



2022
Lleida

27·1
junio · juny
julio · juliol

Cataluña
Catalunya

8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Metodología utilizada para el control de plagas mediante tratamientos aéreos en las islas de Mallorca y Formentera

MANZANO SERRANO, M. J.¹, BELVIS DE MIGUEL, G.¹, FOLGUEIRAS GONZÁLEZ, R.¹, NÚÑEZ VÁZQUEZ, L.² SANTIAGO LOZANO, M. I.² y CLOSA SALINAS S.²,

¹ Estudios Medioambientales S.L. (ESMA).

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

Resumen

La procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff.) y la oruga peluda (*Lymantria dispar* Linnaeus) son especies de lepidópteros que ocasionan defoliaciones en pinares de Mallorca y Formentera, así como en los encinares de Mallorca. Por ello, el Govern Illes Balears ha planificado aplicaciones aéreas sobre las masas forestales afectadas, utilizando un bioinsecticida microbiológico. El producto empleado está compuesto por la bacteria *Bacillus thuringiensis* (variedad *kurstaki*) 17,6% p/v, tiene actividad por ingestión y es de carácter selectivo. El tratamiento aéreo se realiza mediante helicóptero provisto de atomizadores tipo *Micronair* con sistemas de Ultra Bajo Volumen (Ultra Low Volume).

En todo el proceso se emplea una exhaustiva metodología con diversas tareas, previas, durante y al finalizar la ejecución del tratamiento aéreo; destacando el examen sobre el terreno para comprobar que los trabajos se ejecutan de acuerdo a la normativa vigente; labores de comunicación e información a la población; y el análisis GIS detallado con los datos obtenidos del helicóptero sobre las superficies pulverizadas georreferenciadas, para obtener el resultado de la efectividad según los límites de las áreas objeto del tratamiento.

Este control específico de todas las tareas realizadas proporciona una óptima calidad del trabajo ejecutado, confirmando el cumplimiento de los protocolos de seguridad y consiguiendo como objetivo final la disminución de las poblaciones de ambas orugas, a fin de mantener las masas forestales en buen estado de salud.

Palabras clave

Plaga, *Bacillus*, efectividad, polígono, helicóptero, tratamiento.

1. Introducción

Los tratamientos aéreos contra insectos defoliadores de masas forestales se muestran como herramientas eficaces para el control de sus poblaciones, disminuyendo la intensidad de los daños y controlando la expansión de la plaga objetivo. Las aplicaciones aéreas están especialmente indicadas en áreas extensas, siendo el helicóptero la aeronave más indicada para trabajar en zonas que presentan contornos irregulares, con escasas dimensiones, orografía abrupta y sobre localizaciones fragmentadas.

La superficie forestal en Mallorca ocupa el 41,32% de su territorio, mientras que en la isla de Formentera la extensión alcanza el 53,24% (Cuarto Inventario Forestal Nacional, Illes Balears, 2012), lo que supone 150.248,8 y 4.398,5 ha, respectivamente. Las masas forestales presentes en Mallorca y Formentera tienen características muy diferentes, aunque presentan especies de arbolado en común. Así, en lo referente a las frondosas en Mallorca predominan los encinares de *Quercus ilex*, mientras que atendiendo a las coníferas son los pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*) los más abundantes. Sin embargo, en Formentera la mayor parte del territorio forestal está conformado por pinares de pino carrasco, que aparece formando rodales puros y en ocasiones también forma masas mixtas con ejemplares de sabina negral (*Juniperus phoenicea*), no existiendo presencia de encinares.

En Mallorca los pinares representan 47.889,18 ha, lo que supone un 13,16% del territorio de la isla y un 31,84% respecto a su superficie forestal; mientras que los encinares ocupan 11.178,24 ha, lo que supone un 3,07% del territorio y un 7,42% de su terreno forestal. Por otra parte, las masas de pinar ocupan 1.651,37 ha de Formentera, representando el 19,83% de la isla y el 37,26% de su terreno forestal.

Es importante destacar que los datos de ocupación de las especies forestales reflejados en el cuarto Inventario Forestal Nacional de Illes Balears representan a masas puras correspondientes a pinares y encinares, si bien en ambas islas existen masas mixtas que presentan mayor o menor proporción de estas especies en mezcla con otras, pero que no se incluyen en estas cuantificaciones.

2. Antecedentes

El Servicio de Sanidad Forestal (SSF) ha propuesto la aplicación de un Plan de Control Integral para el territorio forestal balear, que incluye tratamientos aéreos con bioinsecticida microbiológico y de carácter selectivo, para evitar la expansión de las poblaciones de lepidópteros defoliadores de las principales masas forestales. De este modo, se ha trabajado sobre pinares autóctonos de pino carrasco (*Pinus halepensis*) y sobre encinares (*Quercus ilex*); centrándose en el primer caso en actuaciones contra la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*), mientras que en el segundo se ha actuado contra la oruga peluda (*Lymantria dispar*).

Así, en Mallorca se han realizado aplicaciones aéreas contra la procesionaria del pino en el año 2019 y contra la oruga peluda en 2019 y 2020, mientras que en Formentera se ha actuado sobre las masas de pino carrasco desde 2017 hasta 2020. Con estas actuaciones, se contribuye a frenar la expansión de estos agentes dañinos en ambas islas, disminuyendo su población y el impacto que tienen sus daños sobre las masas forestales afectadas.

Las aplicaciones aéreas se han desarrollado en áreas concretas en las que se ha comprobado que existen focos de estos agentes nocivos y que han sido previamente cartografiados por parte del Servicio de Sanidad Forestal (SSF), afectando a pinares, en el caso de la procesionaria y a encinares, en el caso de la oruga peluda. Las zonas objetivo de los tratamientos aéreos, han sido seleccionadas por el SSF atendiendo a los siguientes criterios:

- ✓ Áreas que presentan un elevado nivel de afectación, reincidente y con riesgo grave para la supervivencia de la masa forestal.
- ✓ Masas muy debilitadas a lo largo del tiempo, debido a que han sufrido defoliaciones reiteradas a lo largo de los últimos años.
- ✓ Zonas forestales de uso público (áreas recreativas), que son empleadas para el ocio y el disfrute del tiempo libre por parte de los ciudadanos, turistas y visitantes. Este condicionante resulta especialmente importante en el caso de los tratamientos aéreos contra la procesionaria del pino.

El producto utilizado tanto contra la procesionaria, como contra la oruga peluda se denomina Belthirul F y se trata de un bioinsecticida microbiológico utilizado para el control de orugas de lepidópteros en sus primeras fases larvarias. 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. Su aplicación se realiza bajo técnicas de Ultra Bajo Volumen (ULV por sus siglas en inglés), con dosis de 2-4 litros/ha. Además, este producto actúa por ingestión y tiene carácter selectivo, al afectar sólo a las orugas de lepidópteros, lo que genera una percepción favorable de este tipo de tratamientos aéreos por parte de los ciudadanos y visitantes de las islas.

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. Estas esporas producen proteínas que se agregan formando cristales paraesporales durante su esporulación. Estos cristales, compuestos por varias proteínas (delta-endotoxinas), son los principales responsables de la actividad bioinsecticida, en forma de cristales proteínicos (proteína Cry).

Tras su aplicación, mediante el tratamiento aéreo, las proteínas quedan adheridas a las hojas del árbol y, una vez son ingeridas por las orugas, los cristales proteínicos se diluyen en su intestino medio, formándose las protoxinas; que por acción de las proteasas intestinales se transforman en las toxinas activas, que se activan y se insertan en el epitelio del intestino del insecto, provocándole poros que alteran el equilibrio osmótico del mismo. Como consecuencia de ello, 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 el insecto 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.

Previamente a dar comienzo a 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) autonómicos y locales; así como de las redes sociales, en los que se ofrece extensa información sobre los objetivos de este trabajo, 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 previamente, en las notas de prensa.

Esta labor informativa persigue un doble objetivo: por una parte, se trata de dar a conocer los trabajos que se van a desarrollar y por otra se trata de crear una predisposición favorable por parte de la población local a la realización de los tratamientos aéreos. Se trata de una acción de gran importancia que es recibida de forma muy satisfactoria por la población, ya que, por lo general, se consiguen alcanzar los objetivos planteados, percibiéndose una valoración positiva del tratamiento por parte de la mayor parte de los vecinos. A ello ayuda 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 o encinares.

3. Objetivos

El correcto desarrollo de tratamientos aéreos dirigidos al control integral de agentes dañinos en las masas forestales 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 el desarrollo de las mismas en todo momento.

Para comprobar que todas las labores se realizan conforme al protocolo establecido a nivel técnico y que la normativa de seguridad se cumple durante el desarrollo de estas, se hace necesario el cumplimiento de una Metodología de Control, que se supervisa *in situ* mediante una Dirección Técnica.

Esta metodología se ha diseñado de forma específica para el control de plagas mediante tratamientos aéreos 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 encuentran implicados y afectados, en mayor o menor medida, por la realización de tratamientos aéreos para el control de plagas en masas forestales.

El principal objetivo de esta Metodología de Control es la supervisión del conjunto de tareas realizadas durante los tratamientos aéreos, 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 descritos 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.

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:

Acciones previas al comienzo del tratamiento

- ✓ Diseño y elaboración de documentación: En gabinete se preparan diversas 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, se generan fichas de pista, fichas de campo, fichas de prueba de calibración, fichas resumen de los trabajos realizados, hojas de Actas, Libro de Órdenes, etc. Además, se preparan los carteles informativos que se colocarán en campo, una vez que el equipo técnico se desplace a las islas, tanto en las pistas forestales de acceso a las zonas objeto de tratamiento, como en las proximidades de las helipistas que se van a emplear durante las operaciones aéreas.
- ✓ Control y seguimiento de variables meteorológicas: Varios días antes de que comience el tratamiento aéreo se debe realizar un seguimiento exhaustivo de las predicciones de las variables meteorológicas que existen en el área de trabajo, prestando especial atención a la velocidad de las rachas de 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, para el cumplimiento de las condiciones meteorológicas necesarias para el correcto desarrollo de la aplicación aérea.
- ✓ Comprobación de la documentación y los permisos necesarios por parte de la empresa aplicadora: 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 la aeronave (pólizas de seguros), que van a realizar el tratamiento aéreo.

- ✓ Comprobación de la cantidad y adecuación del producto a emplear: El ingeniero técnico que se encuentra en la helipista (técnico de pista), es el encargado de verificar que en la zona de carga se encuentra el bioinsecticida que se va a utilizar en la aplicación y que éste tiene las características especificadas en el pliego técnico por el SSF. Además, se comprueba que la cantidad de litros de producto disponibles resultan suficientes para completar el trabajo. En caso de que todo ello sea correcto, se levanta un acta que así lo determine y a continuación se firma por parte de la empresa aplicadora y de la dirección técnica.
- ✓ Comprobación del estado previo de las helipistas a utilizar durante el tratamiento: Se deben visitar todas las posibles helipistas y comprobar si resultan adecuadas para el desarrollo del trabajo de acuerdo con las características que presentan en cada momento. 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 helipistas: 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 helipistas 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. Durante la instalación de la señalización, se procede al marcaje mediante GPS de cada uno de los carteles, para facilitar la posterior retirada y asegurar que ninguno de ellos queda sin retirar.
- ✓ Verificación de que la empresa adjudicataria cuenta con todos los dispositivos de control: Se comprueba el correcto funcionamiento de las motobombas utilizadas en la carga del producto y del combustible de la aeronave, del caudalímetro y que se dispone de recipientes auxiliares para la mezcla del producto, si es necesaria, y para una adecuada dosificación del mismo.
- ✓ Comprobación de maquinaria, equipos, material auxiliar y material de repuesto: Se debe contrastar que la empresa aplicadora cuenta con todo el equipo necesario para el correcto desarrollo del trabajo y que además dispone de piezas y material de repuesto en caso de que existan averías o fallos que requieran la reparación o incluso la sustitución.
- ✓ Comprobación del correcto funcionamiento de las comunicaciones: Mediante el empleo de una emisora de banda aérea el técnico de campo verifica que la comunicación con el piloto de la aeronave presenta buena calidad en transmisión y recepción en la frecuencia que se tiene asignada. Realizada esta comprobación, se levanta un acta que así lo refleja y que se firma por parte de la empresa aplicadora 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 del helicóptero para comprobar el correcto funcionamiento de la bomba del producto y de los emisores (*Micronair AU-7000*) instalados sobre ambas pértigas.
- ✓ 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 a continuación, se firma por parte de la empresa aplicadora y por parte de la dirección técnica.
- ✓ Cumplimentación de las fichas correspondientes a la calibración de los equipos de pulverización: El ingeniero técnico que se encuentra en la 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 y, a continuación, se firma por parte de la empresa aplicadora y de la dirección técnica.

- ✓ Comprobación del ancho de pasada, tamaño de gota y porcentaje de cubrición del producto: 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 y, a continuación, se firma por parte de la empresa aplicadora y de la dirección técnica.
- ✓ Aviso mediante contacto telefónico a las administraciones y organismos pertinentes: La jornada previa al comienzo de la aplicación aérea, se realiza una serie de llamadas telefónicas a los contactos establecidos en el operativo, para informar del comienzo de los trabajos, advirtiendo además de que se procederá a informarles diariamente del inicio de los vuelos del helicóptero.

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, se contacta 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 el helicóptero ya se encuentra en tierra, se da aviso al 112 para informar de la finalización de los vuelos correspondientes a la jornada de trabajo.
- ✓ Comprobación *in situ* de las variables meteorológicas: Cada día el ingeniero técnico encargado de controlar los trabajos de campo comprueba que se dan las condiciones meteorológicas adecuadas para iniciar el tratamiento. Además, durante el desarrollo del tratamiento se debe anotar sistemáticamente, cada 20 minutos, los datos correspondientes a 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; que son velocidades de viento inferiores a los 10 Km/h y 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 se muestra en el pliego técnico.
- ✓ 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 el ingeniero técnico que sigue al helicóptero durante la aplicación (técnico de campo), debe corroborar que la vegetación que se encuentra incluida en los polígonos de tratamiento, se encuentra seca y que no existe humedad ni rocío sobre la vegetación.
- ✓ Comprobación de la señalización: Conforme el técnico de campo va cambiando su posición mientras realiza las labores de seguimiento y control de la aeronave, debe observar que los carteles indicativos de la realización de la aplicación aérea se encuentran en buen estado y que no se han retirado 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: El ingeniero técnico que se encuentra en la zona de tratamiento controla la altura de vuelo y la velocidad del helicóptero, para que la aplicación del producto sobre la masa forestal resulte óptima.
- ✓ Comprobación de que no llega producto a las zonas excluidas: El técnico de campo comprueba 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 realiza varios vuelos de regreso a la helipista utilizada como base para cargar el producto bioinsecticida utilizado en la aplicación, así como para realizar el repostaje de combustible para el siguiente vuelo. 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. El técnico de pista supervisa que la operación de repostaje se realice 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, el ingeniero técnico localizado en la helipista, con autorización del piloto, descarga los archivos informáticos generados por el software conectado al DGPS del helicóptero.
- ✓ Comprobación de la limpieza del depósito del helicóptero: Una vez finalizan los trabajos de aplicación diarios se procede a cargar el depósito para el producto bioinsecticida de la aeronave con agua limpia mezclada con los restos correspondientes al enjuague y limpieza de los bidones de producto utilizados durante la jornada. A continuación, el helicóptero despegue de la helipista y en una masa forestal próxima pulveriza el agua cargada; primero esparciendo parte de la carga por medio de los atomizadores, con el fin de limpiar 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 la pista: Cada jornada de trabajo, el técnico que se encuentra en la pista debe completar un formulario que se ha diseñado para la recopilación de los datos correspondientes a los vuelos realizados por la aeronave. En concreto en cada ficha debe constar: fecha, pista desde la que se está trabajando y coordenadas de la misma, 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 del piloto de la aeronave y de los auxiliares o mecánicos que se encuentran trabajando en las labores de apoyo. Por otra parte, se incluyen todos los registros correspondientes a cada uno de los vuelos de la aeronave, como son la hora de salida y de llegada, la cantidad de producto cargado, los litros de combustible 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, el técnico de campo, que es el responsable del seguimiento y control de los vuelos del helicóptero en los polígonos que son objeto del tratamiento, debe completar una ficha de campo que se ha diseñado para este trabajo. En dicho formulario se anota la fecha, se realiza una breve descripción de la zona de tratamiento y se exponen algunos comentarios del tratamiento 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 el 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 la aeronave: Tras finalizar las labores correspondientes a cada día de tratamiento, la empresa aplicadora rellena y entrega al técnico de pista el parte de trabajo correspondiente a los vuelos realizados. En el documento aparece la fecha, número de parte, el cliente, filiación del piloto y de los auxiliares o mecánicos, matrícula de la 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. El parte se firma por parte de la

empresa aplicadora y por el ingeniero técnico de pista en nombre del SSF, quedándose ambas partes una copia.

- ✓ Debriefing o reunión diaria entre el equipo aplicador y la dirección técnica: Al final de cada jornada de tratamiento se realiza una reunión entre los pilotos, resto de personal técnico de la empresa aplicadora, el técnico de pista y el técnico director del tratamiento para analizar todas las operaciones realizadas, poniendo especial atención en aquellos aspectos mejorables si los hubiera. 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.

Acciones tras el fin del tratamiento

- ✓ Comprobación del estado del as helipistas: Una vez terminados los trabajos correspondientes a cada una de las aplicaciones, que están separadas al menos 10 días entre sí, se debe revisar el estado en el que han quedado las helipistas utilizadas. Se debe comprobar que no queda material ni ningún tipo de basura o resto, así como que no existen manchas ni salpicaduras sobre el terreno.
- ✓ Retirada de la señalización: Una vez terminada la aplicación del producto sobre las zonas de tratamiento y ya finalizado este, se deben retirar todos los carteles de aviso que se han instalado antes del comienzo de los trabajos.
- ✓ Análisis detallado de la efectividad del tratamiento: Una vez en gabinete, se analizan los archivos generados por el DGPS y el *software NavView* y se procede a calcular 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. Así, para la realización de estos cálculos se debe calcular el área tratada que se obtiene 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. Además, es importante tener en cuenta que se debe calcular de forma independiente la efectividad obtenida en cada una de las pasadas, generando una efectividad para la primera pasada y otra para la segunda, obteniendo a continuación la efectividad media.
- ✓ Comprobación de la documentación correspondiente a la eliminación de residuos: Atendiendo al pliego técnico establecido por el SSF, la empresa adjudicataria dispone 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 pases 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 a la normativa vigente en la materia y para la verificación se presenta un justificante de entrega o albarán.

5. Resultados

Los archivos generados por el *software NavView* de la aeronave son sometidos a un proceso de edición mediante programas SIG para realizar el correspondiente análisis espacial del área tratada en cada una de las dos aplicaciones realizadas en cada tratamiento aéreo. De esta manera se obtiene una efectividad para la primera pasada y otra para la segunda, si bien la certificación final corresponde a la efectividad media de ambas aplicaciones, obteniendo así la efectividad del tratamiento.

De este análisis se extraen los datos referentes a la superficie total tratada, la superficie tratada en el interior del polígono y fuera del mismo, la efectividad, los solapamientos y la superficie que representan estos solapes.

