



OFICINA DE PARTES 1 FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	30 OCT 2019
Hora	13:10
Nº Ingreso	60180

INFORME TECNICO FINAL

Nombre del proyecto	Manejo Sustentable de Plagas mediante el Desarrollo de un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) para la Dispersión de Agentes de Control Biológico
Código del proyecto	PYT-2016-0121
Informe final	Sí
Período informado (considerar todo el período de ejecución)	desde el 01 de abril de 2016 hasta el 30 de septiembre de 2019
Fecha de entrega	31 de octubre de 2019

Nombre coordinador	Luis Devotto Moreno
Firma	

INSTRUCCIONES PARA CONTESTAR Y PRESENTAR EL INFORME

- Todas las secciones del informe deben ser contestadas, utilizando caracteres tipo Arial, tamaño 11.
- Sobre la información presentada en el informe:
 - Debe dar cuenta de todas las actividades realizadas en el marco del proyecto, considerando todo el período de ejecución, incluyendo los resultados finales logrados del proyecto; la metodología utilizada y las modificaciones que se le introdujeron; y el uso y situación presente de los recursos utilizados, especialmente de aquellos provistos por FIA.
 - Debe estar basada en la última versión del Plan Operativo aprobada por FIA.
 - Debe ser resumida y precisa. Si bien no se establecen números de caracteres por sección, no debe incluirse información en exceso, sino solo aquella información que realmente aporte a lo que se solicita informar.
 - Debe ser totalmente consistente en las distintas secciones y se deben evitar repeticiones entre ellas.
 - Debe estar directamente vinculada a la información presentada en el informe financiero final y ser totalmente consistente con ella.
- Sobre los anexos del informe:
 - Deben incluir toda la información que complemente y/o respalde la información presentada en el informe, especialmente a nivel de los resultados alcanzados.
 - Se deben incluir materiales de difusión, como diapositivas, publicaciones, manuales, folletos, fichas técnicas, entre otros.
 - También se deben incluir cuadros, gráficos y fotografías, pero presentando una descripción y/o conclusiones de los elementos señalados, lo cual facilite la interpretación de la información.
- Sobre la presentación a FIA del informe:
 - Se deben entregar tres copias iguales, dos en papel y una digital en formato Word (CD o pendrive).
 - La fecha de presentación debe ser la establecida en el Plan Operativo del proyecto, en la sección detalle administrativo. El retraso en la fecha de presentación del informe generará una multa por cada día hábil de atraso equivalente al 0,2% del último aporte cancelado.
 - Debe entregarse en las oficinas de FIA, personalmente o por correo. En este último caso, la fecha válida es la de ingreso a FIA, no la fecha de envío de la correspondencia.
- El FIA se reserva el derecho de publicar una versión del Informe Final editada especialmente para estos efectos.

CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES GENERALES.....	4
2.	EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO.....	4
3.	RESUMEN EJECUTIVO.....	5
4.	OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	7
5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE).....	7
6.	RESULTADOS ESPERADOS (RE).....	8
7.	CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO	22
8.	ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO	23
9.	POTENCIAL IMPACTO.....	24
10.	CAMBIOS EN EL ENTORNO.....	25
11.	DIFUSIÓN	27
12.	PRODUCTORES PARTICIPANTES	30
13.	CONSIDERACIONES GENERALES.....	31
14.	CONCLUSIONES.....	34
15.	RECOMENDACIONES.....	34
16.	ANEXOS	
17.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	35

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre Ejecutor:	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Nombre(s) Asociado(s):	NaturalChile Ltda. - Bluefield Chile Ltda. - Atiagro Limitada
Coordinador del Proyecto:	Luis Devotto Moreno
Regiones de ejecución:	Ñuble, Metropolitana, Biobío
Fecha de inicio iniciativa:	01 de abril de 2016
Fecha término Iniciativa:	15 de octubre de 2019

2. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO

Costo total del proyecto			
Aporte total FIA			
Aporte Contraparte	Pecuniario		
	No Pecuniario		
	Total		

Acumulados a la Fecha		Monto (\$)
Aportes FIA del proyecto		
1. Aportes entregados	Primer aporte	
	Segundo aporte	
	Tercer aporte	
	Cuarto aporte	
	Quinto aporte	
	n aportes	
2. Total de aportes FIA entregados (suma N°1)		
3. Total de aportes FIA gastados		
4. Saldo real disponible (N°2 – N°3) de aportes FIA		
Aportes Contraparte del proyecto		
1. Aportes Contraparte programado	Pecuniario	
	No Pecuniario	
2. Total de aportes Contraparte gastados	Pecuniario	
	No Pecuniario	
3. Saldo real disponible (N°1 – N°2) de aportes Contraparte	Pecuniario	
	No Pecuniario	

3. RESUMEN EJECUTIVO

3.1 Resumen del período no informado

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante el período comprendido entre el último informe técnico de avance y el informe final. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

Durante los últimos seis meses del proyecto las actividades estuvieron concentradas en generar los datos para realizar las comparaciones económicas entre la liberación aérea y la liberación terrestre, realizar difusión de los resultados del proyecto y proyectar la tecnología más allá del cierre del proyecto.

Para ello se están programando reuniones con dos empresas (Geonuts y Xilema) y con SAG para satisfacer demandas específicas que ellos tienen.

También se dedicó una gran cantidad de tiempo al diseño y fabricación de las esferas biodegradables, lo cual resultó satisfactoriamente.

El UAV se diseñó de tal manera que sus sistemas electrónicos y físicos puedan ser escalados,

3.2 Resumen del proyecto

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante todo el período de ejecución del proyecto. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

Esta iniciativa abordó por primera vez en Chile la liberación aérea de controladores biológicos en dosis diferenciadas según la intensidad de la plaga que se pretende suprimir. Bajo esta premisa nace el concepto de *control biológico de precisión*, es decir, la suma de:

- a) Monitoreo intensivo y georreferenciado en campo;
- b) Un programa parametrizado que toma los datos iniciales, los compara con valores pre-establecidos y determina cuánto aplicar en cada sector de un campo o huerto y;
- c) Un dron capaz de seguir las instrucciones generadas por el programa y descargar diferencialmente siguiendo un plan de vuelo y sin intervención humana.

Las tres características antes mencionadas diferencian este desarrollo de equipos que, desde 2016 a la fecha, han llegado o se han construido en el país para cumplir labores similares.

El equipo tiene una capacidad de 600 cc, para transportar esferas biodegradables rellenas con controladores biológicos y tiene una autonomía de 12-16 minutos. Vuela sin intervención humana. Los sistemas de posicionamiento global (GPS) como los que se utilizan en los celulares no son suficientes para alcanzar los niveles de precisión establecidos en este proyecto. Por ello, el dron fue dotado de un sistema de posicionamiento RTK (posicionamiento cinemático en tiempo real), mediante el cual varios satélites conectados a un módem de radio permiten obtener correcciones instantáneas. Gracias a este sistema las descargas del dron lograron una precisión y exactitud tuvieron un error inferior a 110 cm.

El proyecto liberó dos insectos emblemáticos dentro del control biológico: la microavispa parasitoide *Trichogramma* sp., de menos de 2 milímetros de tamaño, y el neuróptero depredador *Chrysoperla* sp., cuyas larvas miden 6 a 8 mm. Se probó varios diseños de esferas, colores, número y ubicación de los orificios de salida, etc., para finalmente seleccionar una esfera de color oscuro, con una opacidad del 70%, con cuatro orificios de salida de 2x4 milímetros. Bajo estas condiciones sobre el 90% de los parasitoides y de las larvas depredadoras salieron de las esferas.

Las comparaciones entre el método de liberación tradicional terrestre y el método aéreo, en diferentes cultivos y escenarios, indicó que liberar con drones en promedio baja los costos en 40% o más y que la rentabilidad es, en términos gruesos, tres veces más alta liberando por aire que por tierra, lo que se debe fundamentalmente al aumento del número de hectáreas que se puede cubrir en un día.

Además, esta tecnología posibilita usar controladores biológicos en escenarios donde el costo de la mano de obra es tan alto que hace imposible usar esta tecnología.

4. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Aumentar la eficacia y sustentabilidad del manejo de plagas en la agricultura mediante el uso intensivo de monitoreo y la liberación de enemigos naturales mediante vehículos aéreos no tripulados (UAV = drones)

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)

5.1 Porcentaje de Avance

El porcentaje de avance de cada objetivo específico se calcula luego de determinar el grado de avance de los resultados asociados a éstos. El cumplimiento de un 100% de un objetivo específico se logra cuando el 100% de los resultados asociados son alcanzados.

Nº OE	Descripción del OE	% de avance al término del proyecto ¹
1	Diseñar un prototipo de UAV (dron) que permita liberar desde el aire dos tipos de controladores biológicos, ahorrando tiempo y dinero a los agricultores	100%
2	Elaborar un software que genere "planes de vuelo" para el dron bajo el principio de "liberar más donde se necesite más"	100%
3	Realizar vuelos piloto y evaluar su precisión confiabilidad, y costo	98%
4	Estudiar económicamente la nueva tecnología en comparación al método convencional	100%
5	Seleccionar razas de controladores biológicos adecuados para la dispersión mediante drones	100%

¹ Para obtener el porcentaje de avance de cada Objetivo específico (OE) se promedian los porcentajes de avances de los resultados esperados ligados a cada objetivo específico para obtener el porcentaje de avance de éste último.

