

# BOTULISMO, EL ÉXITO DE UNA ALERTA TEMPRANA. PREVENCIÓN Y CONTROL DE BROTES

## LIFE CERCETA PARDILLA

Acciones coordinadas para la recuperación de la cerceta pardilla  
(*Marmaronetta angustirostris*) en España



## Autoría:

Concha Raya

## Coordinación y revisión:

Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

## Edita:

El LIFE Cerceta pardilla tiene el objetivo de mejorar el estado de conservación de 3.000 hectáreas de humedales para revertir el riesgo de extinción del pato más amenazado de Europa, en situación crítica en España.

En este proyecto, que coordina la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, participan el propio ministerio, a través de la Dirección General del Agua, la Confederación Hidrográfica del Segura y Tragsatec; la Junta de Andalucía, a través de la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente y la Agencia de Medio Ambiente y Agua; la Generalitat Valenciana; el Gobierno de la Región de Murcia, así como las organizaciones SEO/BirdLife y ANSE. Cuenta con la contribución del Programa LIFE de la Unión Europea.

## Fecha de edición

31/12/2025



## Índice

|      |                                                                            |    |
|------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.   | Generalidades .....                                                        | 5  |
| 1.1. | Etiología.....                                                             | 5  |
| 1.2. | Epidemiología.....                                                         | 5  |
| 1.3. | Sintomatología .....                                                       | 8  |
| 1.4. | Factores que favorecen el riesgo de brotes de botulismo en humedales ..... | 9  |
| 2.   | Prevención y control de brotes de botulismo.....                           | 10 |
| 2.1. | Establecimiento de un sistema de información .....                         | 10 |
| 2.2. | Establecimiento de sistemas y niveles de alerta .....                      | 14 |
| 2.3. | Actuaciones preventivas estructurales o de largo plazo.....                | 17 |
| 3.   | Declaración de brote de botulismo .....                                    | 21 |
| 4.   | Bibliografía.....                                                          | 26 |



## Resumen ejecutivo

El botulismo aviar es una intoxicación paralizante de elevada mortalidad, causada por la ingestión de toxinas producidas por *Clostridium botulinum*, especialmente de los tipos C, D y C/D. Representa la principal causa de muerte masiva en aves acuáticas a nivel mundial, con un impacto crítico en especies amenazadas como la cerceta pardilla, cuyo estatus en España es extremadamente vulnerable.

La bacteria está ampliamente distribuida en los humedales en forma de esporas, donde puede permanecer latente durante décadas hasta que se dan condiciones ambientales propicias: temperaturas elevadas, baja oxigenación, agua somera y estancada, pH alcalino y elevada cantidad de materia orgánica en descomposición. Factores como vertidos, eutrofización, fluctuaciones bruscas del nivel de agua o mortalidad previa de fauna incrementan el riesgo de proliferación bacteriana, siendo el verano y el otoño las épocas en las que ocurren principalmente los brotes.

El síntoma más común en las aves afectadas es la parálisis progresiva, especialmente del cuello que provoca ahogamiento, incapacidad para volar y finalmente fallo respiratorio.

Dado que la bacteria es ubicua y no erradicable, la clave para minimizar el impacto es la prevención basada en vigilancia continua, gestión hídrica y el control de materia orgánica, además de la respuesta temprana y coordinada.

Este documento aporta información sobre prevención y control de brotes de botulismo, así como protocolos de recogida de información en humedales para actuaciones de acción temprana con el fin de evitar mortandades. También se describen niveles de vigilancia o alerta frente a la aparición de intoxicaciones por botulismo para controlar la dimensión de la mortandad y, finalmente, se detallan las fases para establecer un sistema intemporal de vigilancia estructurado en cuatro fases.



## Executive summary

Avian botulism is a paralytic intoxication with high mortality, caused by the ingestion of toxins produced by *Clostridium botulinum*, especially types C, D, and C/D. It is the leading cause of mass mortality in waterbirds worldwide, with a critical impact on threatened species such as the marbled teal, whose status in Spain is extremely vulnerable.

The bacterium is widely distributed in wetlands in the form of spores, where it can remain dormant for decades until favorable environmental conditions arise, such as high temperatures, low oxygenation, shallow and stagnant water, alkaline pH, and high levels of decomposing organic matter. Factors such as discharges, eutrophication, abrupt fluctuations in water levels, or previous wildlife mortality increase the risk of bacterial proliferation, with outbreaks occurring mainly in summer and autumn.

The most common symptom in affected birds is progressive paralysis, especially of the neck, which leads to drowning, inability to fly, and ultimately respiratory failure.

Since the bacterium is ubiquitous and cannot be eradicated, the key to minimizing its impact is prevention based on continuous monitoring, water management, and organic matter control, along with early and coordinated response.

This document provides information on the prevention and control of botulism outbreaks, as well as protocols for collecting information in wetlands for early action to prevent mortality. It also describes levels of surveillance or alertness for the occurrence of botulism poisoning in order to control the extent of mortality and. Finally, the steps for establishing a timeless surveillance system structured in four phases are detailed.



## 1. Generalidades

El botulismo aviar es una intoxicación paralizante y, a menudo, de fatales consecuencias causada por la ingestión de una neurotoxina producida por la bacteria *Clostridium botulinum*. A nivel mundial, esta enfermedad es considerada la principal causa de mortalidad en aves acuáticas debido a la magnitud de las pérdidas, la frecuencia anual de epizootias y el continuo aumento del área geográfica de ocurrencia.

### 1.1. Etiología

*Clostridium botulinum* es una bacteria anaerobia ampliamente distribuida por todo el mundo, a excepción de la Antártida. Es muy resistente al medio desfavorable a través de la formación de endoesporas, una especie de forma concentrada de latencia que permite a la célula resistir largo tiempo en condiciones no favorables. Estas formas de resistencia pueden ser encontradas en los sedimentos de los humedales y en los tejidos de la mayoría de los habitantes del medio acuático (invertebrados, peces y aves) donde puede permanecer décadas antes de revertir a un estado infeccioso. La bacteria *Clostridium botulinum* es inofensiva en estado de spora y la toxina es producida una vez germinan, cuando el organismo está creciendo activamente y multiplicándose, lo que ocurre bajo ciertas condiciones ambientales.

Estas toxinas pueden ser de 7 tipos diferentes, siendo las de los tipos C, D y el mosaico C/D las responsables de la mayoría de los brotes de la enfermedad en aves acuáticas.

### 1.2. Epidemiología

Los brotes de botulismo aviar son difíciles de predecir y prevenir; su epidemiología es muy compleja interviniendo muchos factores diferentes que incluyen condiciones ambientales locales y eventos climáticos, así como las pautas alimenticias de las aves afectadas. A veces, ocurren anualmente en ciertos humedales, pero no así en los adyacentes.

Los brotes suelen aparecer durante los meses de verano y hasta el inicio de la época otoñal, cuando las temperaturas tienden a ser más elevadas y favorecen el crecimiento de *Clostridium botulinum* en las masas de agua.

*Clostridium botulinum* requiere un ambiente carente de oxígeno, así como otras condiciones ambientales adecuadas para la germinación de esporas, replicación celular y producción de toxina:

- Entorno anaeróbico para germinación de las esporas, replicación de las células y producción de toxinas.
- Temperatura óptima de crecimiento, cuando supera la barrera de temperatura media del agua de 20-26° C.
- Potencial redox negativo.