Además del estudio analítico de las superficies tratadas y de la efectividad obtenida, se realiza un análisis de las particularidades concretas que presenta cada zona de tratamiento, a nivel cartográfico. Por ello se comentan los errores observados en la aplicación, en caso de que se hayan producido, o bien se exponen diferentes anomalías detectadas durante el trabajo de fumigación que pueden justificarse en aquellos casos en los que existan motivos concretos para tener en cuenta y que se escapen de la planificación previa establecida.

Tanto el estudio analítico como el cartográfico, deben realizarse 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 85%, como se define en el correspondiente Pliego Técnico, en el apartado referido a la Calificación de la efectividad (Tabla 1).

Tabla 1. Calificación de la efectividad.

EFFECTIVIDAD	CALIFICACIÓN
> 85%	APTO. Certificación automática
85-70%	Análisis de motivos y causas. APTO O NO APTO y certificación en función del resultado del análisis
< 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 tanto en Mallorca como en Formentera; así como, en los que se han desarrollado contra la oruga peluda en los encinares de Mallorca, la empresa aplicadora que ha trabajado con el SSF siempre ha obtenido una calificación de APTO en todas las aplicaciones. A continuación, se muestra una tabla resumen con la calificación de la efectividad obtenida en cada uno de los tratamientos aéreos realizados (Tabla 2), tanto en Mallorca como en Formentera, indicando el año en que ha tenido lugar la aplicación, la isla en la que se ha trabajado, el agente nocivo objeto del tratamiento y el porcentaje de la efectividad obtenida en cada caso.

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

AÑO	ISLA	AGENTE	EFFECTIVIDAD (%)
2017	Formentera	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	92,09 (ESMA, 2017)
2018	Formentera	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	90,45 (ESMA, 2018)
2019	Mallorca	<i>Lymantria dispar</i>	93,59 (ESMA, 2019)
2019	Mallorca	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	91,56 (ESMA, 2019)
2019	Formentera	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	91,13 (ESMA, 2019)
2020	Mallorca	<i>Lymantria dispar</i>	91,69 (ESMA, 2020)
2020	Formentera	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	90,56 (ESMA, 2020)

Observando el contenido de la tabla anterior pueden destacarse los elevados valores de efectividad que se han obtenido en los trabajos realizados a lo largo de estos años, alcanzando el 90% en todos los casos y superando ampliamente los registros necesarios que se establecen en el Pliego de Prescripciones Técnicas para la certificación automática.

En este caso, la utilización de una aeronave como el helicóptero, que presenta una gran capacidad de maniobra a la hora de realizar las pasadas durante la aplicación resulta la mejor elección posible y la más adecuada para trabajar sobre las masas forestales existentes en Mallorca y Formentera. En ambas islas los polígonos objeto de los tratamientos aéreos presentan por lo general formas y contornos irregulares, que además se encuentran muy fragmentados y, por lo tanto, en multitud de ocasiones 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.

6. Conclusiones

Como se puede apreciar en la descripción de esta metodología, durante el proceso de planificación, ejecución y análisis de un tratamiento aéreo dirigido contra agentes defoliadores de las masas forestales, existen múltiples tareas a realizar y numerosos factores para tener en cuenta, dado que el conjunto de los mismos afecta al óptimo desarrollo del trabajo. Además, se debe controlar que se realizan todas las labores necesarias para el correcto desarrollo del tratamiento y se establece un exhaustivo control de las mismas, prestando especial atención al cumplimiento de la normativa de seguridad.

Esta metodología se viene utilizando en las aplicaciones aéreas que se han realizado en Mallorca y Formentera desde el año 2017 y se ha contrastado su eficacia y practicidad en el desarrollo de las mismas. Además, los contenidos que forman parte de esta sistemática no consisten en departamentos estancos ni fijos, ya que la mayoría de los apartados se encuentran interrelacionados entre sí.