6. RESULTADOS ESPERADOS (RE)

Para cada resultado esperado debe completar la descripción del cumplimiento y la documentación de respaldo.

6.1 Cuantificación del avance de los RE al término del proyecto

El porcentaje de cumplimiento es el porcentaje de avance del resultado en relación con la línea base y la meta planteada. Se determina en función de los valores obtenidos en las mediciones realizadas para cada indicador de resultado.

El porcentaje de avance de un resultado no se define según el grado de avance que han tenido las actividades asociadas a éste. Acorde a esta lógica, se puede realizar por completo una actividad sin lograr el resultado esperado que fue especificado en el Plan Operativo. En otros casos se puede estar en la mitad de la actividad y ya haber logrado el 100% del resultado esperado.

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado ² (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real ⁸	% de cumplimiento
			Nombre del indicador ³	Fórmula de cálculo ⁴	Línea base ⁵	Meta del indicador ⁶ (situación final)	Fecha alcance meta programada ⁷		
1	1	Montar un dispositivo con componentes mecánicos y electrónicos para liberar en forma controlada	Kit liberador de enemigos naturales	Nº de dispositivos	No existe el dispositivo	Un kit	Sep 2017	Mayo 2017	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

² Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

³ Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

⁴ Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

⁵ Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

⁶ Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

⁷ Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

⁸ Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

Se fabricó un compartimiento para transporte y descarga con capacidad de hasta 315 gr de carga (110 esferas de 25 mm o 160 de 14 mm), dotado de boquillas intercambiables para permitir el paso de esferas de estos dos tamaños. La boquilla funciona con un servomotor que le permite abrir o permanecer cerrado según lo que disponga el plan de vuelo. Este compartimiento de transporte y carga está adosado a un vehículo aéreo no tripulado (UAV, Unmanned Aerial Vehicle)

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

"Anexo 1. RE 1.1 Kit liberador de enemigos naturales"

N° OE	N° RE	Resultado Esperado ⁹ (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real ¹⁵	% de cumplimiento
			Nombre del indicador ¹⁰	Fórmula de cálculo ¹¹	Línea base ¹²	Meta del indicador ¹³ (situación final)	Fecha alcance meta programada ¹⁴		
2	1	Tomar como insumo los datos de monitoreo para generar planes de vuelo	Plataforma integradora de monitoreo y liberación	N° de plataformas	No existe el software	Un software	Jun 2017	Junio 2017	100 %
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

⁹ Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

¹⁰ Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

¹¹ Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

¹² Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

¹³ Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

¹⁴ Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

¹⁵ Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

Este resultado, aunque no es el más “llamativo” o “carismático” del proyecto, es el más importante para que el sistema funcione bajo el concepto de control biológico de precisión. En la actualidad, el monitoreo se realiza en forma tradicional, usando distintos tipos de trampas, revisando plantas o partes de ella, revisando suelo, etc.

El punto clave es que la información generada por el monitoreo, hasta la fecha, era evaluada por un “experto”, figura que puede ser un asesor entomológico o alguien entrenado dentro de la organización, quien decide si se toma una acción o no. Este actor clave fue reemplazado por un software que fue “parametrizado”, es decir, dotado de umbrales numéricos que definen categorías, desde no actuar hasta diferentes intensidades de acción.

Lo anterior describe lo esencial o más importante del programa, pero además está dotado de otras capacidades útiles para sus usuarios:

- Muestra los datos de monitoreo en una interfaz gráfica mucho más amigable, donde el huerto o campo incorporado al programa se ve dividido en celdas, como en una grilla, en las cuales la intensidad del problema se muestra con colores fáciles de interpretar (verde, amarillo, rojo).
- Genera órdenes de trabajo para monitorear: el solicitante (encargado de huerto, asesor, gerente agrícola, etc.) puede requerir que un ejecutante realice un monitoreo. El programa tiene la flexibilidad suficiente como permitir que el solicitante defina hacer un monitoreo regular en grilla (puede definir el tamaño de grilla a voluntad), puede marcar con el mouse en el mapa dónde quiere que se monitoree o puede dejar que el ejecutante decida en el campo dónde mirar y que sea éste quien marque los puntos. Además el monitoreo puede ser puntual o puede ser configurado para repetirse un período de tiempo.
- Generar órdenes de trabajo para aplicar: si los umbrales son superados, el solicitante puede emitir una orden de trabajo para tratar la plaga. A solicitud de los productores y empresas que conocieron el sistema, las opciones de control no se restringieron a controladores biológicos, por ende se incluyeron opciones orgánicas y pesticidas químicos convencionales.
- Línea de tiempo: las imágenes del mismo huerto a lo largo de la temporada pueden verse apretando dos fechas para avanzar o retroceder en el tiempo. Esto sirve para definir si un tratamiento ha sido efectivo o no, así como estudiar el comportamiento espacial y temporal de las plagas.

Al ser el corazón del sistema, este software toma información de puntos georeferenciados, los compara con los parámetros pre-establecidos, ajusta la dosis de liberación a la intensidad del problema en cada celda y genera un plan de vuelo (conjunto de *waypoints* + instrucciones de cuánto descargar) para que lo ejecute el UAV.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

"ANEXO 2. RE 2.1 Plataforma integradora de monitoreo y liberación"

N° OE	N° RE	Resultado Esperado ¹⁶ (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real ²²	% de cumplimiento
			Nombre del indicador ¹⁷	Fórmula de cálculo ¹⁸	Línea base ¹⁹	Meta del indicador ²⁰ (situación final)	Fecha alcance meta programada ²¹		
3	1	Vehículo aéreo no tripulado que libere cantidades determinadas de insectos en lugares establecidos según grado de infestación	UAV dotado de kit, cámara y GPS	N° de dispositivos	No existe el UAV con este fin	Un UAV	Ene 2018	Enero 2018	98%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
El vehículo aéreo no tripulado (UAV) está constituido por dos grandes componentes: • El compartimiento de carga: ya fue descrito en el RE 1. • Sistemas de movimiento, navegación y electrónicos. El UAV logra volar gracias a 4 rotores alimentados con la energía de una batería de litio de 5.100 mA, que le otorga una autonomía de 12-16 minutos, en función de la carga y del viento. El dron recibe las instrucciones de vuelo y la configuración de vuelo mediante el programa "Mission Planner", que intermedia entre el software de monitoreo y el UAV. Se decidió no dotar de cámara por razones de disminuir el peso y el GPS fue sustituido por un sistema de mayor precisión.									

¹⁶ Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

¹⁷ Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

¹⁸ Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

¹⁹ Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

²⁰ Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

²¹ Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

²² Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

Anexo 3. UAV dotado de kit, cámara y GPS

N° OE	N° RE	Resultado Esperado ²³ (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real ²⁹	% de cumplimiento
			Nombre del indicador ²⁴	Fórmula de cálculo ²⁵	Línea base ²⁶	Meta del indicador ²⁷ (situación final)	Fecha alcance meta programada ²⁸		
3	2	El UAV llegue a los puntos especificados por su plan de vuelo	Nivel de precisión espacial	Valor absoluto (Punto designado – punto real) (en metros)	No existe	Inferior a 2 metros	Jun 2018	Junio 2018	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

²³ Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

²⁴ Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

²⁵ Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

²⁶ Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

²⁷ Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

²⁸ Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

²⁹ Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

Los sistemas de posicionamiento global (GPS) como los que se utilizan en los celulares o en la mayoría de los UAVs no son suficientes para alcanzar los niveles de precisión establecidos en este proyecto. Por ello, el dron fue dotado de un sistema de posicionamiento distinto llamado RTK, por “*Real Time Kinematic*”, posicionamiento cinemático en tiempo real, mediante el cual varios satélites conectados a un módem de radio permiten obtener correcciones instantáneas, lo que eleva la precisión y repetibilidad a unos pocos centímetros o decenas de centímetros en lugar de metros, como ocurre con un posicionador corriente.

La mayor precisión se logra invirtiendo más en la fabricación del dron más y la antena acompañante. Aunque la primera vez que el UAV va a volar en un campo o huerto se deben hacer las correcciones (lo que toma algún tiempo), esto se realiza por una única vez y por lo tanto cada vez que el UAV tiene que ejecutar un plan de vuelo en ese campo o huerto no es necesario repetir las correcciones.

Gracias a este sistema las descargas del dron lograron una precisión y exactitud inferior a los dos metros.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

Fotografías y tablas contenidas en “Anexo 4. RE 3.2 Nivel de precisión espacial”

N° OE	N° RE	Resultado Esperado ³⁰ (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real ³⁶	% de cumplimiento
			Nombre del indicador ³¹	Fórmula de cálculo ³²	Línea base ³³	Meta del indicador ³⁴ (situación final)	Fecha alcance meta programada ³⁵		

³⁰ Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

³¹ Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

³² Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

³³ Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

³⁴ Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

³⁵ Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

³⁶ Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

3	3	El UAV libere la cantidad necesaria de insectos benéficos en cada punto	Nivel de precisión de la dosis	(Dosis deseada – dosis real) /100	Línea base = 100	Tolerancia de $\pm 10\%$	Jun 2018		
---	---	---	--------------------------------	-----------------------------------	------------------	--------------------------	----------	--	--

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

La cantidad de insectos en un punto determinado es función de la cantidad de esferas descargadas en ese punto (diseño mecánico de la compuerta de descarga y su fiabilidad) y de la capacidad de los insectos colocados en la esfera de salir de ésta.

