método o ión cloruro non presenta interferencias.

Trátanse 25 mL de auga a analizar con 0,5 mL de HCl 1N e efectúanse as medidas da absorbancia a 220 nm, correspondente aos nitratos, e a 275 nm, para obter a interferencia debida á materia orgánica (a esta absorbancia o ión nitrato non absorbe).

O valor cero de absorbancia obtense coa auga destilada sometida ao mesmo tratamento (branco).

Cálculo:

Para obter a absorbancia debida á concentración de nitratos presentes na mesma réstase o dobre da lectura da absorbancia a 275 nm da lectura da absorbancia a 220 nm.

Posteriormente, calcúlase a concentración de nitratos mediante a ecuación obtida ao axustar a curva patrón por mínimos cadrados no programa informático excel.

Nota:

Cando a absorbancia medida é superior a 0,998, débense diluír as mostras ata que as súas absorbancias estean comprendidas no rango correspondente á curva de calibrado.

Reactivos:

- Disolución patrón de nitrato potásico. Disolver 0,7218 g de nitrato potásico en 1 L de auga destilada. $[\text{KNO}_3] = 7,14 \times 10^{-3} \text{ M}$.
- Ácido clorhídrico 1 N: 82,78 mL de HCl de densidade 1,19 g/mL e ao 37%, enrasar con auga destilada ata 1 L.
- Auga destilada.

Recta de calibrado:

Nunha serie de matraces prepáranse distintos patróns con concentracións coñecidas de nitrato potásico e mídense os valores da absorbancia a 220 e 275 nm, usando unha cubeta de cuarzo de 10 mm.

Nº	KNO ₃	H ₂ O	HCl	NO ₃ ⁻ (mg/L)	A ₂₂₀	A ₂₇₅	Abs = A ₂₂₀ -2A ₂₇₅
1	1,0	24	0,5	17,36			
2	0,5	24,5	0,5	8,69			
3	0,25	24,75	0,5	4,34			
4	0,15	24,85	0,5	2,60			
5	0,05	24,95	0,5	0,87			
Branco (auga destilada, 25 mL)			0,5	-			
Problema (auga problema, 25 mL)			0,5	-			

Resultados:**BIBLIOGRAFÍA**

Bibliografía básica:

- BUCK WB, OSWEILER GD, VAN GELDER GA. *Toxicología Veterinaria Clínica y Diagnóstica*. Ed. Acribia. Zaragoza, 1981.
- CAPÓ MARTÍ, M. Principios de Ecotoxicología: Diagnóstico, Tratamiento y Gestión del Medio Ambiente. Editorial TÉBAR, S.L., Madrid, 2007. www.editorialtebar.com
- DUFFUS, JH. *Toxicología Ambiental*. Omega. Barcelona, 1983.
- HUMPHREYS DJ. *Veterinary Toxicology*. Ed. Baillière Tindall. 3ª ed. London, 1988.
- JURADO COUTO, R. *Toxicología Veterinaria*. Ed. Salvat 2ª ed. Madrid, 1989.
- MARTÍNEZ GONZÁLEZ MA, SÁNCHEZ VILLEGAS A, TOLEDO ATUCHA E, FAULIN FAJARDO J. *Biostatística amigable*. Elsevier. Madrid, 2020.
- MELGAR RIOL MJ, NÓVOA VALIÑAS MC, GARCÍA FERNÁNDEZ MA, PÉREZ LÓPEZ M. Atención clínica en intoxicaciones de animales, Ed. USC, editora manuais, Santiago de Compostela, 2012.
- MILTON JS. *Estadística para Biología y Ciencias de la Salud*. Mc Graw-Hill, 3ª ed ampliada. Madrid, 2014.

NEWMAN, M.C. Fundamentals of Ecotoxicology: The Science of Pollution. CRC Press-Taylor & Francis Group. 4th Edc. New York, 2015.

RAMADE, F. Précis d'écotoxicologie. Masson. París, 1992.

Bibliografía complementaria:

APHA.AWWA. WPCF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Díaz de Santos. Madrid. 1992.

D'MELLO, JPDF. Introducción a la Toxicología Ambiental. Ed. Acribia. Zaragoza, 2021.

EASO, C AND O'HALLORAN K. Biomarkers in toxicology versus ecological risk assessment. Toxicology, 2002.

HILL M. Nitrates and nitrites in food and water. Ellis Horwood. New York, 1991.

LAGADIC, L et al. Biomarqueurs en écotoxicologie : aspects fondamentaux. Edt Masson. París, 1997.

LAGADIC, L et al. Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. Tec & Doc Lavoisier, D.L. París, 1998.

LÓPEZ BELLIDO, L. La salud del suelo. Ed. Acribia. Zaragoza, 2021.

MELGAR, MJ. Métodos de evaluación ecotoxicológica, en: La gestión ambiental en la administración local de Galicia. Servizo de Publicacións da Deputación Provincial de Lugo. Lugo.2005.

MELGAR RIOL, MJ. Desafío a la Contaminación Medioambiental Hídrica mediante la Ecotoxicología y la Ética. Academia de Farmacia de Galicia. Santiago de Compostela, 2011.

MUNIATEGUI LORENZO, S. Medioambiente y salud: Una visión analítica sobre los contaminantes prioritarios y de interés emergente. Academia de Farmacia de Galicia. Santiago de Compostela, 2013.

PEÑA CASTIÑEIRA, FJ. Y MELGAR RIOL MJ. A Xestión Ambiental nos Concellos Galegos. Curso de verano USC, 2009.

Textos legislativos:

Directiva 2010/63/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2010, DOUE L 276, de 20 de octubre de 2010.

Real Decreto 3/2023 de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. BOE Núm 9, de 11 de enero de 2023.



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA