



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1484

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Análisis de los procedimientos aplicados en los tratamientos aéreos realizados en la isla de Ibiza contra la procesionaria del pino

MANZANO SERRANO, M. J. (1), BELVIS DE MIGUEL, G.(1), NÚÑEZ VÁZQUEZ, L. (2) SANTIAGO LOZANO, M. I. (2)

(1) Estudios Medioambientales S.L. (ESMA)

(2) Govern Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient i Territori. Servei de Sanitat Forestal

Resumen

Desde el año 1975 que se detectó por primera vez la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff.) en la isla de Ibiza hasta la actualidad, los diferentes organismos de la administración han intentado controlar el avance de esta especie.

El Servicio de Sanidad Forestal del Govern Illes Balears durante las últimas décadas ha planificado y realizado un control integrado de esta especie, incluyendo los tratamientos aéreos sobre masas de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.). Para ello, se han empleado diferentes modelos de aeronaves con tecnologías que informan en tiempo real de las áreas tratadas. Esta información georreferenciada y fijada temporalmente es analizada posteriormente con programas GIS para discriminar con máxima precisión los lugares donde se ha aplicado el producto, y comprobar las áreas de exclusión (lugares apícolas, de agricultura ecológica, límite de costa, etc...); además de realizar el cálculo efectivo de las superficies tratadas y volumen de producto utilizado.

Por otro lado, los procedimientos aplicados durante la ejecución del tratamiento son exhaustivos, con el fin de optimizar y garantizar la seguridad en las operaciones aéreas, los límites de los polígonos y el comportamiento del producto biológico empleado, en función de las distintas aeronaves y condiciones meteorológicas.

Palabras clave

GIS, digitalización, sanidad forestal, producto biológico.

1. Introducción

La superficie forestal en les Illes Balears alcanza las 220.786,34 hectáreas, lo que supone un 44,29 % del total de la Comunidad; mientras que en la isla de Ibiza el territorio forestal ocupa 29.913,71 ha, alcanzando un 52,33% (Cuarto Inventario Forestal Nacional, Illes Balears, 2012).

Los pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) son la principal formación arbolada de las Illes Balears, ocupando más del 43% de su superficie arbolada. En concreto en la isla de Ibiza ocupan 23.246,04 ha, lo que supone más de las tres cuartas partes de la superficie forestal de la isla (77,71%).

En estas masas dominadas por el pino carrasco aparecen con frecuencia ejemplares salpicados de sabina negral (*Juniperus phoenicea* L.) y acebuche (*Olea europaea* L.), todo ello generalmente por debajo de los 400 metros de altitud.

La procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) es un insecto lepidóptero defoliador que provoca graves daños en los pinos debido a la alimentación de las orugas, que son muy voraces y pueden llegar a defoliar completamente los árboles



afectados. Estas defoliaciones, en función de su intensidad, pueden provocar: debilitamiento del árbol, disminución del crecimiento, afectación al regenerado y a las masas jóvenes de pinar, pérdida de la cobertura vegetal con el consecuente incremento de los procesos erosivos, etc.

También hay que tener en cuenta los efectos que la procesionaria puede ocasionar sobre la salud de las personas, ya que produce afecciones urticantes, alergias y daños epidérmicos y oculares.

A partir de la detección en el año 1975 (NÚÑEZ, *et al.* 2002), de la procesionaria del pino en Ibiza, se han realizado en esta isla a lo largo de los años múltiples actuaciones dentro de un plan de control integral para evitar su expansión. Fruto de este esfuerzo se ha conseguido mantener la población bajo unos límites aceptables y de forma bastante localizada.

Las principales acciones realizadas dentro de este plan de control integral han consistido en la instalación de trampas, la detección y posterior eliminación de bolsas, el fomento de la fauna reguladora mediante la instalación de cajas nido para aves y cajas refugio para murciélagos, y los tratamientos fitosanitarios aéreos y terrestres.

Los tratamientos aéreos contra la procesionaria del pino se presentan como herramientas eficaces para el control de sus poblaciones, disminuyendo la intensidad de los daños que provoca y controlando su expansión en el territorio de la isla.

Las aplicaciones aéreas están especialmente indicadas en áreas extensas, siendo necesario diferenciar entre el tipo de aeronave que resulta más idóneo dependiendo del tipo de masa forestal y la orografía. Así, el helicóptero resulta más indicado para trabajar en zonas que presentan contornos irregulares, con escasas dimensiones, orografía abrupta y sobre localizaciones fragmentadas; mientras que el avión es una aeronave más eficiente en áreas de mayor superficie y con bordes algo más regulares.

2. Antecedentes

Con el objetivo de evitar la explosión de la población de la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff.) en la isla de Ibiza, el Servicio de Sanidad Forestal (SSF) ha planificado la realización de tratamientos aéreos mediante la pulverización de un producto bioinsecticida microbiológico y de carácter selectivo, con el fin de frenar la expansión de las poblaciones de este lepidóptero defoliador. De este modo, se ha trabajado sobre pinares autóctonos de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) a través de la pulverización del producto con dos tipos de aeronaves diferentes como son el helicóptero y el avión.

Esta aplicación aérea se ha llevado a cabo en la zona este de la isla, donde existen focos de este agente nocivo y que previamente han sido cartografiados por parte del SSF. El tratamiento se ha ejecutado a lo largo de un periodo continuado de 4 años, desde el año 2021 hasta 2024, además de un tratamiento puntual realizado mediante avión en el año 2018.

Con estas actuaciones, se contribuye a frenar la expansión de este agente dañino en la isla, disminuyendo su población y el impacto que tienen sus daños sobre los pinares afectados.

Las aplicaciones aéreas se han desarrollado en la zona nordeste de la isla, en los



términos municipales de Sant Joan de Labritja y Santa Eulària des Riu. Así, los polígonos objeto del tratamiento se localizan entre la Cala de Portinatx y la de Sant Vicent, llegando por el sur hasta Santa Eulària des Riu y por el oeste hasta Sant Llorenç. En estas áreas cartografiadas es donde existen focos de este agente nocivo.

La pulverización se realiza con un producto bioinsecticida microbiológico utilizado para el control de orugas de lepidópteros en sus primeras fases larvarias, denominado Belthirul F. Está compuesto por *Bacillus thuringiensis* (var. *kurstaki*) 17,6% p/v y se encuentra inscrito en el Registro Oficial de Productos y Material Fitosanitario (R.O.P.F) con el nº 25.336. Además, este producto actúa por ingestión y tiene carácter selectivo, al afectar sólo a las orugas de lepidópteros como la procesionaria, lo que genera una percepción más favorable frente a este tipo de tratamientos aéreos por parte de los ciudadanos y visitantes de las islas.

La correcta aplicación del producto exige que se aplique puro y que no se mezcle con ningún tipo de aditivo, siendo la dosis idónea de tratamiento de 3,5 litros de producto por hectárea, mediante técnicas de Ultra Bajo Volumen (ULV por la sigla del Inglés *Ultra Low Volume*).

El componente de este producto, *Bacillus thuringiensis* es una bacteria entomopatógena que durante la fase de esporulación es capaz de formar esporas de resistencia, con un gran poder de control microbiológico, que producen proteínas que se agregan formando cristales paraesporales durante su esporulación. Estos cristales, en forma de cristales proteínicos (proteína *Cry*), están compuestos por varias proteínas (delta-endotoxinas) y son los principales responsables de la actividad bioinsecticida,

Tras la aplicación del tratamiento aéreo, mediante técnicas ULV, las proteínas quedan adheridas a las acículas de los pinos y conforme son ingeridas por las orugas de procesionaria, los cristales proteínicos se diluyen en su intestino medio, formándose las protoxinas. Éstas, por acción de las proteasas intestinales, se transforman en las toxinas activas, que se insertan en el epitelio del intestino de la oruga, provocándole poros que alteran su equilibrio osmótico. Como consecuencia de este proceso, se paraliza la actividad de las mandíbulas y del tracto intestinal de las orugas, de manera que el tejido intestinal dañado no permite ni asimilar, ni retener los nutrientes y al cabo de unas 24-72 horas la procesionaria muere, bien por inanición o bien por septicemia (PROBELTE, 2019).

Para obtener una mayor efectividad, la aplicación del producto se realiza tras la eclosión de los huevos y hasta que las orugas alcanzan el estadio de desarrollo larvario denominado L3. Debido a la variabilidad que presenta este periodo de tiempo, pues incluso en una misma zona la eclosión de los huevos puede prolongarse durante varias semanas, el establecimiento de una fecha de tratamiento es una cuestión crítica. Por ello, se realiza una primera aplicación, que se completa con otra pulverización cuando han transcurrido al menos 10 días desde la finalización de la primera.

Antes de comenzar el desarrollo de los trabajos de campo, el Servicio de Sanidad Forestal (SSF) realiza una doble labor de obtención de los permisos necesarios, así como de comunicación a la población e interesados en la labor que se va a realizar. Para esto último, se hace uso de los medios de comunicación (prensa, radio y televisión) de les Illes Balears y de Ibiza, así como de las redes sociales. A través de ellos, se ofrece extensa información sobre los objetivos de la aplicación, las fechas en las que va a tener lugar el tratamiento, el método de trabajo y el tipo de



producto utilizado. Igualmente, se mantienen reuniones informativas con los vecinos, organizaciones de agricultores, apicultores y entidades sociales, que resultan interesados, para responder a cualquier pregunta que les pueda surgir y que no haya quedado detallada con anterioridad en las notas de prensa.

Esta labor informativa previa muestra como son los trabajos que se van a desarrollar y cómo se van a realizar las diferentes tareas, de manera que con toda la información se origine una predisposición favorable por parte de la población local a la realización de estos tratamientos aéreos contra la procesionaria del pino. Estas acciones son de gran importancia y son recibidas de forma muy satisfactoria por los vecinos de las zonas afectadas, ya que, por lo general, se consiguen alcanzar los objetivos planteados, percibiéndose una valoración positiva del tratamiento aéreo por parte de la mayor parte de la ciudadanía.

La percepción positiva de buena parte de los habitantes de los municipios afectados por el tratamiento también está relacionada con la utilización de un producto biológico como es el Belthirul F, que presenta una clasificación ecotoxicológica "A" (no entraña riesgos apreciables) tanto para peces, como aves y mamíferos, siendo un producto certificado para su empleo en la agricultura ecológica y que no presenta plazo de seguridad. Además, se trata de un producto respetuoso con la entomofauna beneficiosa, ya que su acción bioinsecticida es específica para lepidópteros; y no afecta ni a los parasitoides ni a los predadores existentes en los pinares.

Además, al tratarse de trabajos que se vienen desarrollando desde hace 4 años en el mismo periodo del año, los habitantes de Ibiza, en su mayoría, ya son conocedores de las aplicaciones fitosanitarias que realizan las aeronaves.

3. Objetivos

El correcto desarrollo del tratamiento aéreo dirigido al control integral de la procesionaria del pino en los pinares de Ibiza conlleva la planificación previa de múltiples tareas por parte de un equipo multidisciplinar. Además, durante la aplicación debe existir una perfecta coordinación de todo el personal integrado en el operativo, de manera que se mantenga el cumplimiento de las tareas y la seguridad durante su desarrollo en todo momento.

Para verificar que todas las tareas se lleven a cabo de acuerdo con el protocolo establecido a nivel técnico y que se respete la normativa de seguridad durante su desarrollo, es necesario seguir una Metodología de Control, que es objeto de supervisión *in situ* por parte de una Dirección Técnica.

Esta metodología se ha diseñado de forma específica para el control de los tratamientos aéreos contra la procesionaria y en ella quedan incluidos todos los aspectos que se deben tener en cuenta antes del comienzo de las aplicaciones, durante su desarrollo y cuando finalizan estas.