El proyecto consideró medir lo anterior con dos insectos emblemáticos dentro del control biológico: la microavispa parasitoide *Trichogramma* sp., de menos de 2 milímetros de tamaño, y el neuróptero depredador *Chrysoperla* sp.

Se probó varios diseños de esferas, colores, número y ubicación de los orificios de salida. Finalmente, se seleccionó una esfera de color oscuro, con una opacidad del 70%, con cuatro orificios de salida de 2x4 milímetros, con un orificio en cada cuadrante de la esfera.

En ambos tipos de controladores biológicos, se logró que el porcentaje de individuos que no salían de las esferas fuera inferior al 10% establecido en el proyecto.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

Fotografías y tablas contenidas en el "Anexo 5. RE 3.3 Nivel de precisión de la dosis"

N°	N°	Resultado	Indicador de Resultados (IR)	% de
----	----	-----------	------------------------------	------

OE	RE	Esperado ³⁷ (RE)	Nombre del indicador ³⁸	Fórmula de cálculo ³⁹	Línea base ⁴⁰	Meta del indicador ⁴¹ (situación final)	Fecha alcance meta programada ⁴²	Fecha alcance meta real ⁴³	cum plimi ento
4	1	Comparación de los costos de la nueva tecnología comparada con la tecnología actual	Análisis económico	Costo aplicación tradicional / costo liberación aérea	Línea base = 1	Ratio =< 0,8	Ene 2019		
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto. El uso de esta nueva tecnología permitió bajar los costos de liberar los controladores biológicos pero por sobre todo aumentó la rentabilidad del negocio ya que aumentó considerablemente la productividad del personal involucrado. Al poder aplicar una superficie mucho mayor aumentó marcadamente los ingresos brutos. El efecto combinado de disminuir los costos y aumentar los ingresos brutos explican el gran aumento de la rentabilidad. La disminución de los costos de liberar vía área varió desde un 41% a un 75%, dependiendo del cultivo y escenario, mientras que la rentabilidad fue entre 2,95 a 3,6 más alta cuando se usó un UAV, fundamentalmente debido al hecho que los ingresos brutos aumentan sustancialmente debido a la mayor cantidad de hectáreas diarias que se puede cubrir con el dron.									

³⁷ Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

³⁸ Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

³⁹ Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

⁴⁰ Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

⁴¹ Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

⁴² Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

⁴³ Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)
Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

Anexo 6. RE 4.1 Análisis económico

N° OE	N° RE	Resultado Esperado ⁴⁴ (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real ⁵⁰	% de cumplimiento
			Nombre del indicador ⁴⁵	Fórmula de cálculo ⁴⁶	Línea base ⁴⁷	Meta del indicador ⁴⁸ (situación final)	Fecha alcance meta programada ⁴⁹		
4	2	Revisión bibliográfica y proyección del uso de la tecnología pre-proyecto	Estado del arte socio-económico pre-proyecto	N° de documentos	No existe el estudio	Un estudio	Junio 2016	Junio 2016	100 %
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
Este estudio fue encargado por el Consejo de FIA como un pre-requisito para recomendar la aprobación del proyecto. Se entregó en la fecha solicitada y fue aprobado por FIA según carta N° 1961 de 10 de agosto de 2016.									

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)
Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

⁴⁴ Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

⁴⁵ Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

⁴⁶ Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

⁴⁷ Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

⁴⁸ Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

⁴⁹ Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

⁵⁰ Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

Anexo N° 7: Estudio económico de la tecnología en el mundo y Carta N° 1961

N° OE	N° RE	Resultado Esperado ⁵¹ (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real ⁵⁷	% de cumplimiento
			Nombre del indicador ⁵²	Fórmula de cálculo ⁵³	Línea base ⁵⁴	Meta del indicador ⁵⁵ (situación final)	Fecha alcance meta programada ⁵⁶		
5	1	Raza de Chrysoperla con características constantes de peso, volumen y forma	Linaje de depredador apto para liberación mecánica	Suma[(Radios máximos y mínimos (mm), peso (mg) de 100 pupas / linaje)]/ 100	100 puntos porcentuales	Tolerancia de ±10%	Ene 2017	Septiembre 2018	100 %
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
Se crió dos linajes de Chrysoperla, raza "estándar" y raza "Azapa". Realizadas las mediciones éstas cumplieron con el máximo de desviación especificado. No obstante lo anterior, se incluyeron nuevas pruebas colocando larvas del depredador en lugar de pupas dentro de las esferas, lo que dio resultó ser más efectivo que la propuesta original.									

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

⁵¹ Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

⁵² Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

⁵³ Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

⁵⁴ Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

⁵⁵ Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

⁵⁶ Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

⁵⁷ Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

Anexo 8. RE 5.1 Linaje de depredador apto para liberación mecánica

6.2 Análisis de brecha.

Cuando corresponda, justificar las discrepancias entre los resultados programados y los obtenidos.

Los resultados programados concordaron con los resultados obtenidos en todos los casos por lo cual las discrepancias son mínimas y todas están dentro de los rangos de tolerancia acordados.

7. CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO

Especificar los cambios y/o problemas enfrentados durante el desarrollo del proyecto. Se debe considerar aspectos como: conformación del equipo técnico, problemas metodológicos, adaptaciones y/o modificaciones de actividades, cambios de resultados, gestión y administrativos.

Describir cambios y/o problemas	Consecuencias (positivas o negativas), para el cumplimiento del objetivo general y/o específicos	Ajustes realizados al proyecto para abordar los cambios y/o problemas
Escasez de prestadores de servicios para fabricar esferas biodegradables	De no haberse solucionado el problema no se habría podido medir la adaptación de los insectos al nuevo sistema de liberación	Se recurrió a diversas entidades de la U. del Biobío como de la U. de Concepción. Finalmente, una empresa de Santiago entregó un diseño y una capacidad de producción que permitió cumplir con las actividades
Contaminación de las crías de insectos	Sin insectos benéficos vivos y en cantidad adecuada no se hubiese podido efectuar varias mediciones comprometidas	Se extremó las medidas de control de ácaros e insectos mediante protocolos más estrictos que permitieron recuperar rápidamente la producción de enemigos naturales y que no se repitieran los problemas
Uso de pupas de <i>Chrysoperla</i> para liberar	El control ocurre horas o días después de la liberación	Se decidió utilizar larvas de este depredador en lugar de pupas, con la precaución de mezclarlas con afrecho o cascarilla

8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO

8.1 Actividades programadas en el plan operativo y realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

Definir requerimientos a cumplir por el kit
Buscar componentes y comprar materiales
Construir prototipo
Probar en laboratorio del prototipo
Programar el software con las características deseadas
Establecer comunicación entre la interfaz del usuario y el programa
Probar la dosificación en vuelo sobre punto fijo
Realizar prueba sin carga para seguir hoja de ruta
Realizar prueba con carga para seguir hoja de ruta
Realizar prueba en campo con ruta y dosis establecidas para parasitoide
Producir parasitoides
Realizar prueba en campo con ruta y dosis establecidas para depredador
Producir depredador
Medir tiempos requeridos de los dos métodos de liberación
Crear base de datos, simular y analizar
Criar varias líneas de depredador
Medir características de la pupa

8.2 Actividades programadas y no realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

No hubo actividades programadas que no se hayan realizado

8.3 Analizar las brechas entre las actividades programadas y realizadas durante el período de ejecución del proyecto.

--

9. POTENCIAL IMPACTO

9.1 Resultados intermedios y finales del proyecto.

Descripción y cuantificación de los resultados obtenidos al final del proyecto, y estimación de lograr otros en el futuro, comparación con los esperados, y razones que explican las discrepancias; ventas y/o anuales (\$), nivel de empleo anual (JH), número de productores o unidades de negocio que pueden haberse replicado y generación de nuevas ventas y/o servicios; nuevos empleos generados por efecto del proyecto, nuevas capacidades o competencias científicas, técnicas y profesionales generadas.

Con la ejecución del proyecto se logró concretar el concepto de “control biológico de precisión”, es decir, liberar más enemigos naturales donde la intensidad de las plagas es mayor. Los datos de monitoreo alimentan a un programa parametrizado que genera un plan de vuelo y liberaciones diferenciales. Este archivo es leído por un UAV que “sabe” qué dosis tiene que liberar a medida que sobrevuela las diferentes celdas en las que se divide un campo o huerto.

Antes de la adjudicación del proyecto, ningún UAV había volado en Chile para liberar insectos benéficos; hoy existe el UAV diseñado en este proyecto y al menos otro más en la empresa privada. No existía la ingeniería para lograr este equipamiento ni había experticia en cómo usarlos, aspectos en los que ha habido avances sustanciales.

En los últimos 3 años ha aparecido un gran número de empresas que ofrecen servicios de monitoreo agrícola de precisión, en su gran mayoría sobre niveles de riego y/o fertilidad. Otro número no menor está ofreciendo servicios de aplicación de pesticidas, especialmente herbicidas, como si fueran “bombas de espalda” voladoras. Debido a la autonomía y capacidad de carga limitadas que existen actualmente, estos servicios no se han masificado pero es sólo cosa de tiempo para que los UAVs aumenten sustancialmente estos dos parámetros.

Por ello el país hoy cuenta con una masa crítica de ingenieros, pilotos y emprendedores que permiten augurar que esta tecnología será replicada en corto plazo, dadas las condiciones de demanda descritas en otras secciones.

El equipo desarrollado por este proyecto puede volar por 16 minutos a plena carga, cubrir hasta 60 ha de cultivos (dependiendo del número de puntos de liberación y la disponibilidad de baterías) y logra bajar en más de un 40% el costo de las liberaciones, incrementando entre 2,9 hasta 3,6 veces la rentabilidad de este servicio. En otros casos, posibilita usar controladores biológicos en casos donde la liberación terrestre es tan cara que impide su adopción.

10. CAMBIOS EN EL ENTORNO

Indique si existieron cambios en el entorno que afectaron la ejecución del proyecto en los ámbitos tecnológico, de mercado, normativo y otros, y las medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

La agricultura nacional e internacional acentuó su demanda por alternativas de protección vegetal distintas a los pesticidas químicos, desde que se creó la idea del proyecto (2015) hasta el cierre del mismo (2019). Sólo como ejemplo, en América del Norte la tasa de crecimiento de los biopesticidas se estima en un 16% entre 2017 y 2022, hasta alcanzar un valor de 7,6 billones de dólares (https://www.meticulousresearch.com/download-sample-report/cp_id=2967).

Al mismo tiempo, cada vez más ingredientes activos químicos pierden su registro tanto en Chile como en Europa. Este año, la Resolución Exenta 4245/2019 de SAG canceló la autorización de uso del ingrediente activo metamidofos y prohibió a contar de determinadas fechas el uso en Chile de azinfosmetil y carbofurano. Esta decisión se suma a otras adoptadas anteriormente y, en conjunto con las prohibiciones decididas en los países que compran los productos agrícolas chilenos, significan para los agricultores nacionales una restricción fuerte en la variedad de pesticidas que pueden utilizar.

Todos estos cambios favorecieron al proyecto ya que incrementan la demanda por los servicios de liberación de enemigos naturales.

En Chile, de forma gradual pero sostenida están apareciendo más actores en la industria de los controladores biológicos, tales como la empresa Chileinsectos en Chillán, la empresa ALPES en Curicó o el Liceo Marta Martínez Cruz en Yervas Buenas, que está formando técnicos agrícolas con mención en “producción de controladores biológicos” gracias al financiamiento del GORE del Maule y el apoyo técnico de INIA, por lo que no debería extrañar que en pocos años esa región del país cuente con empresas que produzcan enemigos naturales que requerirán ser liberados de manera eficaz y barata en el campo. Esto también podría tener un impacto positivo para lo planteado en el proyecto.

Por otro lado, SAG ha avanzado sustancialmente en un programa de Técnica de Insecto Estéril (TIE) para la polilla europea del racimo *Lobesia botrana*, lo que implicaría liberar miles de insectos estériles en campos y ciudades de nuestro país. Este programa se sumaría a otro ya existente de TIE en mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata*, en el cual una fábrica de moscas situada en Arica abastece de ejemplares estériles a la zona central cada vez que ocurre un brote de esta plaga. Estos insectos estériles se liberan vía terrestre en los sectores afectados, generalmente comunas del Gran Santiago, pero algunos problemas de seguridad para los funcionarios de SAG y la

necesidad de maximizar la eficiencia han llevado al Servicio a explorar la posibilidad de liberar vía drones.

Ante el incremento masivo de la cantidad de drones en uso en el país y especialmente en el ámbito agrícola, la autoridad competente (DGAC) está elaborando una nueva normativa para regular su uso en campos y ciudades. Esta normativa estará rigiendo después del fin del proyecto, pero de todas formas tendrá alguna influencia en la demanda de equipos de liberación aérea.

11. DIFUSIÓN

Describa las actividades de difusión realizadas durante la ejecución del proyecto. Considere como anexos el material de difusión preparado y/o distribuido, las charlas, presentaciones y otras actividades similares.

N°	FECHA	LUGAR	TIPO DE EVENTO	ACTIVIDAD	N° participantes	Documentación
1	17-05-2017	Chillán	Nota web			Link
2	17-10-2017	Yerbas Buenas	Stand	Seminario lanzamiento proyecto FIC		Fotos y link
3	17-11-2017	Chillán	Nota web			Link
4	1-12-2017	Santiago	Charla	XXXIX Congreso Nacional de Entomología	150	Fotos
5	06-12-2017	Chillán	Día de campo	Día de Campo Santa Rosa 2017	600	Link
6	17-12-2017	Chillán	Nota web			Link
7	17-12-2017	Chillán	Nota web			Link
8	11-04-2018	Santiago	Stand	I Congreso de Agricultura de Precisión (CLAP 2018)	100	Foto
9	12-04-2018	Chillán	Nota web			Link
10	19-4-2018	Santa Clara	Día de campo	II Feria TecnORAFTI	200	Foto

11	21-06-2018	Valdivia	Charla	Seminario Estrategias sustentables para el manejo de plagas y enfermedades. Mirando más allá de los plaguicidas	80	Programa
12	02-07-2018	Valdivia	Artículo prensa	Campo Sureño		Recorte prensa
13	01-08-2018	Chillán	Charla	Visita agricultores	41	
14	07-09-2018	Villa Alegre	Stand		120	
15	11-10-2018	Chillán	Stand	1a Feria de Control Biológico, Chillán	600	Invitación y programa
16	11-10-2018	Chillán	Seminario	Control Biológico de Precisión: Una herramienta para Chile		Invitación y programa
17	11-10-2018	Chillán	Charla	Control Biológico de Precisión: Una herramienta para Chile		Invitación y programa
18	11-10-2018	Chillán	Charla	Control Biológico de Precisión: Una herramienta para Chile		Invitación y programa
19	11-10-2018	Chillán	Charla	Control Biológico de Precisión: Una herramienta para Chile		Invitación y programa
20	11-10-2018	Chillán	Charla	Control Biológico de Precisión: Una herramienta para Chile		Invitación y programa
21	24-10-2018	Macul	Charla	Fac. Agronomía, PUC	12	Correo respaldo
22	05-12-2018	San Bernardo	Charla	Visita empresa Geonuts	4	Correo respaldo
23	24-03-2019	Yerbas Buenas	Día de campo		16	

24	26-09-2019	Villa Alegre	Seminario	Coordinación		Invitación y programa
25	26-09-2019	Villa Alegre	Charla		38	Invitación y programa
26	26-09-2019	Villa Alegre	Charla		38	Invitación y programa
27	08-10-2019	Pinto	Póster	I Simposio Latinoamericano y IV Simposio Chileno de Control Biológico	150	Programa
					1699	

12. PRODUCTORES PARTICIPANTES

Complete los siguientes cuadros con la información de los productores participantes del proyecto.

12.1 Antecedentes globales de participación de productores

Debe indicar el número de productores para cada Región de ejecución del proyecto.

Región	Tipo productor	N° de mujeres	N° de hombres	Etnia (Si corresponde, indicar el N° de productores por etnia)	Totales
Ñuble	Productores pequeños			No	1100
	Productores medianos-grandes			No	300
Metropolitana	Productores pequeños			No	
	Productores medianos-grandes			No	51
Maule	Productores pequeños			No	38
	Productores medianos-grandes			No	
	Productores pequeños			No	
	Productores medianos-grandes			No	
Totales					

12.2 Antecedentes específicos de participación de productores

Nombre	Ubicación Predio			Superficie Há.	Fecha ingreso al proyecto
	Región	Comuna	Dirección Postal		
Geonuts	RM	San Bernardo		48	03-08-18
Xilema S.A.	Valparaíso	Quillota		3.000	22-05-17
Biofuturo Ltda.	Araucanía	Traiguén		2.000	20-05-16
Agrícola Cato S.A.	Ñuble	Coihueco		220	01-06-17

13. CONSIDERACIONES GENERALES

13.1 ¿Considera que los resultados obtenidos permitieron alcanzar el objetivo general del proyecto?

Claramente la ejecución del proyecto incrementó la eficacia y sustentabilidad de la liberación de enemigos naturales en Chile, ya que los análisis económicos presentados indican claramente que con menos personas se puede cubrir una superficie diaria mucho mayor que haciéndolo por vía terrestre; los costos de liberar bajaron casi a la mitad a la vez que los ingresos (y la rentabilidad) subieron marcadamente, haciendo tres veces más rentable la prestación del servicio. Todo lo anterior se logró con una alta precisión espacial y una buena calidad de los insectos liberados.

Además, el acervo de éxitos y fallas acumulado durante la ejecución del proyecto también es un intangible valioso para la agricultura nacional, considerando la absoluta ausencia de esta tecnología antes de 2015 en Chile.

13.2 ¿Cómo fue el funcionamiento del equipo técnico del proyecto y la relación con los asociados, si los hubiere?

El equipo técnico del proyecto cumplió con sus funciones en forma correcta, fue activo en convocar nuevas empresas que se interesaran en la iniciativa y participaron en numerosas actividades para difundir esta nueva tecnología en el país.

Lo anterior es destacable considerando que programas que en el pasado nunca habían trabajado juntos lograron llevar adelante esta iniciativa, concretando un enfoque genuinamente multi-disciplinario. Algunos años atrás no se veía sentido a que entomólogos y especialistas en robótica trabajaran juntos, pero este proyecto demostró que efectivamente hay tareas que necesitan de los conocimientos de estas dos disciplinas.

El personal incremental del proyecto realizó un aporte muy valioso durante el tiempo que le tocó participar en la ejecución de las actividades. Por razones presupuestarias y también familiares, el personal incremental ya no presta servicios en INIA, pero la experiencia ganada en este proyecto es un activo para el país.

Los asociados cumplieron las funciones a las que se habían comprometido y fueron partícipes activos en las actividades a las que fueron convocados. Sólo un asociado

mostró un interés decreciente a medida que se desarrollaba el proyecto, pero esto fue más que compensado por el apoyo de empresas de mayor tamaño y cobertura nacional, como Xilema S.A. y Biofuturo Ltda.

13.3 A su juicio, ¿Cuál fue la innovación más importante alcanzada por el proyecto?

El aporte más importante del proyecto es la mayor profesionalización de los actores que participan en la cadena de toma de decisiones respecto a la protección sanitaria de los cultivos. Si el monitoreo se realiza mal, los datos que alimentan al programa serán de mala calidad y por ende todas las decisiones posteriores también altas probabilidades de resultar erróneas.

Por ello, desde la persona que ejecuta un monitoreo o muestreo, hasta el usuario que da el visto bueno a una decisión de control, deben aumentar sus destrezas y habilidades en lo que realizan, lo que tomado en conjunto eleva el nivel profesional en el campo chileno.

La perspectiva de usar estas máquinas para liberar insectos es atractiva para los jóvenes actuales, cuya formación técnica deberá estar acorde a los requerimientos de este tipo de prestación de servicios: si antes la liberación manual podía hacerse con obreros o jornaleros con una instrucción mínima en la materia, ahora la liberación aérea y el monitoreo mediante tablets y celulares requiere personal altamente calificado, capaz de implementar instrucciones de una dificultad mayor y de prestar las mantenciones y reparaciones básicas en forma autónoma.

13.4 Mencione otros aspectos que considere relevante informar, (si los hubiere).

A pesar de haber cerrado el proyecto, se están agendando reuniones con al menos una empresa y con SAG para ampliar el uso de esta tecnología. Una de ellas se iba a realizar el 29 de octubre pero se postergó dadas las dificultades de movilizarse por el país en período de protesta social.

De esta forma INIA quedó posicionado como un referente nacional en la materia y la tecnología continuará su evolución.

14. CONCLUSIONES

Realice un análisis global de las principales conclusiones obtenidas luego de la ejecución del proyecto.

Se concluyó que el desarrollo de la tecnología en el país fue una opción acertada en el sentido que el pequeño tamaño del mercado nacional no ha logrado atraer empresas foráneas que presten estos servicios, a pesar de no existir restricción legal ni comercial alguna para importar este tipo de equipos.

La experiencia de su uso en campo también enseñó que es muy relevante contar con un servicio técnico de respaldo rápido y cercano geográficamente.

La existencia y disponibilidad de este tipo de equipos podrá ayudar a crecer a las nuevas empresas que están comenzando en el negocio de la producción y comercialización de insectos benéficos.

Siendo un equipo de tamaño mínimo técnicamente viable, de todas formas los niveles de precisión, cobertura diaria y resultados económicos permiten recomendar su uso y/o replicación por parte de más actores, en beneficio de los agricultores y de las personas que consumen sus productos.

15. RECOMENDACIONES

Señale si tiene sugerencias en relación a lo trabajado durante el proyecto (considere aspectos técnicos, financieros, administrativos u otro).

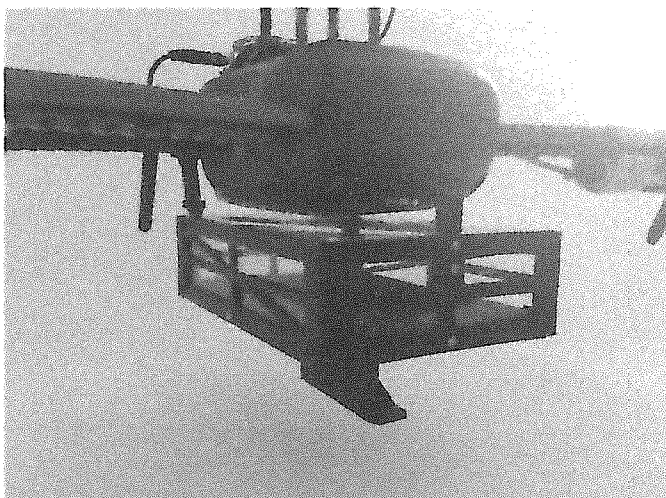
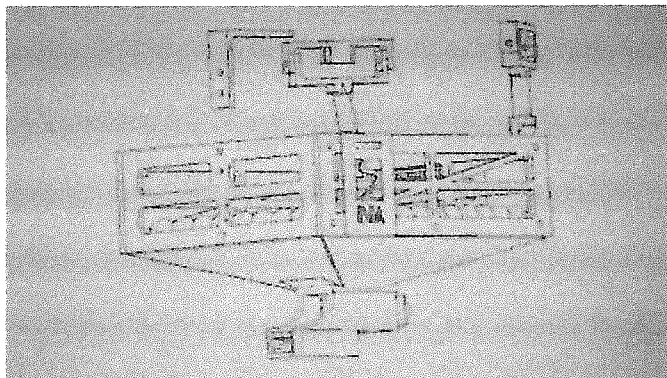
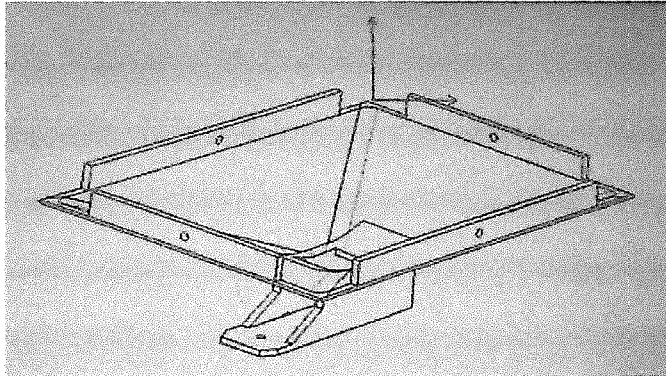
El tipo de herramienta de apoyo fue adecuado para el nivel de incertidumbre que tenía la propuesta y los aspectos técnicos y financieros tuvieron la flexibilidad y rapidez necesarias para responder a los cambios que fue necesario implementar a medida que se ejecutaba la iniciativa.

16. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Anexo 1.

RE 1.1 Kit liberador de enemigos naturales

Fotografías que muestran el desarrollo del kit liberador desde la mesa de diseño hasta su ensamblaje.



4. Especificaciones

4.1 Carga Útil - Dispensador

Tabla 1: Especificaciones de la Carga Útil (Dispensador)

Carga Útil:		
Tipo	Dispensador de Cápsulas Fitosanitarias	
Dimensiones y Pesos		
Dimensiones	13cm x 23cm x 10cm	
Peso en vacío	215gr	
Cápsulas	Tipo 1	Tipo 2
Forma	Esféricas	Esféricas
Dimensiones	25 mm	10 mm
Peso unitario (Estimado)	1.0gr	0.5gr
Peso Estimado (100 unid.)	100gr	50gr
Peso Total Carga Útil	315gr	265gr
Desempeño	Tipo 1	Tipo 2
Capacidad de carga	<110 cápsulas.	<200 cápsulas
Descarga de Cápsulas	Tasa variable (configurable como input para el plan de vuelo)	
Contador de Descargas	Sensor Led (Con registro en LOG de vuelo del Autopiloto)	
Sist. de Descarga	Mecanismo con servomotor (Controlado por Autopiloto)	

*Se considerará un diseño mecánico que permita intercambiar boquillas de descarga para cada cápsula.

2. PLANIFICACIÓN



2.1 Registro Visual Labores de Diseño de Carga Útil, Desarrollo y Adquisición.

Sistema Multicoptero y Sistema GNSS RTK

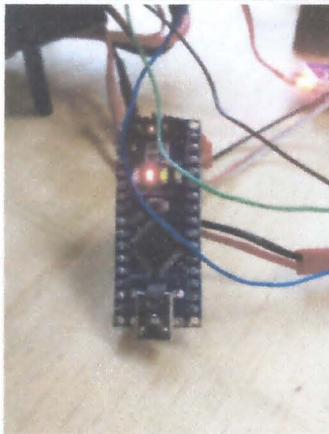


2. PLANIFICACIÓN



2.1 Registro Visual Labores de Diseño de Carga Útil, Desarrollo y Adquisición.

Banco de Desarrollo - Sistema Autopiloto, Actuador y Sensor de Contador de liberación de cápsulas

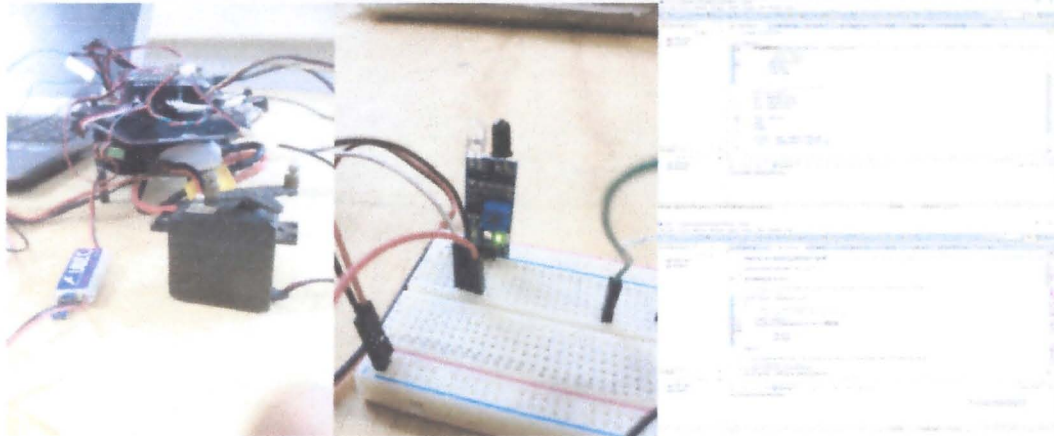


2. PLANIFICACIÓN



2.1 Registro Visual Labores de Diseño de Carga Útil, Desarrollo y Adquisición.

Programación Contador de liberación de cápsulas/Autopiloto

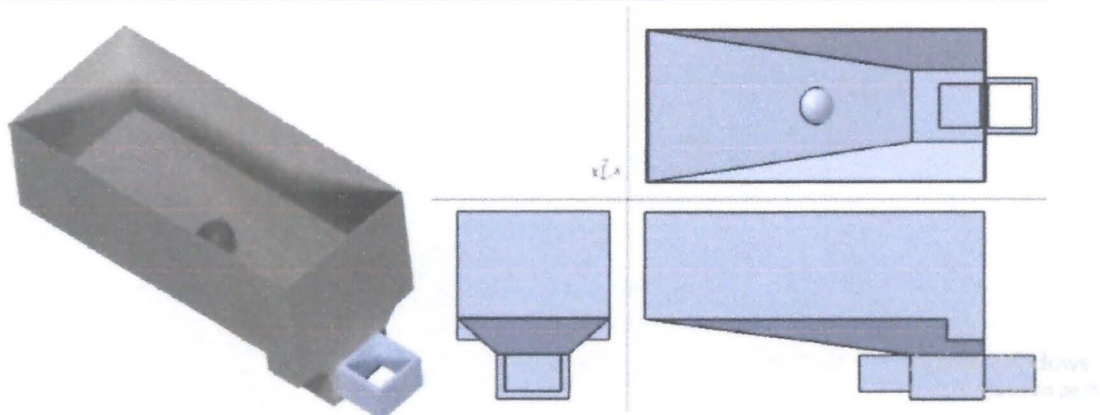


2. PLANIFICACIÓN



2.1 Registro Visual Labores de Diseño de Carga Útil, Desarrollo y Adquisición.

Diseño Geométrico Dispensador



4. ANTECEDENTES

4.1 Fabricación del dispensador



El dispensador se fabricó con material ABS mediante impresión 3D. Cada una de las partes fueron ensambladas mediante uniones apemadas y luego se integraron al drone. La Figura 1 muestra el diseño del dispensador y cómo queda integrado en el drone junto al RTK Piksi ubicado en la parte superior.

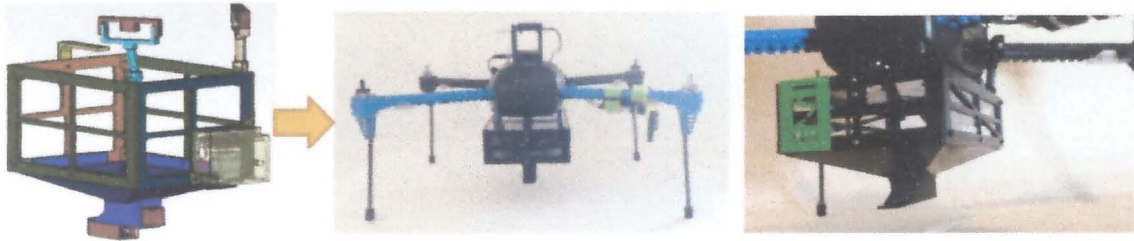


Figura 1: Diseño del dispensador y dispensador fabricado e instalado en drone.

ANEXO 2.

RE 2.1 Plataforma integradora de monitoreo y liberación

Inicio del programa

The screenshot shows a web browser window with a single tab titled 'Login'. The address bar is empty. The main content area has a light blue background. On the left, the text 'Acceso de usuarios' is followed by the instruction 'Ingrese su usuario y contraseña para loguearse.' To the right of this text are three logos: the FAO logo, the Chilean coat of arms, and the INIA logo. Below the text are two input fields: 'Usuario' and 'Contraseña'. At the bottom is a large green button labeled 'Entrar'.

Acceso de usuarios

Ingrese su usuario y contraseña para loguearse.

Usuario

Contraseña

Entrar

Portada una vez que el usuario ingresa

The screenshot shows the home page of the 'INIA Muestreos' application. The browser window has a single tab titled 'Inicio'. The address bar shows 'http://192.168.1.100:8080/'. The page has a dark blue header with a navigation menu containing 'INIA', 'Inicio', 'Empresas', 'Personas', and 'Mapa'. On the right side of the header, it says 'Bienvenido INIA, INIA'. The main content area has a blue background. On the left, the text 'INIA Muestreos' is followed by the subtitle 'Aplicación de monitoreo de plagas agrícolas.' and a green button labeled 'Más información'. On the right, there are three logos: the FAO logo, the Chilean coat of arms, and the INIA logo. Below the header, there are three icons with corresponding text: a location pin icon for 'Mapa interactivo', a group of people icon for 'Empresas', and a person icon for 'Personas'. Each icon has a right-pointing arrow next to it. At the bottom, there is a dark blue footer with the text 'Desarrollado en INIA Quilamapu - Chillán, Chile - Marzo - Julio de 2017' on the left and 'Por consultas escribir a: mail@mail.com' on the right.

INIA Inicio Empresas Personas Mapa

Bienvenido INIA, INIA

INIA Muestreos

Aplicación de monitoreo de plagas agrícolas.

Más información

Mapa interactivo

Empresas

Personas

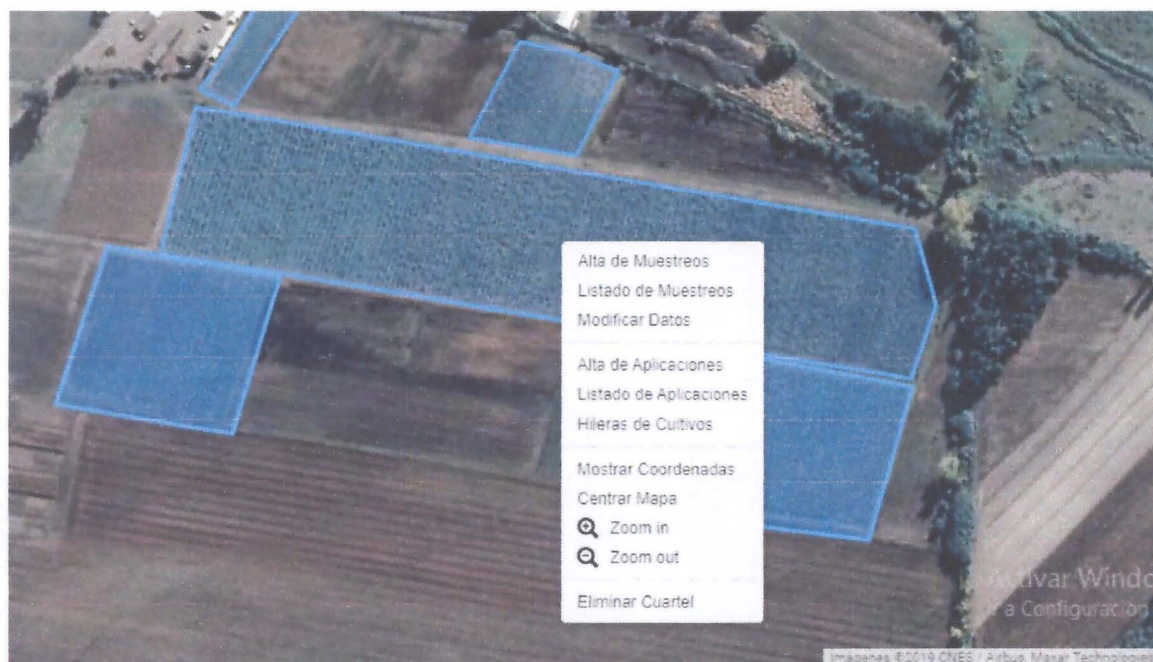
Desarrollado en INIA Quilamapu - Chillán, Chile - Marzo - Julio de 2017