- pH entre 7,5 – 9.
- Aguas someras y estancadas con presencia de cualquier tipo de materia orgánica en descomposición, proceso que consume el oxígeno presente:
  - Sedimentos con alta carga de materia orgánica.
  - Cadáveres de vertebrados.
  - Restos de invertebrados.
  - Vegetación acuática en descomposición.
- La actividad humana puede incrementar el sustrato disponible para la producción de toxina:
  - Las inundaciones de las orillas pueden matar a invertebrados terrestres por ahogamiento, proporcionando sustrato para el crecimiento de la bacteria.
  - Las desecaciones de masas de agua que puede conllevar igualmente la muerte de peces, insectos y crustáceos.
  - El uso de pesticidas en el entorno de las masas de agua.
  - La introducción de químicos a los humedales por actividades agrícolas alterando la vida acuática.
  - Las aguas residuales incorrectamente / no tratadas.

Una vez la bacteria ha comenzado a multiplicarse en el medio y a producir toxina, esta debe alcanzar a las aves acuáticas para que el brote de mortandad realmente ocurra. Salvo en animales muy jóvenes, que no tienen desarrolladas defensas adecuadas, la bacteria no se multiplica en el interior de los animales vivos y todo el impacto tóxico se produce por ingestión de la toxina en cantidad suficiente. Por tanto, los elementos tóxicos deben ser ingeridos por las aves a través de su actividad alimentaria:

- al filtrar los sedimentos del humedal
- al ingerir directamente materia orgánica en descomposición
- al alimentarse de invertebrados infectados, algas y plantas acuáticas

De todas esas vías, las larvas de las moscas necrófagas juegan un papel destacado en los brotes de botulismo como vehículos de transmisión de la toxina botulínica. Las larvas, en el proceso de crecimiento sobre cadáveres o materia en descomposición, acumulan elevadas concentraciones de toxinas siendo las responsables de la expansión del brote a través del **Ciclo cadáver-larva**, característico del botulismo aviar.

### **Ciclo cadáver-larva**

Las aves acuáticas y otros vertebrados e invertebrados ingieren esporas botulínicas mientras se alimentan y las transportan por un período de tiempo en sus tejidos. La similitud de identificaciones de diferentes clones de *Clostridium botulinum* en áreas muy alejadas geográficamente, pero conectadas por procesos migratorios de aves acuáticas, demuestra el



papel relevante de transmisión de estas en el posterior desencadenamiento de la enfermedad, una vez dadas las condiciones favorables para el desarrollo de la bacteria.

Estando presentes las endosporas en cualquier sistema acuático, ante la presencia de un cadáver, el ambiente anaeróbico generado por el consumo de oxígeno de la descomposición orgánica y la rica fuente de proteínas de los cuerpos resultan óptimos para la germinación de las esporas, el crecimiento celular vegetativo y la producción de toxina.

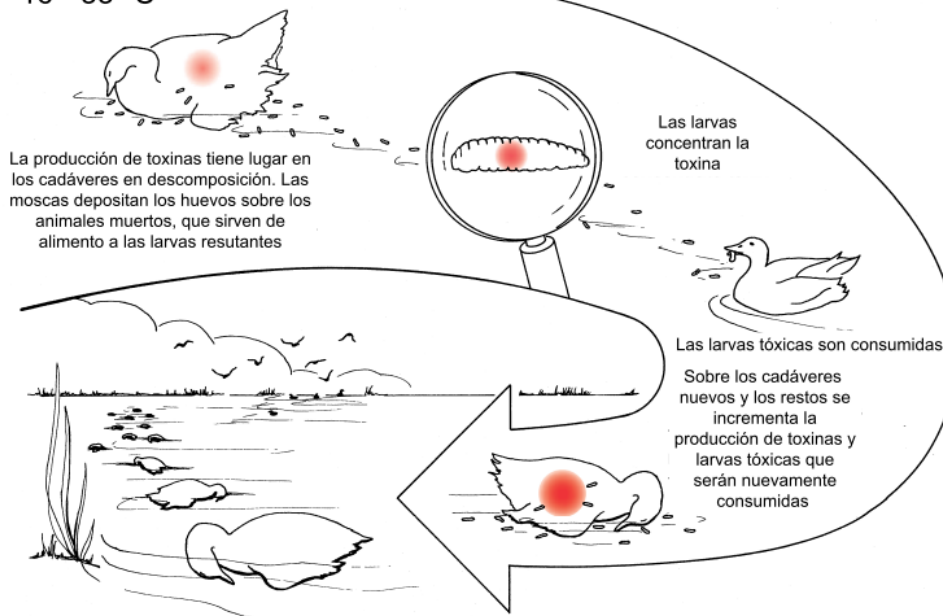
Los cuerpos en descomposición atraen a las moscas necrófagas que se alimentarán de ellos y pondrán huevos de forma masiva. Las larvas resultantes, alimentándose del cadáver infectado de bacterias, pero inmunes a las toxinas producidas por éstas, generan un proceso de concentración intensiva de la toxina. De manera que cualquier ave que ingiera estas larvas será afectada por la toxina y morirá a los pocos días generando un nuevo cadáver / foco de infección donde se desarrollarán nuevas larvas. El ciclo vital de las moscas necrófagas, completándose en 10-14 días, genera en las aves una mortalidad de crecimiento exponencial, solo evitable mediante la sustracción masiva y urgente de los cadáveres del medio natural o una bajada de la temperatura que ralentiza o paraliza el ciclo de los insectos necrófagos.

De esta manera, un solo cadáver puede ser fuente de intoxicación y muerte de varias aves, que, a su vez, proporcionan nuevos cuerpos como sustrato de la proliferación de las larvas de mosca, generando el estallido de un ciclo de crecimiento exponencial y explosivo.



### Ciclo cadáver-larva en botulismo aviar

16 - 33 °C



El ciclo se acelera desencadenando la mortandad

Adaptado de: Avian botulism. Friend, M.; Franson, J. C. (Eds.). Field Manual of Wildlife Diseases: General Field Procedures and Diseases of Birds. pp. 273.

### 1.3. Sintomatología

En general, las aves afectadas muestran signos de debilidad progresiva y una severa parálisis flácida de los músculos esqueléticos. Uno de los síntomas más comunes es la parálisis de los músculos del cuello que les dificulta para mantener la cabeza erguida, y eventualmente mueren por ahogamiento. Normalmente, las aves enfermas pueden ser incapaces de mover las alas o las patas y/o estar limitadas para controlar el tercer párpado. Frecuentemente, la muerte es causada por un fallo respiratorio, por los efectos de la toxina botulínica que paraliza los músculos relacionados con la respiración.

Algunos signos no fisiológicos pueden ayudar a identificar brotes de botulismo. Las agrupaciones de cadáveres coincidentes con niveles de aguas en retroceso generalmente caracterizan al botulismo; típicamente es una enfermedad de la orilla del agua y raramente hay aves enfermas o muertas muy alejadas del borde de la vegetación.

Las aves sanas, enfermas y las muertas recientemente o en varios estados de descomposición, suelen ser encontradas juntas durante un brote de botulismo, pudiendo verse afectados varios órdenes de aves. Sin embargo, en un principio hay una afectación preferente de aquellas aves que



consumen preferentemente larvas de especies necrófagas en superficie del agua o directamente en cadáveres.

En ciertos casos, los primeros cadáveres de aves observados pueden haber sido causados por patologías diferentes a la intoxicación botulínica. En algunos de los últimos episodios graves de botulismo a escala mundial se demuestra la existencia de una primera mortandad de gripe o influenza aviar, factor a tener en cuenta por su elevada prevalencia a nivel mundial. La epidemia botulínica actuaría en estos casos como enfermedad secundaria de una primera acción desencadenante de mortandad.