En el diseño de esta sistemática se ha tenido en cuenta a todos los agentes que se hallan implicados y afectados, en mayor o menor medida, por la realización de estos tratamientos aéreos contra la procesionaria del pino en los pinares de Ibiza.

El principal objetivo de esta Metodología de Control consiste en la supervisión del conjunto de tareas realizadas durante el tratamiento aéreo, así como el control de la efectividad de la aplicación del producto. De este modo se certifica el cumplimiento de las prescripciones establecidas en los pliegos técnicos dictados



por el SSF, así como lo determinado en el Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir el uso sostenible de los productos fitosanitarios. Además, se realizan una serie de pruebas de persistencia del producto aplicado sobre la masa forestal tratada y se desarrolla un estudio y seguimiento de la mortalidad de las orugas de procesionaria, tanto en las zonas que son objeto del tratamiento aéreo, como en otros lugares de la isla en los que no se ha aplicado producto, para conocer la mortalidad natural del insecto.

4. Metodología

En la Metodología de Control establecida, deben realizarse numerosas y variadas tareas, diferenciando entre aquellas que tienen lugar antes del comienzo de los vuelos de tratamiento, durante las jornadas de aplicación y una vez finalizado el trabajo en campo:

4.1 Acciones previas al comienzo del tratamiento

- **Diseño y elaboración de documentación:** En gabinete se han diseñado y preparado varias fichas y formularios que resultan necesarios para la recogida de los datos relativos al tratamiento aéreo, facilitando y verificando así el chequeo correspondiente a la recopilación de toda la información requerida por parte de la dirección del contrato. Así, para ambas aeronaves, se generan fichas de pista, fichas de campo, fichas resumen de los trabajos realizados, hojas de Actas y Libro de Órdenes. Además, en el caso del helicóptero se diseña una ficha de prueba de calibración. Por otra parte, se preparan los carteles informativos que se colocarán en campo, una vez que el equipo técnico se encuentre sobre el terreno, tanto en las pistas forestales de acceso a las zonas objeto de tratamiento, como en las proximidades de las bases que se van a emplear durante las operaciones aéreas.
- **Control y seguimiento de variables meteorológicas:** Varios días antes del comienzo del tratamiento aéreo se realiza un seguimiento exhaustivo de las predicciones de las variables meteorológicas que existen en el área de trabajo, prestando especial atención a la velocidad media del viento y a la probabilidad de precipitación existente. Para ello, se utilizan diversos modelos de predicción meteorológica que ayudan a determinar una ventana temporal óptima, donde se cumplan las condiciones meteorológicas necesarias para el correcto desarrollo de la aplicación aérea, teniendo en cuenta que su duración permita la ejecución completa de la aplicación del producto.
- **Comprobación de la documentación y los permisos necesarios por parte de la empresa aplicadora:** En esta fase se revisan la documentación relativa a: certificado de Inscripción en el Registro de Establecimientos y Servicios Plaguicidas, Identificación del personal de acuerdo con la licitación y documentación correspondiente al personal (inscripción en el Registro Oficial de Productores y Operadores de medios de defensa fitosanitaria -ROPO-, del piloto y los auxiliares, categoría del piloto, nº de licencia, horas de vuelo) y a las aeronaves (pólizas de seguros) que van a realizar el tratamiento aéreo.
- **Comprobación de la cantidad y adecuación del producto a emplear:** Los ingenieros que se encuentran en el aeropuerto de Ibiza y en las helipistas (en adelante los técnicos de pista), son los encargados de verificar que en las zonas de carga se encuentra el producto bioinsecticida que se va a



utilizar en la aplicación, tanto para el avión y como para el helicóptero, y que éste tiene las características especificadas en el Pliego Técnico dictado por el SSF. Además, se comprueba que la cantidad de litros de producto disponibles, en cada una de las bases de operaciones, resultan suficientes para completar el trabajo en el conjunto de la superficie de aplicación. En caso de que todo ello sea correcto, se levanta diferentes actas para cada una de las aeronaves, que son firmadas por parte de las empresas aplicadoras y de la Dirección Técnica del tratamiento, responsable del control de los tratamientos.

- Comprobación del estado previo de las pistas a utilizar durante el tratamiento: Se deben visitar todas las posibles helipistas (para su utilización por los helicópteros) y la zona de trabajo en el aeropuerto (avión), con el fin de comprobar si resultan adecuadas para el desarrollo de las tareas a realizar, de acuerdo con las características que presentan en los momentos de actuación. Además, se debe comprobar la existencia de cobertura móvil en cada una de ellas, teniendo en cuenta la señal de los diferentes operadores.
- Señalización de los principales accesos a las zonas objeto del tratamiento y a las bases utilizadas: En cumplimiento del Real Decreto 1311/2012, se deben colocar carteles de aviso en las masas objeto del tratamiento y en las proximidades de las bases que se van a utilizar. En ellos se debe advertir de los trabajos que se van a realizar, el tipo de producto empleado y las fechas de actuación previstas en cada zona. Además, se muestran códigos QR que enlazan a dos trípticos informativos elaborados por el SSF, donde se explica de manera divulgativa la “procesionaria del pino” y la “campana de control contra la procesionaria del pino”. En la instalación de la señalización, se procede al marcaje de las coordenadas mediante GPS de cada uno de los carteles, para facilitar la posterior retirada, asegurando así que ninguno de ellos queda sin retirar en el monte.
- Verificación de que las empresas de tratamiento cuentan con todos los dispositivos de control: Se comprueba el correcto funcionamiento de las motobombas utilizadas en la carga del producto, del caudalímetro y también de que se dispone de recipientes auxiliares para minimizar las salpicaduras de producto y para su adecuada dosificación.
- Comprobación de maquinaria, equipos, material auxiliar y material de repuesto necesario para realizar las aplicaciones: Se debe contrastar que las empresas aplicadoras cuentan con todo el equipo necesario para el correcto desarrollo del trabajo y que además disponen de piezas y material de repuesto en caso de que existan averías o fallos que requieran la reparación o incluso la sustitución de estas.
- Comprobación del correcto funcionamiento de las comunicaciones: Mediante el empleo de una emisora de banda aérea los técnicos de seguimiento en campo verifican que la comunicación con los pilotos de las aeronaves presenta buena calidad en transmisión y recepción en la frecuencia que se tiene asignada a cada una de ellas. Realizada esta comprobación, se levanta un acta diferente para cada aeronave, que así lo refleja y que debe ser firmada por parte de los pilotos de las aeronaves y de la Dirección Técnica.
- Comprobación del funcionamiento de los atomizadores rotativos y de todos los elementos del equipo aplicador: Antes de realizar la calibración del equipo aplicador, se inicia el sistema hidráulico de las aeronaves para

comprobar el correcto funcionamiento de la bomba del producto y de los emisores (*Micronair AU-7000*) instalados sobre las pértigas del avión y del helicóptero.

- Calibración de los equipos de pulverización: Mediante una simulación de aplicación realizada en tierra, se comprueba que el equipo de aplicación del helicóptero se encuentra calibrado y que la dosis emitida por los atomizadores (*Micronair AU-7000*) es la adecuada para la ejecución del tratamiento, atendiendo a las instrucciones de uso descritas para ello (MICRONAIR, 2016). Para dejar constancia de la correcta calibración del equipo de aplicación, se levanta un acta que así lo especifica y que debe ser firmada por parte de la empresa aplicadora y por parte de la Dirección Técnica. En el caso del avión, al no ser posible la calibración en el aeropuerto de Ibiza por motivos de seguridad aérea y normativa, la empresa aplicadora debe adjuntar un documento en el que se acredita la calibración del avión.
- Cumplimentación de las fichas correspondientes a la calibración de los equipos de pulverización: El ingeniero de pista anota los datos correspondientes al caudal de producto emitido por cada atomizador durante la simulación de aplicación realizada al comprobar la calibración. En caso de que el caudal medio emitido por los difusores o la cantidad total de producto no corresponda a la dosis establecida en el tratamiento, se procede a realizar una nueva prueba de calibración; siendo necesario repetir el ensayo hasta que el caudal emitido por cada atomizador resulte adecuado. Al finalizar la calibración, si los datos son correctos, se levanta un acta que así lo corrobora, debiéndose firmar por parte de la empresa aplicadora y la Dirección Técnica. Esta tarea sólo se realiza en el caso de los helicópteros.
- Comprobación del ancho de pasada, tamaño de gota y porcentaje de cubrición del producto: Para los helicópteros, en la helipista se debe realizar un vuelo de simulación para corroborar que la aplicación de la aeronave cubre el ancho de banda establecido, que se fija en 25 metros y que la pulverización presenta un tamaño de gota y una densidad adecuadas en la cubrición. Al finalizar la prueba, si los datos son correctos, se levanta un acta que así lo especifica, firmándose por ambas partes, empresa aplicadora y Dirección Técnica. Al igual que ocurre con la calibración de equipos, este tipo de comprobación tampoco se puede realizar para el avión en la pista del aeropuerto de Ibiza, por motivos de seguridad aérea y normativa.
- Aviso mediante contacto telefónico a las administraciones y organismos pertinentes: En la jornada previa al comienzo de la aplicación aérea, se realiza una serie de llamadas telefónicas dirigidas a los contactos establecidos en el operativo, para informar del comienzo de los trabajos. También se les avisará de que se procederá a informar diariamente del inicio de los vuelos de las diferentes aeronaves.

4.2 Acciones durante el tratamiento

- Aviso mediante contacto telefónico a las administraciones y organismos pertinentes: Los días en los que se realizan vuelos de tratamiento, antes del comienzo, se contacta en primer lugar con el Servicio de Emergencias 112. A continuación, con el Punto de Información Ambiental (PIA), SSF y todos los miembros del operativo indicados por parte del SSF. Además, cuando termina cada día de tratamiento aéreo y las aeronaves ya se encuentran en

tierra, se da aviso al 112 para notificar la finalización de los vuelos correspondientes a la jornada de trabajo, esta notificación se debe hacer de forma independiente para cada aeronave.

- Comprobación de que no existe presencia de rocío sobre la vegetación, en el momento de la aplicación del producto: A primera hora de la mañana, previo al comienzo de los vuelos los ingenieros que siguen tanto al avión, como al helicóptero durante la aplicación (técnicos de campo), deben corroborar que la vegetación presente en los polígonos de tratamiento se encuentra seca y que no existe humedad ni rocío sobre ella.
- Comprobación *in situ* de las variables meteorológicas: Cada día los técnicos de campo encargados de controlar los trabajos sobre el terreno de cada una de las aeronaves comprueban que se dan las condiciones meteorológicas adecuadas para iniciar el tratamiento en las zonas de trabajo correspondientes a la planificación establecida. Además, durante el desarrollo del tratamiento se deben anotar sistemáticamente, con una cadencia de 20 minutos, los datos correspondientes a la temperatura, humedad relativa, la velocidad y dirección del viento; verificando que los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos para conseguir unos resultados óptimos en la aplicación del producto. En caso de que durante cualquiera de las jornadas de trabajo alguna de las variables meteorológicas se encuentre fuera de los márgenes establecidos, se procede a suspender de forma temporal el tratamiento, que sólo se debe reanudar en el momento en el que se recuperan los valores normales de las mismas. Estos valores corresponden a velocidades de viento inferiores a los 10 Km/h y a la ausencia de precipitaciones principalmente, además de ausencia de niebla o rocío sobre la vegetación; así como, una adecuada combinación de la humedad relativa con la temperatura, que se debe respetar, según el ábaco que recoge el Pliego Técnico.
- Comprobación de la señalización: Conforme los técnicos de campo van cambiando su posición mientras realizan las labores de seguimiento y control de las aeronaves, deben observar que los carteles indicativos de la realización de la aplicación aérea se encuentran en buen estado y que no se han sustraído o dañado, resultandos visibles y presentando un estado correcto. En caso de observar que algún cartel se encuentra deteriorado, se debe reponer por otro nuevo.
- Observación del desarrollo del tratamiento: Los técnicos de campo, situados en los diferentes polígonos o áreas de actuación, controlarán la altura de vuelo y la velocidad de las diferentes aeronaves (avión y helicóptero), para que la aplicación del producto sobre la masa de pinar resulte óptima.
- Comprobación de que no llega producto a las zonas excluidas: Los técnicos de campo, además, comprueban que no existe deriva del producto fuera de las zonas objetivo del tratamiento y que no hay aplicación sobre las áreas de exclusión (áreas de agricultura ecológica, asentamientos apícolas, masas de agua y núcleos urbanos), ni sobre las franjas de seguridad mínima de 100 metros, que existen en cada área de exclusión.
- Verificación del apagado del motor de encendido de la aeronave cada vez que se detenga a repostar combustible: Durante la jornada de trabajo, el helicóptero y el avión realizan varios vuelos de regreso a las bases (helipista y aeropuerto), para cargar el producto bioinsecticida utilizado en la aplicación; así como, para realizar el repostaje de combustible. Esta



última operación, según Orden TMA/692/2020, de 15 de julio, por la que se aprueban normas técnicas aplicables al suministro de combustible a aeronaves de aviación civil, se debe realizar con la aeronave inmovilizada, los motores parados, los rotores detenidos y las luces anticollisión apagadas. Los técnicos de pista, del avión y del helicóptero, supervisan que las operaciones de repostaje se realicen según la normativa citada, dando constancia de ello.

- Descarga de los datos informáticos correspondientes a cada jornada de tratamiento: A la finalización de los vuelos correspondientes a cada día de trabajo, los ingenieros (técnicos de pista) localizados en el aeropuerto de Ibiza y en la helipista, con autorización de los pilotos, descargan los archivos informáticos generados por el software conectado al DGPS, tanto del avión como del helicóptero.
- Comprobación de la limpieza de los depósitos de las aeronaves: Una vez que han finalizado los trabajos de aplicación diarios, se procede a la limpieza de los depósitos de producto de las diferentes aeronaves. Para ello, se carga el depósito con agua, mezclada con los restos correspondientes al enjuague y limpieza de los bidones de producto utilizados durante la jornada. A continuación, las aeronaves despegan y en una masa forestal próxima pulverizan el agua cargada, primero esparciendo parte de la carga por medio de los atomizadores, con el fin de limpiar, también, el sistema de pulverización y después abriendo la compuerta inferior del depósito, para terminar de vaciar el contenido de este.
- Cumplimentación de las fichas de control en las pistas: Cada jornada de trabajo, los técnicos de pista que se encuentran en las bases de carga (aeropuerto y helipista) deben completar un formulario que se ha diseñado para la recopilación de los datos correspondientes a los vuelos realizados por las aeronaves. En concreto en la ficha de pista de cada aeronave debe constar: fecha, pista desde la que se está trabajando y sus coordenadas, hora de inicio y finalización de los trabajos correspondientes a cada jornada, superficie total tratada y volumen de producto empleado. Además, se incluyen los datos relativos a la filiación de los pilotos y de los auxiliares o mecánicos que se encuentran trabajando en las labores de apoyo de cada aeronave. Por otra parte, se incluyen todos los registros correspondientes a cada uno de los vuelos de las aeronaves, como son la hora de salida y de llegada, la cantidad de producto cargado y las superficies parcial y total que se han tratado. Por último, se describen las incidencias correspondientes en caso de que existan y se indica si en la jornada de trabajo se han completado las labores de limpieza del depósito, desconexión del motor durante el repostaje, retirada de los envases utilizados que se encuentran vacíos y se chequea que se ha realizado la descarga de los archivos GPS.
- Cumplimentación de las fichas de control en el campo: Cada jornada de trabajo, los técnicos de campo, que son los responsables del seguimiento y control de los vuelos de las aeronaves en los polígonos que son objeto del tratamiento, deben completar una ficha de campo que se ha diseñado específicamente para este trabajo. En dicho formulario se anota: la fecha, una breve descripción de la zona de tratamiento, y comentarios en referencia a la climatología y a las variables meteorológicas observadas. Por otra parte, lo más relevante de este formulario es la anotación de las variables meteorológicas existentes cada 20 minutos; indicando el punto de

observación en el que se encuentra cada técnico y la hora a la que se miden las variables meteorológicas, que corresponden a la temperatura, humedad relativa del aire, velocidad y dirección del viento.

- Recogida de los partes de vuelo de las aeronaves: Tras la finalización de las labores correspondientes a cada día de tratamiento, las empresas aplicadoras rellenan y entregan a los técnicos de pista los partes de trabajo correspondientes a los vuelos realizados. En estos documentos aparece la fecha, número de parte, el cliente, filiación del piloto y de los auxiliares o mecánicos, matrícula de cada aeronave y de los vehículos de apoyo. Además, se describe la cantidad de vuelos realizados y se indica la cantidad de producto que se ha cargado en cada uno de ellos. Estos partes son firmados por de las empresas aplicadoras y por los ingenieros, técnicos de pista, de cada aeronave, quedándose ambas partes una copia.
- Debriefing o reunión diaria entre los equipos aplicadores y la Dirección Técnica: Al final de cada jornada de tratamiento se realiza una reunión entre los pilotos, resto de personal de las empresas aplicadoras, los técnicos de pista y campo, y el ingeniero encargado de la dirección del tratamiento para analizar todas las operaciones realizadas, poniendo especial atención en aquellos aspectos mejorables si fuese necesario. El objetivo de esta reunión es identificar las causas de los posibles errores cometidos y proponer soluciones para evitarlos en lo sucesivo. El *debriefing* es una valiosa herramienta de aprendizaje y mejora continua. Estas reuniones se desarrollan entre el equipo técnico (campo y pista) asociado al trabajo del avión y la empresa aplicadora del avión y, por otra parte, entre el personal de la empresa de helicópteros y los técnicos de pista y campo que controlan el trabajo de los helicópteros. En ambas reuniones está presente el responsable de la Dirección Técnica.

4.3 Acciones tras el fin del tratamiento

- Comprobación del estado de las pistas utilizadas: Una vez terminados los trabajos correspondientes a cada una de las aplicaciones, se debe revisar el estado en el que han quedado las helipistas utilizadas por los helicópteros, así como la zona de carga utilizada por el avión en el aeropuerto de Ibiza. Se debe comprobar que no queda material, ni ningún tipo de basura o resto; así como, que no existen manchas ni salpicaduras de líquidos sobre el terreno.
- Retirada de la señalización: Una vez terminada la aplicación del producto sobre las zonas objetivo del tratamiento, se deben retirar todos los carteles de aviso que se han instalado antes del comienzo de los trabajos.
- Realización de pruebas de persistencia de producto: Tras la finalización de la aplicación del producto sobre las masas de pinar objeto del tratamiento, se han realizado las correspondientes pruebas de persistencia. Con ellas se persigue observar si el producto aplicado (Belthirul F) ha llegado a depositarse correctamente sobre las acículas de los pinos objetivo del tratamiento. Estas pruebas consisten en el lavado del material vegetal (acículas) sobre el que se ha depositado Belthirul F, y por tanto de las proteínas insecticidas que contiene. En este lavado se realiza la detección posterior de las mencionadas proteínas mediante unas tiras inmunológicas (*immunotrips*). Para la realización de este tipo de estudios, la empresa que fabrica el producto (PROBELTE), suministra el equipo y material reactivo necesario, que será el que empleen los técnicos del control de calidad (ESMA). Para la ejecución de las pruebas de persistencia se localizan zonas



en las que el acceso a las copas de los pinos resulte sencillo de manera que se puedan recolectar acículas en las que se analiza si existe producto depositado. Las pruebas de persistencia se realizan tanto en las zonas cubiertas por el avión como en aquellas que han resultado aplicadas por el helicóptero, y se analiza para la primera y para la segunda pasada.

- Análisis detallado de la efectividad del tratamiento: Una vez en gabinete, se examinan los archivos generados por el DGPS y el *software NavViewW*, tanto del avión, como del helicóptero. Con ellos se procede a realizar el cálculo de la efectividad del tratamiento aéreo, entendida como el porcentaje de superficie incluida en los polígonos que son objeto de la aplicación que ha quedado cubierta, una vez que se han eliminado los solapes producidos en las diferentes pasadas de las aeronaves. Así, para la realización de estos cálculos se debe calcular el área tratada que se obtiene de dentro de los polígonos de tratamiento (*spray on*), sin tener en cuenta aquella que queda fuera de estos (*spray off*). Además, se debe eliminar la superficie correspondiente a los solapamientos que existen dentro de los polígonos que son objeto del tratamiento. A su vez, es importante tener en cuenta que se debe calcular de forma independiente la efectividad obtenida en cada aeronave y en cada una de las pasadas, generando de esta forma una efectividad para la primera pasada y otra para la segunda, y obteniendo como resultado final la efectividad media para cada tipo de aeronave.
- Comprobación de la documentación correspondiente a la eliminación de residuos: Atendiendo al Pliego Técnico establecido por el SSF, las empresas aplicadoras disponen de un plazo no superior a una semana para la retirada de los envases vacíos y/o del producto sobrante, desde la fecha de finalización de los trabajos correspondientes a ambos países del tratamiento. Por ello la Dirección Técnica es la encargada de comprobar que todos los residuos se entregan a un gestor autorizado de residuos clasificados y peligrosos, de acuerdo con la normativa vigente en la materia. Para la verificación de este cumplimiento se presenta a la Dirección Técnica un justificante de entrega o albarán oficial del gestor de residuos.
- Control de la mortalidad de las orugas: Atendiendo al Pliego Técnico la Dirección Técnica realiza un control de la mortalidad de las orugas de procesionaria del pino afectadas por el tratamiento aéreo. Para ello, antes del comienzo del tratamiento aéreo se localizan, marcan y georreferencian una serie de puestas y colonias de procesionaria que se visitan en fechas posteriores. Así, a partir de la fecha de finalización de la aplicación, se realizan tres visitas a los 10, 30 y 45 días respectivamente. De este modo, se establecen varias metodologías en las que se analiza la cantidad de colonias en las que se encuentran orugas vivas, se cuentan las orugas existentes en cada bolsón objeto de control y se realizan conteos de bolsones a lo largo de transectos longitudinales. Todas ellas se estudian tanto en el interior de los polígonos que han sido objeto de la aplicación, como en la zona periférica y exterior de las áreas tratadas.

5. Resultados

Los archivos creados por el *software NavViewW* de las aeronaves (avión y helicóptero) son revisados mediante programas SIG para hacer el análisis espacial de las áreas tratadas, en cada una de las dos pasadas realizadas en cada aplicación

aérea. Así se obtiene una efectividad para la primera pasada y otra para la segunda, aunque la certificación final se refiere a la efectividad promedio de ambas aplicaciones, y también, obteniendo la efectividad del tratamiento para cada aeronave, de manera independiente.

De este análisis se extraen los datos relativos a la superficie total tratada, la superficie que se ha tratado en el interior del polígono y fuera de él, la efectividad que se ha logrado, los solapamientos y la superficie que representan esos solapes.

Además del estudio detallado de las superficies que son objeto de la aplicación y de la efectividad lograda, se lleva a cabo un análisis de las características específicas de cada área de tratamiento, a nivel cartográfico. Por eso se comentan los errores que se han detectado en cada aplicación, en caso de que hayan ocurrido, o se presentan diferentes anomalías observadas durante el trabajo de pulverización que pueden justificarse en aquellos casos donde existan razones específicas a considerar y que no se incluyen en la planificación anterior establecida.