Por consultas escribir a: mail@mail.com

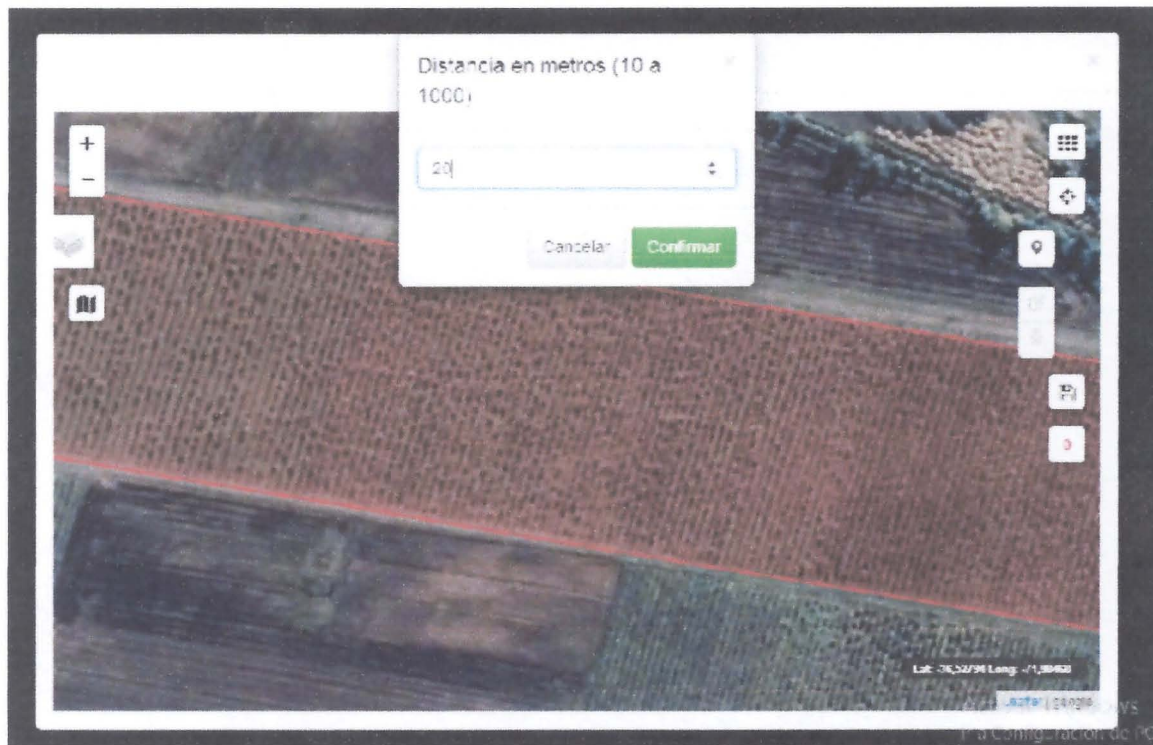
Incorporación de huertos a la plataforma



Listado de opciones para el usuario



Solicitando la ejecución de un monitoreo: opción con grilla regular y usuario especifica la distancia entre puntos



Resultado de solicitar monitoreo usando la opción grilla regular; usuario especificó 20 m



Resultado de solicitar monitoreo usando la opción grilla regular; usuario especificó 50 m



Resultado de solicitar monitoreo usando el mouse para especificar los puntos



Especificaciones técnicas del monitoreo solicitado: se puede elegir la plaga, la técnica de monitoreo, quién lo ejecuta y si es único o repetitivo

Cuartel: test inia 2 Cultivo: Manzano Campaña: 2017-18

Datos del Muestreo

Insecto Plaga:
CYDIA POMONELLA

Técnica de Muestreo:
ADULTOS/TRAMPA

☒ Persona de la Empresa
 ☐ Empresa de Servicios

INIA, INIA

☐ Muestreo Único
 ☒ Muestreo Repetitivo

Semanal

Fecha Inicio: 2019-10-28

Fecha Final: 2019-11-11

Registro del monitoreo solicitado (números 208, 209 y 210) ya que se seleccionó repetir tres veces en el paso anterior

Cuartel: test inia 2 Cultivo: Manzano Campaña: 2017-18

Listado de Muestreos

mostrar 10 registros

#	Plaga	Fecha Propuesta	Responsable	Realizado	Acciones
175	Pseudococcus SP.	2019-02-22	INIA, INIA (P)	2019-02-22	     
208	Cydia Pomonella	2019-10-28	INIA, INIA (P)	Pendiente	     
209	Cydia Pomonella	2019-11-04	INIA, INIA (P)	Pendiente	     
210	Cydia Pomonella	2019-11-11	INIA, INIA (P)	Pendiente	     

Página 1 de 1

Anterior 1 Siguiente

Subida de los datos de monitoreo (captura en trampas) y la fecha de cumplimiento de la solicitud, para el monitoreo n° 208. Lo mismo se realiza para el 209 y 210

Muestreo # 208

Fecha Propuesta: 2019-10-28

Indicador: Cydia Pomonella - Técnica: Adultos/Trampa

Fecha Ejecución: 2019-10-28

< October 2019 >

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
29	30	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9

Punto	Valor
#1	12
#2	4
#3	3
#4	2
#5	0
#6	0
#7	0

Interfaz gráfica del monitoreo 208, primera semana



Mismo cuartel, monitoreo n° 209

Muestreos

CYDIA POMONELLA

2019-10-26 #209

Exportar a KML

Instrucciones de Vuelo

Graficar



Mismo cuartel, monitoreo n° 210

Muestreos

CYDIA POMONELLA

2019-10-26 #210

Exportar a KML

Instrucciones de Vuelo

Graficar



Especificaciones para el plan de vuelo

Muestreos

CYDIA ROMONELLA ▾ 2019-10-25 #210 ▾ [Exportar a KML](#) [Instrucciones de Vuelo](#) [Graficar](#)

Altura absoluta del Home(m):

Altura alcanzable en Despegue Vertical (m):

Altura de Vuelo (m):

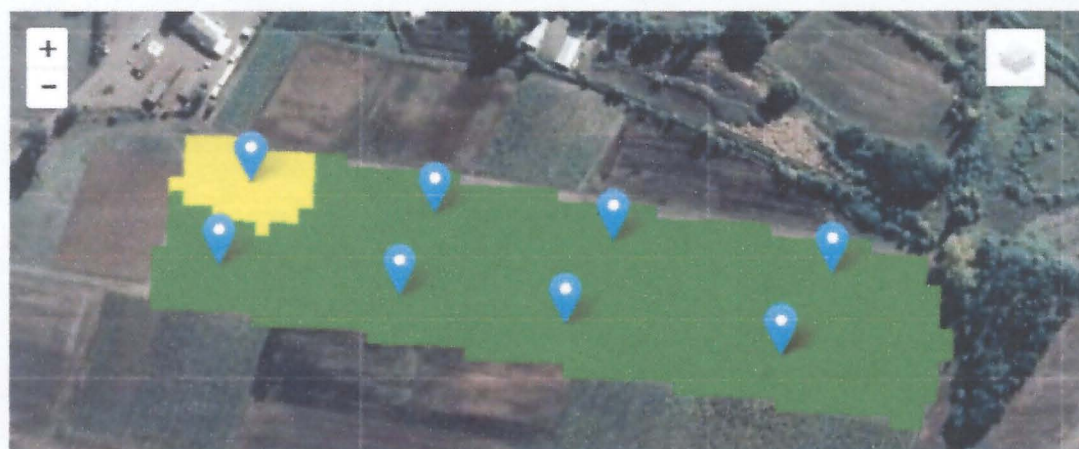
Velocidad de Avance (m/s):

Tiempo de Delay (s):

Cant. Hileras Intermedias:

Distancia entre Aplicaciones (m):

[Cancelar](#) [Generar](#)



Anexo 3.