#### 1.4. Factores que favorecen el riesgo de brotes de botulismo en humedales

Los factores que propician las primeras fases de las intoxicaciones botulínicas son principalmente todos aquellos ya citados que generan las condiciones de anaerobiosis, alta temperatura y elevada concentración de nutrientes, que favorecen la proliferación del *Clostridium botulinum*. Aunque muchos de estos factores son concomitantes a otros procesos de proliferación de microorganismos que generan asimismo deterioro de los humedales.

Básicamente en la aparición de un brote intervienen las temperaturas del agua, típicas de meses estivales y principios de otoño, pero que a causa de los cambios climáticos observados y proyectados a futuro puede extenderse a períodos hasta ahora considerados libres de riesgo.

Asimismo, la elevada cantidad de materia orgánica en el agua, demostrando una tendencia a la eutrofización acelerada de las zonas húmedas por influencia directa de las actividades humanas del entorno. Esto produce un claro desequilibrio de los procesos naturales en el humedal y un empobrecimiento de la comunidad biológica del mismo, provocando ciclos acelerados de producción y descomposición de materia orgánica el bajo nivel de agua en los humedales.

Sin embargo, el riesgo más importante de la enfermedad es su capacidad de afectación masiva por el citado efecto multiplicador, basado en la propagación de la bacteria a través del ciclo cadáver/larva y la retroalimentación del ciclo.

También son factores a tener en cuenta para la atenuación de su impacto los siguientes:

- \* Historial de afectación sobre el humedal, que aseguraría una carga más o menos relevante de endosporas en los sedimentos.
- \* Densidad de aves acuáticas que utilizan el humedal en periodos críticos, de manera que las grandes concentraciones de avifauna actuarían como “combustible” en el paralelismo del botulismo explosivo y de un incendio.
- \* Porcentaje elevado de individuos en tránsito en rutas migratorias, conectando zonas con historial de botulismo.



- \* Presencia de ganado doméstico en el humedal, aumentando la presencia de insectos y la posibilidad de cadáveres.
- \* Altas tasas de depredación, sobre todo en entornos humanizados con la presencia de predadores domésticos que no consumen sus presas.
- \* Aporte al humedal de aguas residuales con tratamiento no adecuado, puntual o permanentemente, añadiendo materia orgánica y compuestos químicos deletéreos en potencia.
- \* Inexistencia de una supervisión adecuada del humedal, tanto en el dominio público como en el privado.

## 2. Prevención y control de brotes de botulismo

*Clostridium botulinum* es una bacteria ubicua que se encuentra en el ambiente, especialmente en los sedimentos de los humedales y en el tracto digestivo y tejidos de su fauna asociada, por lo que eliminarla resulta imposible. No podemos por tanto erradicar la enfermedad, pero sí actuar en la gestión preventiva, de manera que podamos atajar las mortandades en sus fases más tempranas de letalidad.

Dada la complejidad de su epidemiología, la predicción avanzada de su aparición resulta compleja, al intervenir en ella múltiples factores físico-químicos y biológicos. En nuestro entorno, sin embargo, la prevención en la extensión masiva del impacto de la enfermedad presenta ejemplos esperanzadores que es necesario valorar.

Con el fin reducir las pérdidas de aves acuáticas y la afectación de especies en peligro real de extinción, se proponen una serie de actuaciones preventivas y de control de los brotes de botulismo aviar en humedales. Cada una de las administraciones competentes debería valorar las acciones pertinentes y priorizarlas, para la dotación de recursos y su puesta en marcha de manera anticipada a la aparición de las condiciones críticas.

Un plan de prevención y control del botulismo en humedales se estructura en los apartados que se detallan a continuación.

### 2.1. Establecimiento de un sistema de información

#### 2.1.1.- Inventario de humedales

Es necesario caracterizar los humedales concernidos, aprovechando en lo posible los sistemas ya existentes, con una descripción de, al menos, los parámetros significativos para botulismo:

- Antecedentes de brotes de botulismo, fechas e impacto de mortalidad. Definición exhaustiva del entorno ambiental en los episodios de mortandad.



- Estado de conservación: oligotrófico, mesotrófico, eutrófico o hipereutrófico.
- Humedales que reciben efluentes de estaciones depuradoras de aguas residuales o entorno humanizado con aporte de productos químicos de síntesis.
- Pastoreo de ganado.
- Fluctuación de los niveles de la lámina de agua.
- Capacidad de gestión de las masas de agua:
  - Se puede desecar.
  - Hay recursos hídricos para poder introducir agua y favorecer su oxigenación.
- Si es hábitat de especies amenazadas, con presencia esporádica o permanente.

Además, se pueden añadir todas las actuaciones programadas a que el humedal estuviera sometido de rutina, tales como vigilancia, analítica biológica y fisicoquímica de aguas, censos de avifauna, proyectos de investigación, gestión del territorio, etc.

### **2.1.2.- Recogida de información en proceso continuado. Protocolos**

Se trataría de mantener de forma continuada un sistema de información sobre los humedales que permita la gestión razonada de los mismos. El objetivo principal sería tratar de asociar la información significativa asociada a los casos explosivos de botulismo que pueda permitir la acción temprana en evitación de mortandades.

La objetividad en la recogida de datos, persiguiendo la calidad y por tanto su interpretabilidad y utilidad, debería estar garantizada por:

- Establecimiento de protocolos que permitan limitar al máximo la subjetividad en el proceso de registro de información.
- Formación común a todos los encargados del inventario de información.
- Mantenimiento del sistema al menos durante cinco años, decidiendo entonces los sistemas a implementar de forma permanente.

Se establecen al menos los siguientes protocolos de recogida de información en humedales:

### **PV - PROTOCOLO VISITAS**

Personal administrativo especializado (guardería/técnicos/vigilantes) realiza la revisión del humedal con óptica de alcance, al menos en tres ubicaciones, cubriendo la máxima superficie posible de agua libre y de orilla. El objetivo es determinar:

- Presencia / ausencia de cadáveres y anomalías.
- Registro de temperatura ambiente y humedad.
- Presencia especies en catálogo de amenaza.



## PC - PROTOCOLO CENSOS

Personal administrativo especializado (guardería/técnicos/vigilantes) realiza el censo exhaustivo de aves consignando la totalidad de individuos, preferiblemente por especies, o totalizados al menos en los siguientes grupos:

- Especie, para las declaradas en el catálogo de amenaza.
- Anátidas totales (incluidas amenazadas).
- Rállidos (incluidas amenazadas).
- Gaviotas, ardeidas y cormoranes.
- Limícolas.
- Flamencos y cigüeñas.
- Otras categorías.

Asociada o no al Protocolo de Visita, si no lo está lo ideal sería alternarlas.

## PMA - PROTOCOLO MUESTREO AGUA

Personal administrativo especializado (guardería/técnicos/vigilantes) toma muestras de agua de acuerdo con el protocolo propuesto por el laboratorio, preferentemente duplicadas en al menos dos localizaciones por humedal. Si es posible, se realizan determinaciones directas en el humedal mediante analizadores portátiles, al objeto de reducir el tiempo de espera, normalizar los resultados y reducir el coste. Es deseable determinar al menos los siguientes parámetros:

- Temperatura del agua.
- Turbidez.
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).
- pH.
- Conductividad.