Tanto el estudio analítico como el cartográfico, se realizan de manera independiente para cada uno de los pases del tratamiento aéreo, con el fin de que la aplicación quede certificada de manera automática en caso de que la efectividad resulte superior al 75% en el caso del avión, o del 85% para el helicóptero, como se define en el correspondiente Pliego Técnico, ordenado por el SSF, en el apartado referido a la Calificación de la efectividad (Tabla 1).

Tabla 1. Calificación de la efectividad.

EFFECTIVIDAD AVIÓN	EFFECTIVIDAD HELICÓPTERO	CALIFICACIÓN
> 75%	> 85%	APTO. Certificación automática
75-60%	85-70%	Análisis de motivos y causas. APTO O NO APTO y certificación en función del resultado del análisis
< 60%	< 70%	NO APTO. No certificación

Es muy importante destacar que, a lo largo de estos años en todos los tratamientos aéreos realizados contra la procesionaria del pino en las masas de pino carrasco de la isla de Ibiza, las empresas aplicadoras que han trabajado con el SSF siempre han obtenido una calificación de APTO en todas las aplicaciones, tanto en las realizadas mediante avión (Tabla 2), como en las que se han desarrollado con helicóptero (Tabla 3). En ambas tablas se indica el año en que ha tenido lugar la aplicación, la superficie que ha sido objeto de la aplicación y el porcentaje de la efectividad obtenida en cada caso.

Tabla 2. Calificación de la efectividad en los tratamientos aéreos realizados con avión.



2018	8.020,82	90,66 (ESMA, 2018)
2021	7.415,00	96,02 (ESMA, 2021)
2022	7.407,85	95,28 (ESMA, 2022)
2023	8.876,64	95,52 (ESMA, 2023)
2024	7.469,82	95,51 (ESMA, 2024)

Tabla 3. Calificación de la efectividad en los tratamientos aéreos realizados con helicóptero.

2021	4.664,28	91,83 (ESMA, 2021)
2022	4.660,84	89,58 (ESMA, 2022)
2023	5.555,80	92,13 (ESMA, 2023)
2024	4.645,80	90,57 (ESMA, 2024)

Observando el contenido de ambas tablas destacan los elevados valores de efectividad que se han obtenido en los trabajos realizados a lo largo de estos años, alcanzando el 90% en casi todos los casos y superando ampliamente los registros necesarios que se establecen en el Pliego Técnico para la certificación automática.

En la isla de Ibiza la utilización de dos tipos de aeronaves diferentes como son el avión y el helicóptero resulta fundamental de cara a lograr la aplicación del producto bioinsecticida sobre la totalidad de la superficie de pinar objeto del tratamiento. Esto se debe a que en la época de tratamiento de la procesionaria, que viene a ser el otoño avanzado, a partir de octubre o noviembre, son frecuentes y recurrentes los episodios de climatología adversa con frecuentes borrascas y temporales de viento intenso.

Así, el avión es capaz de cubrir áreas extensas de pinar que presentan relieves poco abruptos y más regulares en cuanto a sus formas. De esta manera, las maniobras a realizar durante la aplicación resultan seguras y adecuadas al trabajo desarrollado. Además, por sus características técnicas y mecánicas el avión puede realizar vuelos de mayor duración y por lo tanto con una mayor cantidad de producto, lo que proporciona un rendimiento más elevado que el del helicóptero.

Por otra parte, también es necesario la utilización de una aeronave ágil y versátil como es el helicóptero, que presenta una gran capacidad de maniobra a la hora de realizar las pasadas durante la aplicación en superficies con límites irregulares. Esta resulta la mejor elección posible y la más adecuada para trabajar sobre las masas de pinar que presentan por lo general formas y contornos asimétricos, que además se encuentran muy fragmentados. Por lo tanto, en multitud de ocasiones los polígonos objetivo de aplicación presentan tamaños muy reducidos, lo que dificulta la realización de la aplicación, incrementando los tiempos de vuelo por unidad de superficie y por lo tanto disminuyendo el rendimiento del trabajo.

Todo ello incide de manera directa en la fatiga soportada por el piloto; por lo que,



resulta fundamental contar con pilotos que aporten una elevada experiencia en lo referente a tratamientos aéreos forestales y que así lo demuestren en la documentación correspondiente, donde figuran las horas de vuelo, así como aquellas que se han dedicado a tratamientos fitosanitarios forestales en concreto. Todos estos datos se tienen en cuenta en el Pliego Técnico y son contrastados en las labores previas al comienzo de la aplicación por parte de la Dirección Técnica.

6. Conclusiones

Como se puede apreciar en la descripción de esta metodología, durante el proceso de planificación, ejecución y análisis de un tratamiento aéreo contra la procesionaria del pino en los pinares de Ibiza, existen múltiples tareas a realizar y numerosos factores para tener en cuenta, dado que en conjunto afectan al óptimo desarrollo del trabajo. Además, se debe controlar que se realizan todas las labores necesarias de forma estructurada y prestando especial atención al cumplimiento de la normativa de seguridad.

Esta metodología se viene utilizando en las aplicaciones aéreas que se han realizado en Ibiza desde el año 2018 y se ha contrastado su eficacia durante su desarrollo a lo largo de los años. Además, los contenidos que forman parte de esta sistemática no se estructuran en departamentos fijos e independientes, ya que la mayoría de los apartados o fases del trabajo se encuentran interrelacionados entre sí, y son dependientes de manera jerarquizada.

A su vez, los contenidos de esta metodología van evolucionando conforme surgen nuevos condicionantes que afectan a las tareas a desarrollar durante el tratamiento aéreo, atendiendo en todo momento a las sugerencias y demandas establecidas por el Servicio de Sanidad Forestal (SSF) de Illes Balears.