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 de los apartados establecidos en la sistemática que se ha llegado a concretar y gracias a la coordinación de la empresa aplicadora con la dirección técnica se obtiene un perfeccionamiento constante, que repercute en la calidad del trabajo realizado.

Por otra parte, de cara a seguir mejorando en cuanto al desarrollo de la metodología utilizada en los tratamientos aéreos contra lepidópteros defoliadores de las masas forestales en Baleares, se debe continuar con las reuniones y charlas de los miembros del operativo una vez finalizados los trabajos, tomando nota de las principales incidencias que hayan surgido, durante la aplicación. Además, es conveniente implementar una serie de reuniones en las que se realice una puesta en común de las experiencias surgidas durante el desarrollo de tratamientos aéreos en las masas forestales de las diferentes comunidades autónomas que realizan este tipo de trabajos.

7. Agradecimientos

Un trabajo tan complejo y completo como es la planificación y la realización de un tratamiento aéreo con helicóptero contra agentes defoliables de las masas forestales no llega a alcanzar un resultado satisfactorio a no ser que el conjunto del personal implicado en el mismo mantenga un compromiso total con las labores a desarrollar. Además, se trata de tareas complejas y variadas que deben estar perfectamente coordinadas y que requieren un aporte extra de energía durante el desarrollo del trabajo.

La intensidad y la tensión existente en algunas fases del tratamiento 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 durante los que se vienen desarrollando los tratamientos, 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.

Por todo ello, se debe agradecer la profesionalidad y la atención que ha mostrado en todo momento el técnico de medioambiente del Consell de Formentera, Javier Asensio Ruano, que siempre ha colaborado en cualquier tema que se le ha requerido; al igual que el personal del Instituto Balear de la Naturaleza (IBANAT), quienes ha mostrado su colaboración en múltiples consultas, destacando a Tomeu Ramis (IBANAT Formentera) y Oriol Carré (IBANAT, finca pública Son Real en Mallorca).

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 Baleares, así como el Punto de Información Ambiental (PIA) y la Policía Local de todos los ayuntamientos involucrados.

Por último, reconocer y agradecer a todo el personal de la empresa aplicadora, ROTORSUN S.L, compañía aérea de helicópteros, por su colaboración y buena disposición para atender todas las direcciones y órdenes de la dirección técnica del tratamiento aéreo, destacando a los pilotos Pascual Oliva López y Carlos Riera Alberola y a los auxiliares Salvador Sánchez Galián, Juan Antonio García Rabal y Francisco Soler Hernández.

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; 2017. Control de calidad de la realización de tratamientos aéreos contra la procesionaria del pino en la isla de Formentera. Año 2017.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT AGRICULTURA I PESCA, GOVERN ILLES BALEARS; 2018. Control de calidad de la realización de tratamientos aéreos contra la procesionaria del pino en la isla de Formentera. Año 2018.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT I TERRITORI, GOVERN ILLES BALEARS; 2019. Control de la procesionaria del pino mediante tratamiento aéreo en los pinares de Formentera. Año 2019.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT I TERRITORI, GOVERN ILLES BALEARS; 2019. Control de calidad del tratamiento aéreo contra la procesionaria del pino en Mallorca y Menorca. Año 2019.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT AGRICULTURA I PESCA, GOVERN ILLES BALEARS; 2019. Control de la oruga peluda (*Lymantria dispar*) mediante el tratamiento aéreo de encinares en Mallorca. Año 2019.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT I TERRITORI, GOVERN ILLES BALEARS; 2020. Control de la oruga peluda (*Lymantria dispar*) mediante el tratamiento aéreo de encinares en Mallorca. Año 2020.

ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES S.L. (ESMA); CONSELLERIA MEDI AMBIENT I TERRITORI, GOVERN ILLES BALEARS; 2020. Control de la procesionaria del pino mediante tratamiento aéreo en los pinares de Formentera. Año 2020.

PROBELTE; 2019. Belthirul, bioinsecticida microbiológico contra orugas.

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