## PMB - PROTOCOLO MUESTREO BIOLÓGICO

Personal administrativo especializado (guardería/técnicos/vigilantes) toma muestras de sedimento o cadáveres de acuerdo con el protocolo propuesto por el laboratorio, preferentemente duplicadas, al objeto de detectar la presencia y concentración de endosporas o bacterias libres de *Clostridium botulinum*, así como presencia macroscópica de larvas de mosca. Es imprescindible el uso de equipos de protección individual.

## PR - PROTOCOLO RETIRADA CADÁVERES / ENFERMOS

Personal administrativo especializado (guardería/técnicos/vigilantes) o personal eventual contratado e incluso voluntarios, ambos bajo dirección de los primeros, recogen cadáveres para



su traslado a CRAS y/o su eliminación como residuos peligrosos (SANDACH 1). Salvo especies incluidas en el catálogo de amenazas, que se vehiculan para su manipulación según los protocolos vigentes, los trabajos están orientados a recoger el máximo de información posible sobre las mismas y la toma de muestras. Imprescindible el uso de EPIs.

Sobre cada individuo se deben hacer al menos las siguientes determinaciones:

- Marcaje individual si existe. Tipo y numeración.
- Marcador para teleseguimiento, que debe ser retirado.
- Especie.
- Sexo y edad si posible.
- Presencia de larvas de insectos.

En el caso de animales enfermos se consigna, además de estos parámetros, una evaluación somera del estado de intoxicación, según las siguientes categorías:

- Leve: movimiento de huida.
- Moderada: inicio de parálisis con reflejos.
- Grave: parálisis flácida sin reflejos.

Los animales enfermos son derivados a emplazamientos de cuidados específicos, al objeto de suministrarles suero alimentario y a ser posible antitoxina, centros a ser posible establecidos en las mismas cercanías del humedal de forma provisional. Todo ello con el objeto de reducir los tiempos de inicio de tratamiento y reducir las condiciones de estrés de los animales.

### **2.1.3.- Puesta en común y análisis de la información**

Esta actuación pretende fomentar la colaboración y coordinación entre todos los agentes implicados: administración gestora del humedal, profesionales de campo, administración competente en prevención, científicos, personal eventual y finalmente también, en cierta medida, los medios de información.

El establecimiento de una red de uso compartido de información puede contribuir al incremento de la eficiencia en la prevención. Es decir, contribuye a mejorar resultados en el esfuerzo sobre la eficacia de las determinaciones causa / efecto, en la carrera para acortar los tiempos de intervención y en optimizar los medios disponibles evitando acciones redundantes.

El objetivo final sería establecer una red tan amplia como sea posible que aúne los esfuerzos de diferentes administraciones, tanto en el ámbito territorial como en el operacional. Las acciones sanitarias preventivas cada vez aceptan más el concepto de una única salud (individuos silvestres y domésticos, pero también especies animales y personas) y la amenaza enquistada de la influenza o gripe aviar con sus diferentes variantes mantienen este hecho siempre de actualidad.



## 2.2. Establecimiento de sistemas y niveles de alerta

El proceso de vigilancia continuada descrita en el apartado anterior tendría como objetivo, en el ámbito de competencia de la unidad administrativa responsable de cada humedal, el establecimiento de unos niveles de vigilancia / alerta frente a la aparición de intoxicaciones por botulismo para controlar la dimensión de la mortandad sobrevenida. Los objetivos específicos serían:

- Aumentar el conocimiento de las condiciones ambientales, físico-químicas y biológicas del agua, y de la comunidad biológica del humedal y su relación con el desencadenamiento de la proliferación de la bacteria y su toxina.
- La puesta en marcha de las medidas administrativas necesarias para hacer frente a las exigencias de cada uno de los estados de alerta.
- La detección temprana de la presencia de la enfermedad en aves acuáticas u otros vertebrados o invertebrados del humedal que activarían los protocolos más exigentes del proceso preventivo orientados a reducir la mortandad.
- El aumento del conocimiento sobre el botulismo y la mejora progresiva de los protocolos de prevención y control.
- La posibilidad de la revisión protocolizada de la campaña de acción y la relevancia del conocimiento social de las acciones preventivas.
- Las acciones especiales sobre las especies amenazadas.

Se consideran inicialmente cuatro niveles diferenciados de alerta, con un subnivel para los humedales con aguas vertidas desde una estación depuradora de aguas residuales (EDAR). Cada uno de los niveles va ascendiendo en la exigencia de las acciones a tomar e incluyen en todos los casos los niveles de acción inferiores, a los que el humedal no revertiría hasta no verse eliminadas las condiciones que lo hicieron subir de nivel de alarma.

Una vez que los sistemas se pongan en funcionamiento, se puede modificar y complementar la matriz de toma de decisiones para que sea más precisa y eficaz, implementando posibles variaciones locales extraídas de la experiencia controlada.

Los elementos fundamentales que implementar en la matriz de toma de decisiones serían:

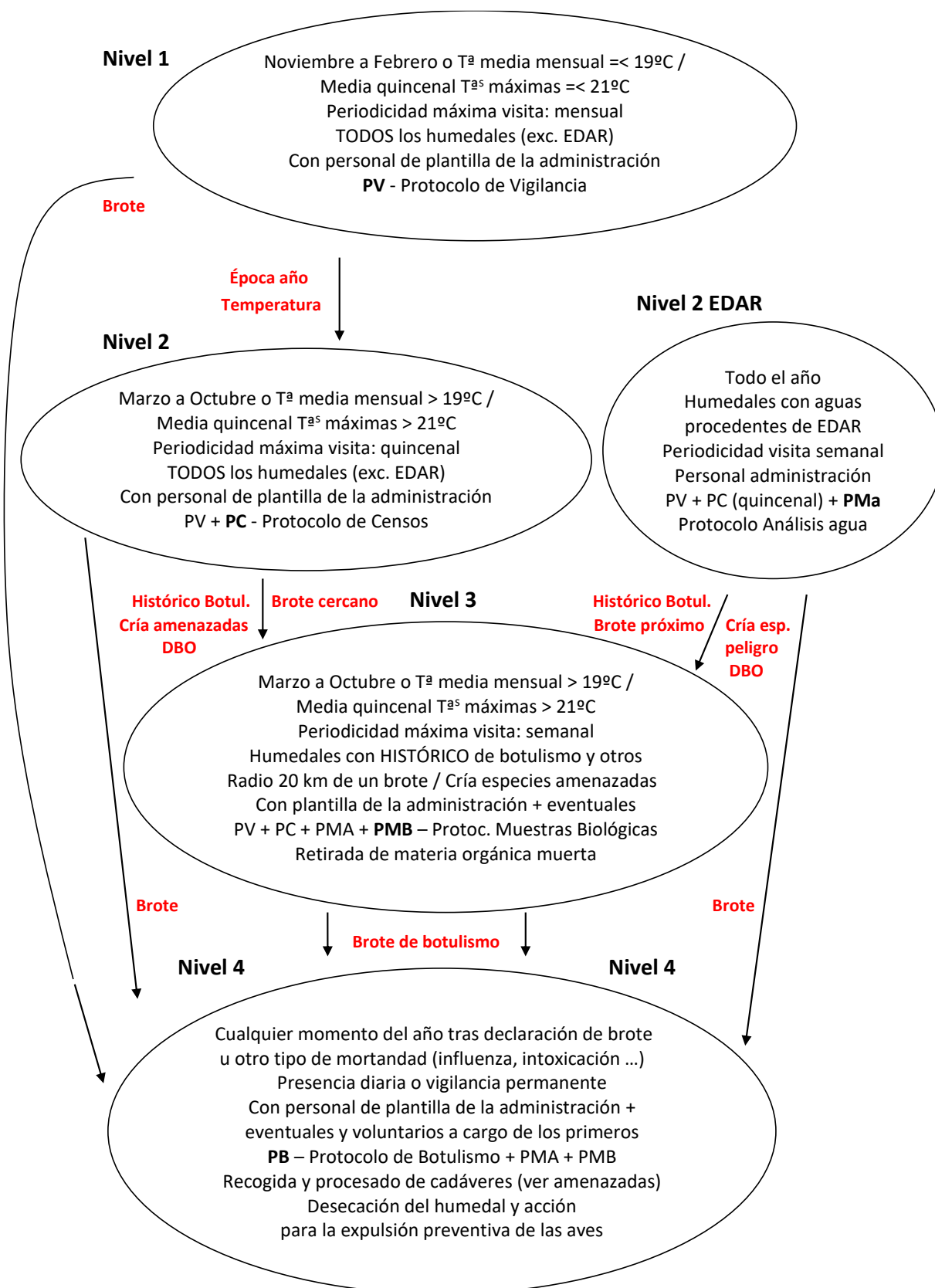
- Época del año, inicialmente referida a dos etapas, de noviembre a marzo y de abril a octubre.
- Se determinan dos temperaturas de alerta, la media mensual en 19 °C y la media de las máximas en los últimos 15 días en 21 °C. Cuando ambas están por debajo del punto de corte nos encontramos en época de riesgo bajo. Por el contrario, cuando al menos una de ellas supera la temperatura de corte, se iniciaría una época de riesgo.
- Nivel de agua, referenciado a las medias mensuales del histórico.



- Temperatura del agua.
- Presencia / nidificación de especies incluidas en los catálogos oficiales de especies amenazadas.
- Histórico de mortandades por botulismo y fecha de inicio de los brotes.
- Aguas procedentes de Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR).
- Censo de aves acuáticas en el humedal y presencia de aves migratorias.
- Analítica de agua (DBO).
- Presencia de cadáveres de animales silvestres o domésticos.

Se muestra a continuación una presentación esquemática de las actuaciones a realizar en los diferentes niveles de alerta y de los procesos desencadenantes del cambio de nivel. Se hace necesario ajustar con la experiencia local los niveles de actuación y, sobre todo, la toma de decisiones, pero se recomienda el mantenimiento de una estructura de funcionamiento lo más homogénea posible durante los primeros años, para poder extraer conclusiones que se puedan generalizar.





La asociación de los datos obtenidos con modelos de previsión climática puede ser de gran utilidad a la hora de determinar modelos preventivos eficaces. Para los períodos de estrés hídrico importante, con la desaparición de humedales alternativos, la concentración de grandes cantidades de aves en muy poco espacio es un elemento a tener en cuenta, siempre que se disponga de los datos de censos adecuados. El manejo “artificializado” de determinados espacios naturales es una realidad que hay que tener siempre en consideración.

Como otros muchos ejemplos donde el manejo preventivo exitoso se traduce en la ausencia de problemas, la elaboración de un sistema eficaz de alertas puede desembocar en la falta de visibilidad de los resultados positivos de la acción. Por ello, y aunque no se incluye en el esquema de funcionamiento, se propondría la existencia de una **fase o nivel 5** de valoración de resultados y divulgación de la acción preventiva.

Es necesario presentar a la sociedad que la noticia no es la catástrofe o la mortandad, sino precisamente la ausencia o minoración extrema de la misma. Quizá la cuantificación económica de las contingencias negativas (mortandades, afectación a especies en peligro, contaminación futura de humedales, ...) pueda presentar y divulgar la acción preventiva como un trabajo rentable desde el punto de vista económico. Ya que es evidente, aunque, paradójicamente, desconocido, que es enormemente rentable desde el punto de vista social y ambiental.

### 2.3. Actuaciones preventivas estructurales o de largo plazo

Recogemos aquí todas las actuaciones de cierta envergadura, destinadas a paliar o minimizar los efectos que inducen las mortandades cíclicas, que intervienen, bien atajando las condiciones estructurales que hacen de los humedales un potencial problema de botulismo, o bien proponiendo soluciones a medio y largo plazo que permitan acciones correctivas en momentos de crisis. Muchas de estas acciones necesitarían complementarse para una acción eficaz.

#### A. Gestión de los niveles de agua. Aportes suplementarios / vaciado

Los ciclos estacionales de los humedales mediterráneos se ven deteriorados como consecuencia de la acción humana sobre el entorno y el cambio climático. La intervención humana para tratar de gestionar los ciclos de llenado / mantenimiento / vaciado, de al menos algunos humedales, en determinadas regiones, es insoslayable para una gestión adecuada de las comunidades naturales sostenidas en ellos.

Se trataría simplemente de intentar compensar aquellas acciones negativas que se causan de manera directa o indirecta, voluntaria o involuntaria, a las zonas húmedas, como son el secuestro de agua, colmatación, vertidos de nutrientes y productos químicos, desecación, basuras, etc.

En un primer lugar, habría que recuperar sistemas naturales de captación de agua, impactados por la acción humana en la planificación del territorio sin tener en cuenta la conservación de estos, devolviendo al humedal parte de sus fuentes de suministro originales.



Pero, sobre todo, se trataría de planificar un sistema de abastecimiento artificial de agua para determinados humedales a través, bien de un proceso de estocaje específico en superficie o en subsuelo (pozos reservados), bien a través del uso del dominio público o privado de riego o de otros sistemas de abastecimiento.

El objetivo sería mantener los niveles de agua demandados desde la gestión del humedal para, al menos, completar de forma exitosa el período de cría sin la aparición de las condiciones de desarrollo de las intoxicaciones por botulismo. La competencia por el uso del agua, sobre todo en los años secos con mucha demanda doméstica, agrícola e industrial, hace imprescindible el blindaje de las cantidades de agua que se estimen necesarias para la conservación.

La variación brusca de los niveles de agua del humedal es frecuentemente señalada como uno de los elementos desencadenantes de la mortalidad masiva de la fauna de invertebrados acuáticos o terrestres. Estos cadáveres son utilizados por la bacteria como sustrato de proliferación en las condiciones ambientales adecuadas.

De la misma manera, hay que realizar actuaciones de drenaje, que permitan desecar determinados humedales de manera inmediata cuando las decisiones de gestión así lo requieran. Esta acción es imprescindible en humedales con mortandades históricas.

Con carácter general, estas actuaciones de “infraestructura” serían prioritarias en aquellos humedales con un histórico más relevante de afección a la avifauna, y potencialmente también en aquellas áreas significadas por albergar poblaciones de especies en peligro.

## **B. Control de la materia orgánica**

Muchos de los procesos negativos para la conservación que suceden en los humedales están en origen determinados por el nivel de eutrofización de estos. La presencia de materia orgánica permite una elevada producción primaria en época de temperatura y luminosidad creciente. Al iniciarse el proceso de restricción hídrica del humedal, una buena parte de la masa biológica producida comienza a morir y descomponerse, elevando el consumo de oxígeno disuelto en el agua y modificando drásticamente las condiciones del medio.

En referencia al botulismo, que precisa de condiciones anaeróbicas para su desarrollo, esta pérdida de oxígeno disuelto en el medio genera las condiciones adecuadas para su desarrollo explosivo, asociada a la producción de toxinas.

Es por tanto necesario intervenir a medio y largo plazo en el control de la materia orgánica del agua del humedal. Hay que intervenir reduciendo el uso de fertilizantes en el entorno del humedal, que se incorporan al mismo con la escorrentía.