Con la evolución y mejora aplicada de las fases de trabajo establecidas en la sistemática que se ha proyectado y realizado, y gracias a la coordinación de las empresas aplicadoras con la Dirección Técnica se obtiene un perfeccionamiento constante, que repercute en la calidad del trabajo ejecutado, y en el objetivo final que es el control de la procesionaria del pino en la isla de Ibiza.

Por otra parte, de cara a seguir mejorando en cuanto al desarrollo de la metodología utilizada en los tratamientos aéreos, se debe continuar con las reuniones entre los miembros del operativo, una vez finalizados los trabajos, tomando nota de las principales incidencias que hayan surgido y promoviendo mejoras para su aplicación en futuros tratamientos. Además, es conveniente incentivar una serie de reuniones en las que se realice una puesta en común de las experiencias surgidas durante el desarrollo de aplicaciones aéreas en las masas forestales de las diferentes comunidades autónomas donde se realicen este tipo de trabajos.

7. Agradecimientos

La complejidad de un trabajo tan completo como es la planificación y la realización de un tratamiento fitosanitario aéreo mediante diferentes aeronaves (avión y helicóptero), necesita que el conjunto del personal implicado en el mismo mantenga un compromiso total con las labores desarrolladas, para conseguir que el resultado final resulte satisfactorio. Además, se trata de diversas tareas complejas que deben encontrarse bajo una estricta coordinación y que requieren de un aporte extra de energía durante el desarrollo de las jornadas de trabajo.



La intensidad y la tensión existente en algunas fases del tratamiento aéreo podrían ocasionar roces o malentendidos que influyesen de modo negativo en el equipo humano vinculado al proyecto, si bien esto no ha ocurrido gracias al diálogo continuado que se mantiene durante las reuniones del equipo, tanto antes del inicio del trabajo como durante el desarrollo de la aplicación del producto. Además, a lo largo de los años en los que se vienen desarrollando los tratamientos sobre los pinares de la isla de Ibiza, han surgido numerosos inconvenientes y problemas a los que el equipo técnico se ha enfrentado de manera positiva y satisfactoria aplicando el conocimiento técnico para conseguir el logro del objetivo común.

Se debe reconocer al Servicio de Sanidad Forestal de les Illes Balears, representado por el jefe de servicio Luis Núñez Vázquez, por su labor de promover y dar continuidad a lo largo del tiempo a este tipo de trabajos como medida sanitaria del control de la procesionaria del pino en los pinares de la isla de Ibiza. Las labores de información y divulgación realizadas por parte del SSF, también son de agradecer, así como la coordinación y la colaboración de este Servicio con las empresas de aplicación aérea y del CC.

Además, se agradece la profesionalidad y la atención que ha mostrado en todo momento la técnica de medioambiente del Ayuntamiento de Santa Eulària des Riu, María Galludo Ortiz, que siempre ha colaborado en cualquier tema que se le ha requerido, así como, a las directoras del Parc Natural de Ses Salines Marta Castelló Roger y Pilar Alañón.

Igualmente, dar las gracias, por la amabilidad y la buena voluntad que ha mostrado en todo momento el personal que atiende el teléfono de Emergencias 112 en les Illes Balears, así como el Punto de Información Ambiental (PIA), la Policía Local de todos los ayuntamientos involucrados, la Asociación de Apicultores de Ibiza y a la Asociación de Fibromialgia, Síndrome de Fatiga Crónica, Sensibilidad Química, Sensibilidad Electromagnética y Enfermedades Reumáticas de Ibiza y Formentera (AFFARES).

Por último, es justo reconocer y agradecer a todo el personal de las empresas aplicadoras, por su colaboración y buena disposición para atender todas las direcciones y órdenes de la Dirección Técnica. Tanto a ROTORSUN S.L, compañía aérea de helicópteros, destacando a los pilotos Pascual Oliva López y Carlos Riera Alberola y a los auxiliares Salvador Sánchez Galián y Juan Antonio García Rabal; como a MARTÍNEZ RIDAO AVIACIÓN S.L., compañía de aviones, destacando al piloto Ángel Aguado Palacios y al mecánico Juan Manuel Limones Benítez.

8. Bibliografía

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL Y POLÍTICA FORESTAL; MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE; 2012. Cuarto Inventario Forestal Nacional, Illes Balears.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT AGRICULTURA I PESCA, GOVERN ILLES BALEARS; 2018. Control de la procesionaria del pino mediante el tratamiento aéreo de pinares en Ibiza. Año 2018.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT AGRICULTURA I PESCA, GOVERN ILLES BALEARS; 2021. Control de la procesionaria del pino mediante el tratamiento aéreo de pinares en Ibiza. Año



2021.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT AGRICULTURA I PESCA, GOVERN ILLES BALEARS; 2022. Control de la procesionaria del pino mediante el tratamiento aéreo de pinares en Ibiza. Año 2022.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT AGRICULTURA I PESCA, GOVERN ILLES BALEARS; 2023. Control de la procesionaria del pino mediante el tratamiento aéreo de pinares en Ibiza. Año 2023.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT AGRICULTURA I PESCA, GOVERN ILLES BALEARS; 2024. Control de la procesionaria del pino mediante el tratamiento aéreo de pinares en Ibiza. Año 2024.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT AGRICULTURA I PESCA, GOVERN ILLES BALEARS; 2018. Control de la procesionaria del pino mediante el tratamiento aéreo de pinares en Ibiza. Año 2024.

MICRONAIR; (Micron Group, 2016). Micronair AU7000 Atomiser. Operator's Handbook and parts catalogue. https://www.microngroup.com/files/au7000_web_handbook_iss_12.pdf.

NÚÑEZ, L., RAMONELL A.; 2002. La procesionaria del pi. L'insecte defoliador dels pins autòctons. Quaderns de Natura, nº 13. Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. 20 p. Mallorca.

PROBELTE; 2019. Belthirul, bioinsecticida microbiològic contra orugas.