Asimismo, hay que evitar siempre que sea posible la entrada intencionada en el humedal de agua con una alta carga de materia orgánica procedente de EDAR o de sistemas de riego. En caso de que



sea la fuente necesaria de suministro, es importante demandar a la EDAR un proceso más sofisticado (y por ello evidentemente más caro) de captura de la materia orgánica en el agua de salida. Lo mismo que un sistema de desvío en el caso de averías o entrada de agua por encima de los límites de procesado.

De la misma manera hay que implementar procesos de control mediante retirada fuera del vaso de agua de la materia orgánica muerta de todo tipo que pueda incrementar las condiciones de anoxia. Hay que controlar la vegetación riparia, así como la emergente, mediante podas estacionales que minoren la sobrecarga orgánica del sedimento del humedal.

También es necesario el control de las mortandades masivas de biota en el caso de plantas sumergidas, algas y cianofíceas, invertebrados e incluso peces. En todos estos casos los organismos muertos deben ser retirados del humedal en la mayor cantidad y premura posible.

Un aspecto relevante es la reducción de la carga biológica del humedal en lo referente al pastoreo doméstico. Salvo como factor potencial de eliminación de la vegetación emergente o riparia en épocas que el humedal se encuentra seco, la carga de materia orgánica a través de deyecciones y la posible aparición de cadáveres de reses debe ser evitada en todos los casos.

### **C. Gestión de sedimentos**

Asociada a la anterior, este apartado debe analizarse con prudencia, ya que en el fondo del vaso del humedal se encuentran formas de resistencia y propagación de comunidades vegetales y animales, trascendentales en la renovación del humedal tras un periodo seco.

Sin embargo, el acúmulo de materia orgánica en el sedimento genera en muchos casos una bomba de relojería en el fondo del humedal. Sobre todo, en el caso del fósforo, cuya ausencia o limitación permite el crecimiento bajo control de la comunidad fotosintética del humedal y que, sin embargo, es un problema creciente a pesar de las normativas de control de vertido implementadas en los últimos años tras un período sin control.

La movilización de la materia orgánica de los sedimentos tras la inundación es negativa para la conservación del humedal. Por ello se hace imprescindible iniciar experiencias de trabajo en retirada de sedimentos, para analizar si el balance entre las acciones que tienen un resultado positivo y las alteraciones negativas del medio permite al compensar ambas y asumir el riesgo.

Se han realizado en ocasiones procesos de profundización del humedal, reponiendo la capa superior del sedimento. Quizá pudiera estudiarse ahora la implantación para estas acciones, o para la remoción sin más de sedimentos, la aplicación de un nuevo fondo “artificial” con el aporte de semillas y elementos de resistencia obtenidos mediante cultivo externo.



#### **D. Accesibilidad de la laguna**

Habiéndose evidenciado la necesidad de acceder al vaso del humedal para realizar diferentes acciones (vigilancia y muestreo, censo, poda controlada, extracción de materia orgánica, etc.) se hace imprescindible el mantenimiento pautado de las vías de acceso al humedal para la realización de todas estas funciones. El mantenimiento de los accesos al humedal para las tareas determinadas debe realizarse preferentemente en épocas en que no se generen molestias a la avifauna.

Es imprescindible asimismo instaurar las medidas de control de entrada necesarias para evitar un uso indebido de estos accesos por parte de personas no directamente interesadas.

#### **E. Reducción mortalidad y de usos contraproducentes**

Dada la importancia del ciclo cadáver-larva en las epidemias de botulismo, cualquier aspecto destinado a evitar la mortalidad accidental es pertinente, más cuando esa mortalidad evitable puede incidir directamente sobre individuos de especies protegidas.

De esta manera, habría que revisar la corrección de tendidos eléctricos en el entorno del humedal, así como la actividad cinegética sobre el entorno, que podrían proporcionar animales heridos o cadáveres.

Pero el hecho más relevante es la depredación causada por especies domésticas como gatos o perros, no asilvestrados sino procedentes de hábitats urbanos o rurales, o asociadas a la habitación humana como las ratas. También es imprescindible actuar en la erradicación de ejemplares asilvestrados (sobre todo gatos) y especies introducidas liberadas voluntariamente o no en el humedal.

#### **F. Reducción de censos y humedales alternativos**

La reducción de humedales disponibles en período seco hace que la avifauna se concentre en ocasiones en unos pocos humedales, concentración de población poco aconsejable, por un lado, porque incrementa las condiciones de deterioro del humedal en cuanto a materia orgánica y utilización de recursos disponibles. Pero, por otro, porque al estar concentrada, la avifauna es mucho más susceptible ante el posible estallido de una intoxicación por toxina botulínica.

Aunque pueda ser criticable, es preciso priorizar las especies de la avifauna de mayor valor en el ámbito de la conservación, por lo que sería necesario ofertar humedales alternativos para ser potencialmente ocupados por las especies de mayor censo en épocas de cuello de botella de disponibilidad de hábitat.

Estos humedales alternativos, en gran medida artificializados, pueden formar parte de un sistema interconectado que permita la gestión del agua en las épocas críticas. Lo ideal sería contar con una



tríada de localizaciones de las que una actuaría principalmente como reservorio de agua de calidad controlada. El humedal intermedio se encontraría en las condiciones lo más originales que se pueda y sería en todo caso el humedal primitivo. Por debajo de éste en el sentido de la posible evacuación de las aguas ante una crisis de mortandad o contaminación, habría una tercera cubeta de recepción de agua problemática donde se pudieran realizar algunos tratamientos o manejo específico sin especial afección a la fauna, disponiendo de capacidad de recuperación de éste agua antes de ser reincorporada al sistema lagunar o vertida al medio natural.

La necesaria gestión de los censos en las poblaciones de animales silvestres es un hecho innegable cuando la disponibilidad de los recursos es limitada y las interacciones entre ellas pueden poner en peligro especies ya amenazadas por otras causas.

### 3. Declaración de brote de botulismo

Sería aconsejable establecer un calendario de acciones normalizado ante la aparición comprobada de un brote de botulismo, con el objetivo claro de reducir su impacto sobre la avifauna. Se recalca la idea del continuo de enfermedad, que obliga a mantener un sistema intemporal de vigilancia estructurado en fases, según se expresa a continuación:

- ❖ Basándonos en los sistemas de alerta establecidos con anterioridad, extenderíamos una **FASE CERO** o situación de **NORMALIDAD**, a todos aquellos períodos en que los sistemas de alerta se mantienen en niveles entre el 1 y el 3, con vigilancia activa.
- ❖ Se describe una **FASE UNO** o de **PREALERTA**, en la que se activan las sospechas de una posible aparición del brote, correspondiendo al final del periodo de nivel de alerta 3 y su transición posible al nivel 4.

Existen varias maneras de determinar la intoxicación por toxina botulínica de manera certera. En un primer lugar estaría la determinación de la toxina en cantidad suficiente, en larvas de insectos recogidos sobre cadáveres de cualquier tipo en el proceso de vigilancia y no imputables necesariamente a botulismo (predación, otras enfermedades, accidentes, etc.)

Todo tipo de cadáveres deben ser chequeados y retirados, desde los de mayor tamaño pasando por peces e invertebrados fuera de parámetros habituales o si se contempla cualquier concomitancia con los factores ambientales de riesgo. Las muestras recogidas en campo deben enviarse al laboratorio para su análisis para la detección de la toxina, aunque hay que valorar el esfuerzo en este proceso por si fuera más interesante destinar los recursos a intensificar la vigilancia y sobremanera la retirada de cadáveres en épocas de riesgo.

Como elemento nuclear de la detección temprana estarían las primeras sospechas recogidas por el sistema de vigilancia que detecta animales con síntomas de sufrir la intoxicación:



reducción de la movilidad comenzando por las patas, impedimento para el vuelo (baten las alas en el agua), imposibilidad de huida e incapacidad de mantenimiento erguido del cuello.

El diagnóstico diferencial con otras posibles infecciones como la causada por *Salmonella spp.*, Newcastle o *Pasteurellaspp.*, o por intoxicaciones por toxina de cianobacterias, es necesario en todo caso. La época de riesgo para la intoxicación botulínica coincide en muchos casos con la muda de muchas anátidas, momento de limitación al vuelo, pero donde la capacidad de estas para marchar, nadar e incluso bucear permite un diagnóstico diferencial relativamente sencillo con las aves potencialmente intoxicadas por botulismo.

Sobre los animales enfermos recogidos, o los recientemente fallecidos, se extraerá suero para su inyección en animales de laboratorio, confrontada con una población de control tratada con suero antitoxina, poniendo de manifiesto la posible letalidad de la concentración de la toxina.

La explosividad de la intoxicación queda reflejada en el hecho de que un solo cadáver es capaz de nutrir cientos de larvas que acumulan toxina. Con la ingesta de entre dos y cuatro de estas larvas se produciría la intoxicación letal de una anátida media, lo que da una idea del enorme riesgo que supone soslayar la presencia de cadáveres de cualquier tipo en el campo. Por ello, desde la primera evidencia recogida de toxina en larvas o sospecha de esta se activaría el proceso para una vigilancia diaria intensiva, teniendo en cuenta que los datos proceden de un nivel de alerta con visitas semanales (nivel de alerta 3), que ofrecerían un desfase medio de tres días, que pueden ser seis en el peor de los casos. Además, el período de envío al laboratorio y tiempo de espera de resultados jugaría en contra de la acción temprana en caso de que la circulación de la toxina en campo se demuestre.

Normalmente la intensificación de la vigilancia verificará la posible circulación de la toxina en aves, pero en todo caso sería aconsejable declarar el brote con la primera evidencia disponible.

A lo anterior seguirían una **FASE DOS**, **FASE TRES** y **FASE CUATRO**, que corresponderían al tiempo transcurrido desde la **DECLARACIÓN** del brote y hasta la comunicación de su **EXTINCIÓN**. Durante estas fases el nivel de alerta sería de grado 4, dividido en las siguientes acciones:

#### ❖ **FASE DOS – COMUNICACIÓN Y COORDINACIÓN**

Se realiza la declaración oficial del brote por la autoridad competente en el humedal afectado y se declara el perímetro de interés.

Se comunica a todas las administraciones implicadas las medidas a tomar, así como a otros posibles actores y se establecen las pautas de coordinación de actuaciones. Se comunica al grupo de trabajo sobre botulismo y se establece el comité de seguimiento del brote. En el caso



de irrupción brusca con elevada mortalidad se solicita la declaración de “emergencia sanitaria”.

La intoxicación no tiene el estatus de enfermedad de declaración obligatoria, dada la capacidad de los individuos de combatir la bacteria en su organismo. La intoxicación necesita del vector / amplificador que son las larvas de insectos multiplicándose sobre los cadáveres, por lo que suele circunscribir su impacto al humedal afectado.

Al ser la toxina que afecta a aves producida por un diferente serotipo que la que afecta a humanos u otras especies, no es una zoonosis y no existe relación de afectación mutua humanos / aves.

### ❖ FASE TRES – RETIRADA Y ELIMINACIÓN DE CADÁVERES

Dado que la dilación temporal en las actuaciones puede generar un diferencial de muertes significativo, es importante reforzar los siguientes aspectos:

- Previsión de la dotación económica y esfuerzo de personal necesario en función de la potencial intensidad de la mortandad. La capacidad de acción inmediata puede ahorrar buena parte de los recursos. El dispositivo de emergencia para esta fase debería extenderse desde dos semanas antes de la fecha de los primeros brotes consignados hasta un par de semanas después de los datos de finalización consignados.
- Disponibilidad de medios materiales para el acceso al humedal y la recogida de cadáveres, tanto en orillas como en la lámina de agua. Posibilidad de contar con equipo de acceso *in situ* a los planos inundados (cajones o barcas de fondo plano, kayaks, tablas deslizantes, etc.), ya que el traslado de embarcaciones mayores supone un retraso en la acción, no justificable en las primeras etapas de mortandad. Aunque normalmente los cadáveres causados por la intoxicación se encuentran en las orillas, los animales enfermos tienden a refugiarse preferentemente en islas en medio del humedal.
- Es necesario el uso de equipos de protección individual, así como la formación necesaria para su correcto uso, teniendo en cuenta que las acciones se prevén en épocas de fuertes temperaturas. No están referenciadas infecciones cruzadas ni intoxicaciones a personas por toxina C/D, pero es posible la existencia de otros agentes tóxicos / infecciosos en el humedal en ese período.
- Esfuerzo intensivo y metódico para la retirada de todos los cadáveres, así como de los animales enfermos. Si el esfuerzo de retirada lo permite, consignar la localización de cadáveres y enfermos mediante posicionamiento o caracterización del emplazamiento, al objeto de priorizar o intensificar las búsquedas en futuras actuaciones.
- Aislamiento de los cadáveres retirados mediante sacos o contenedores de plástico para evitar la liberación de larvas contaminadas. Traslado a un centro oficial de recuperación de fauna para confirmar la causa de mortalidad y/o, en su caso y tras indicación de la autoridad competente, destrucción de los cadáveres en centro de tratamiento de residuos.



El enterramiento debería ser descartado pues puede generar atracción de carroñeros y reinicio del ciclo de intoxicación.

- Para las anátidas en su conjunto, la posibilidad de recuperación de la intoxicación es relativamente elevada en condiciones de agua limpia, sombra, alimentación líquida y en el mejor de los casos, suministro de antitoxina. Otros grupos de aves acuáticas se ven, sin embargo, mucho más afectados en el proceso de intoxicación. Las especies en peligro deben ser priorizadas, así como los animales con menor afectación y mejor estado corporal.
- La posibilidad de recuperación en anátidas tras el suministro de antitoxina está alrededor del 90% en los casos moderados y entre el 55% y 70% en los casos severos. La cantidad de antitoxina a administrar está alrededor de 0,5 cm<sup>3</sup>, y duplicar esta dosis no mejora de forma clara la supervivencia. Una dosis de 1 cm<sup>3</sup> debería reservarse a casos especiales.
- Hay que poner el máximo cuidado en no reproducir el brote en el centro de recuperación, pues algunos de los animales trasladados presuntamente morirán. Estudiar la posibilidad de mantener los animales intoxicados en un centro de campaña situado en las inmediaciones del humedal del brote no es descartable. Para los animales en recuperación, la posibilidad de ejercitar el vuelo en jaulones sin molestias sería aconsejable.
- Es necesario contemplar actuaciones sobre el humedal y la continuidad de la presencia de avifauna en el mismo. En condiciones de control de la intoxicación y por necesidades de no interferir con el proceso de cría o no existir humedales alternativos, puede plantearse el aporte progresivo de agua limpia al humedal o la oxigenación de esta para controlar la anaerobiosis y la proliferación bacteriana. De manera controlada y con un control del cambio brusco en los niveles de agua.
- En casos de riesgo grave es procedente realizar la desecación completa del humedal, si fuera posible. Si el proceso de liberación del agua no fuera viable o se realizara muy lentamente, es preciso inducir a la avifauna al abandono completo del humedal como foco de riesgo. La molestia debe ser proporcionada y reiterada para un abandono definitivo, tras la retirada en su caso de los animales o puestas que no puedan abandonarlo por sus propios medios.
- Las acciones sobre el humedal a posteriori en ningún caso deben facilitar la inundación temprana del mismo, sino al contrario. Sería necesario también plantearse posibles acciones de roturación del suelo o retirada de los sedimentos de manera parcial o total, al objeto de reducir las condiciones de anaerobiosis y controlar en lo posible la proliferación bacteriana. Las acciones de retirada de cadáveres deben continuarse en este período.

#### ❖ FASE CUATRO – REVISIÓN DE LAS ACTUACIONES

Se produce tras la declaración oficial de fin de foco y debería tener una doble perspectiva:



- Análisis interno entre las administraciones actuantes al objeto de realizar un balance exhaustivo y de carácter interno. Reforzar las conclusiones de actuación y detallar los imponderables o desconocimientos, de manera que debería concluirse el plan de acción para la futura campaña.
- Puesta en común de los balances con otras entidades o administraciones de otros territorios, al objeto de divulgar y reforzar conocimientos para actuaciones futuras en otras áreas.

El final del proceso podría dar paso a una posible fase de divulgación pública de las actuaciones y resultados, al objeto de informar, concienciar y predisponer positivamente a los diferentes estamentos sociales hacia las actuaciones preventivas.

El objetivo final es la integración de todos los aspectos de la sanidad ambiental en un sistema normalizado de acción preventiva bajo el paraguas conceptual de una salud única, reforzando los conceptos de interdependencia y acción común.



## 4. Bibliografía

Anza, I. 2014. *Epidemiología del botulismo aviar en el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel y otros humedales de Castilla-La Mancha*. Tesis doctoral.

Anza Ibone, Vidal D., Sánchez-Prieto S., Díaz-Sánchez S., Martínez-Ruiz C., Laguna C., Chicote A., Gosálvez R.U., Florín M. y Mateo R. 2012. *Estudios de los riesgos sanitarios para las aves acuáticas asociados con el abastecimiento de las Tablas de Daimiel y otros humedales manchegos con aguas residuales urbanas tratadas*. Proyectos de investigación en parques nacionales: 2009-2012. Libro de resúmenes de las II Jornadas doctorales de la Universidad de Castilla la Mancha.

Anza Ibone, Vidal D., Laguna C., Díaz-Sánchez S., Sánchez S., Chicote A., Florín M. y Mateo R. 2014. *Eutrophication and Bacterial Pathogens as Risk Factors for Avian Botulism Outbreaks in Wetlands Receiving Effluents from Urban Wastewater Treatment Plants*. Applied and Environmental Microbiology. July 2014 Volume 80 Number 14, p. 4251–4259.

Anza I, Skarin H, Vidal D, Lindberg A, Båverud V, Mateo R. 2014. *The same clade of Clostridium botulinum strains is causing avian botulism in southern and northern Europe*. Anaerobe 26:20–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anaerobe.2014.01.002>.

Anza Ibone, Vidal D., Feliu, J., E. Crespo y R. Mateo. 2016. *Differences in the Vulnerability of Waterbird Species to Botulism Outbreaks in Mediterranean Wetlands: An Assessment of Ecological and Physiological Factors*. Applied and Environmental Microbiology, May 2016 Volume 82 Number 10.

Cirujano Bracamonte, S. 2024. *Los humedales españoles*. Paisaje vegetal y gestión. Fundación Global Nature.

Consejería Agricultura Castilla-La Mancha. *Protocolo de Actuaciones por posible presencia de Brotes de Botulismo en Humedales de Castilla-La Mancha*. Dirección General de Montes y Espacios Naturales. Consejería de Agricultura de C-LMancha. Toledo.

Contreras de Vera A, Cubero MJ, León Vizcaíno L, Herrera C.(1992). *Occurrence of Clostridium botulinum in wetlands of the Guadalquivir Basin (Andalusia, Spain)*. Epidémiologie et Santé Animal 21: 39-49.

Cromie, R.L., R. Lee, R.J. Delahay, J.L. Newth, M.F. O'Brien, H.A. Fairlamb, J.P. Reeves y D.A. Stroud. 2012. *Ramsar Wetland Disease Manual: Guidelines for Assessment, Monitoring and Management of Animal Disease in Wetlands*. Ramsar Technical Report No. 7. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland. 361 pp

Espelund, M. y D. Klaveness. 2014. *Botulism outbreaks in natural environments – an update*. Frontiers in Microbiology 5: 287. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24966853/>



Friend M., Mac Lean, R.G. & F. Joshua Dein. 2001. *Disease emergence in birds: challenges for the twenty-first century*. The Auk 118(2):290–303, 2001.

Friend, M. & Franson, J. C. (1999). Avian Botulism. In T. E. Rocke and M. Friend (Eds.), *Field manual of wildlife diseases: General field procedures and diseases of birds*(pp.271-281). Washington, D.C.: U.S. Dept. of the Interior, U.S. Geological Survey.

García, A. J. 2007. *Plan de Actuación para prevenir y/o controlar un brote de botulismo en “El Hondo” durante el verano de 2007*. Murcia: G. I. Toxicología y Veterinaria Forense, Universidad de Murcia.

Hidalgo Olate. MV; MSc., H., & Montecino Latorre, D. F. (2008). *Botulismo en aves acuáticas silvestres*. TecnoVet, 14(3). <https://revistas.uchile.cl/index.php/RT/article/view/15917>

Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC), grupo de investigación en Sanidad y Biotecnología (SaBio), Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2019. *Vigilancia sanitaria de la fauna silvestre*. Guía

Martínez Ruíz, C. 2012. *Evaluación de la inhibición de crecimiento in vitro de Clostridium botulinum tipo C/D: efecto de la salinidad y tratamientos térmicos sobre sedimentos de humedales manchegos*. Máster en Investigación Básica y Aplicada en Recursos Cinegéticos. Universidad Castilla-La Mancha.

Mateo, R. 2016. *El botulismo aviar. Notas de divulgación del IREC Nº 1, 4*. Ciudad Real, España: Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos.

Mógica, P.M. *Ecopatología de la fauna asociada al P.N. El Hondo: problemática y diagnóstico*. En: Belenguer, R., Echevarría, J.L., y López-Iborra, G. (Eds.) 2010. *Actas de las I Jornadas científicas sobre el Parque Natural El Hondo*. IMEM-Universidad de Alicante y Parque Natural El Hondo.

Vidal D, Anza I, Taggart MA, Pérez-Ramírez E, Crespo E, Hofle U, Mateo R. 2013. *Environmental factors influencing the prevalence of Clostridium botulinum type C in non-permanent Mediterranean wetlands*. Appl. Environ. Microbiol. 79:4264–4271. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.01191-13>.

Vidal D, Taggart MA, Hofle U, González R, Cifuentes A, Sanchez-Hernández L, Barcenilla J, Jiménez B, Green AJ, Mateo R. (2009). *Análisis del riesgo de intoxicación por botulismo en malvasía cabeciblanca y otras especies de aves acuáticas en la Tablas de Daimiel y humedales cercanos*. Proyectos de investigación en Parques Nacionales: 2005-2008, ed. L. Ramírez, B. Asensio, pp. 229-247. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente.