RE 3.1 UAV dotado de kit, cámara y GPS

Especificaciones técnicas del UAV

4.2 Vehículo Aéreo No Tripulado

Tabla 2: Especificaciones del Vehículo Aéreo No Tripulado

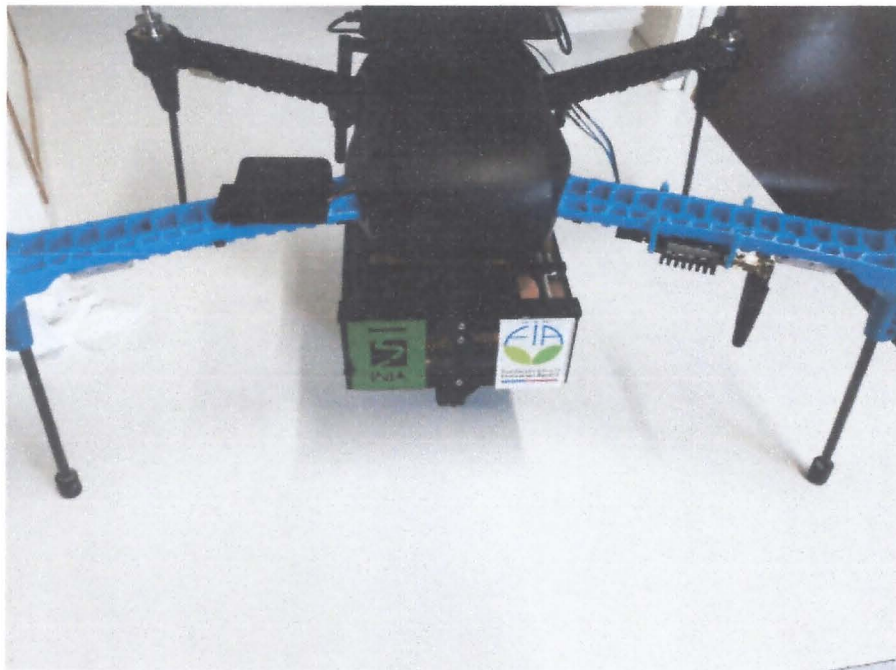
Vehículo Aéreo No Tripulado	
Características Físicas	
Configuración	Multi rotor, eléctrico.
Material Estructural	Plástico ABS, Fibra de Carbono, Aluminio.
Propulsión	4 x 920 KV Motor Sin Escobillas 2 x CCW hélices 9,5x4,5" Tiger Motor, auto-apriete en sentido de rotación contrario a las agujas del reloj. 2 x CW hélices 9,5x4,5" Tiger Motor, auto-apriete en sentido de rotación horario.
Fuente de Poder	1 x Batería LiPo 3S 5100 mAh
Desempeño de Vuelo	
Máx. Autonomía (s/ carga)	< 22 min*
Autonomía (c/carga)	<16 min*
Máx. Altura Operacional	< 3000 mts (Sobre Nivel del Mar)
Máx. Velocidad de Avance	18 m/s
Máx. Velocidad de Viento	11 m/s
Sistema de Control de Vuelo y Comunicación	
Autopiloto	32-bit Pixhawk with Cortex M4 CPU
GPS RTK (Modo: Rover)	Piksi Module o similar con precisión de plan de vuelo sobre hileras.
Radio Modem de Telemetría	3DR Radio, 915MHz, 100mW, 117dBm (Escalable)
Rango de Operación	1 km* (con telemetría). >1 km* (navegación automática vía waypoints sin telemetría).

Especificaciones técnicas del UAV (continuación)

Dimensiones	Altura: 3.9" / 100 mm Longitud de Motor-a-Motor: 21.7" / 550 mm
Peso (c/ batería)	1.3 kg
Carga Útil Máx.	400gr
Estación de Control en Tierra	
Software	Mission Planner (Windows) APM Planner (MAC) Android (Tower)
Radio Modem de Telemetría	3DR Radio, 915MHz, 100mW, 117dBm
Frec. Remote Control	2.4 GHz
GPS RTK (Estacionario)	Piksi Module o similar con precisión de plan de vuelo sobre hileras.

*La autonomía y rango de operación varía con la carga útil, condiciones de viento, elevación, temperatura, humedad, estilo de vuelo, y habilidad del piloto. El tiempo de vuelo indicado aplica para elevaciones no superiores a 600 metros sobre el nivel del mar.

UAV operativo



Guía de Usuario

Loiter Systems® UAS Integration

BioDrone

Control Biológico de Plagas

INFORMACIÓN DEL DOCUMENTO

Título	Guía de Usuario BioDrone
Subtítulo	“Control Biológico de Plagas”
Tipo de Documento	Guía de Usuario
Ver. de Documento	1.0
Fecha de Documento	20-01-2018
Estado	Revisión 1

Documentación Técnica de Loiter Systems

Este documento es un complemento de nuestros productos e incluye lo necesario para iniciar de manera rápida el uso de la tecnología para satisfacer la explotación de sus servicios sin necesidad de realizar capacitaciones.

Símbolos del Documento



Información importante a considerar para el uso del sistema.



Alerta importante en caso de falla de procedimiento.

Soporte Técnico

Si presenta problemas técnicos o no puede encontrar la información que necesita en la documentación aportada, por favor, póngase en contacto con nuestro equipo de soporte por correo electrónico o teléfono. Nuestro equipo de ingeniería se compromete a proporcionar el apoyo necesario para asegurar que su éxito con el funcionamiento del multicoptero.

Información de Contacto de Soporte Técnico

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. PARTES	4
3. PREPARACIÓN PRE-VUELO	5
3.1 CARGA DE BATERÍA	5
3.1.1 PASOS PARA CARGAR BATERÍA	5
3.2 ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURA	7
3.3 PREPARACIÓN DE CARGA ÚTIL	7
3.4 PREPARACIÓN DE GCS	8
4. OPERACIONES DE VUELO	8
4.1 RADIO CONTROL	8
4.2 MODOS DE VUELO	11
4.3 EJECUCIÓN DE VUELO	12
4.3.1 INDICADORES DE ESTADO	12
4.3.2 PRIMER VUELO	12
4.4 FAILSAFES	14
4.5 SEGURIDAD	16
5. ESTACIÓN EN TIERRA Y VUELO AUTÓNOMO	17
5.1 COMPONENTES DE LA ESTACIÓN EN TIERRA.	17
5.2 MISIÓN AUTOMÁTICA.	18
5.2.1 OPERACIÓN CON MISSION PLANNER	18
6. OPERACIONES POST-VUELO	21
6.1 DESMONTAJE Y ALMACENAMIENTO.	21
6.2 EXTRACCIÓN DE DATOS DE VUELO.	23
7. ESPECIFICACIONES	24
7.1 MULTICOPTERO LS-BIODRONE-PRO	24
7.2 OPERACIÓN	24
7.3 CURVA TIEMPO DE VUELO (ENDURANCE)	24
7.4 PESO BALANCE	25
A. ANEXOS	26
A.1 ¿CÓMO MANTENER LA BATERÍA LIPO?	26
A.2 INSTALACIÓN DE SOFTWARES EN GCS	28
A.2.1 SOFTWARE MISSION PLANNER	28
A.2.2 DRIVERS MÓDULO RF	28
A.2.3 SOFTWARE PIKSI CONSOLE	28
A.2.4 DRIVERS MÓDULO BASE GPS RTK PIKSI	28
A.3 RESULTADO ANÁLISIS DE FALLAS	29

1. INTRODUCCIÓN



En el contexto de desarrollar una herramienta complementaria a las tareas de Control Biológico de Plagas que fomente el desarrollo de la Agricultura en forma inocua, el Instituto de Investigación Agropecuaria INIA ha solicitado a Loiter Systems® el desarrollo e integración de un Sistema de Aeronave No Tripulada (UAS - Unmanned Aircraft System) que contemple como Carga Útil (Payload) un dispensador de cápsulas esféricas para el transporte y liberación de Agentes de Control Biológico, también conocido como enemigos naturales de plagas.

Como resultado del análisis de misión con el cliente, se define el diseño de una sistema, el cual se denomina **BioDrone** correspondiente una plataforma aérea no tripulada que integra un sistema de carga útil compuesta por un sistema Dispensador, que transporta cápsulas con insectos o enemigos naturales para diversas plagas agrícolas.

El sistema navega de forma automática y permite liberar las cápsulas con precisión en órdenes de magnitud centimétrica. Esto es gracias a la integración de un sistema de navegación inercial (GPS/INS) del tipo RTK. Como atributo adicional se ha desarrollado un dispositivo electrónico que almacena en memoria la georeferenciación de las cápsulas que se liberan, permitiendo posterior chequeo o control de la liberación de cápsulas y rendimiento de la aplicación.

Este producto ha sido desarrollado con el objetivo de investigar una nueva metodología o proceso para fomentar la inocuidad en el control de plagas agrícolas.

2. PARTES

El sistema **BioDrone** es un conjunto de componentes que permite dispensar transportar y liberar cápsulas con agentes de control biológico en forma automática, precisa y controlada.

El sistema se compone de:

1. Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV - Unmanned Aerial Vehicle)
 - 1.1. Estructura con configuración Quad-coptero basado en Sist. UAV 3DR® IRIS+
 - 1.2. Sistema Eléctrico
 - 1.3. Sistema Propulsor
 - 1.4. Autopiloto Pixhawk y periféricos
 - 1.5. Módulo de comunicación RF
 - 1.6. Carga Útil - Dispensador de Cápsulas - Loiter Systems®
 - 1.6.1. Estructura Ultra Liviana
 - 1.6.2. Mecanismo de Liberación
 - 1.6.3. Contador y Registro de Liberación de Cápsulas.
 - 1.7. Sistema Piksi® v2 RTK GPS
 - 1.8. Batería LiPo
2. Estación de Control Terrestre
 - 2.1. Computador, Tablet o smartphone (Provisto por cliente)
 - 2.1.1. Software Mission Planner o DroidPlanner 2 para Tablet o Smartphone.
 - 2.1.2. Módulo de comunicación RF
 - 2.2. Base Piksi® v2 RTK GPS
 - 2.3. Radio Control Transmisor
 - 2.4. Cargador de Baterías
3. Operador

3. PREPARACIÓN PRE-VUELO

La fase de preparación del multicoptero BioDrone previa a la ejecución del vuelo es de suma importancia para asegurar su correcto funcionamiento y mitigar cualquier riesgo de falla en el sistema durante la operación. Para ello es necesario seguir el siguiente procedimiento secuencial.

3.1 CARGA DE BATERÍA

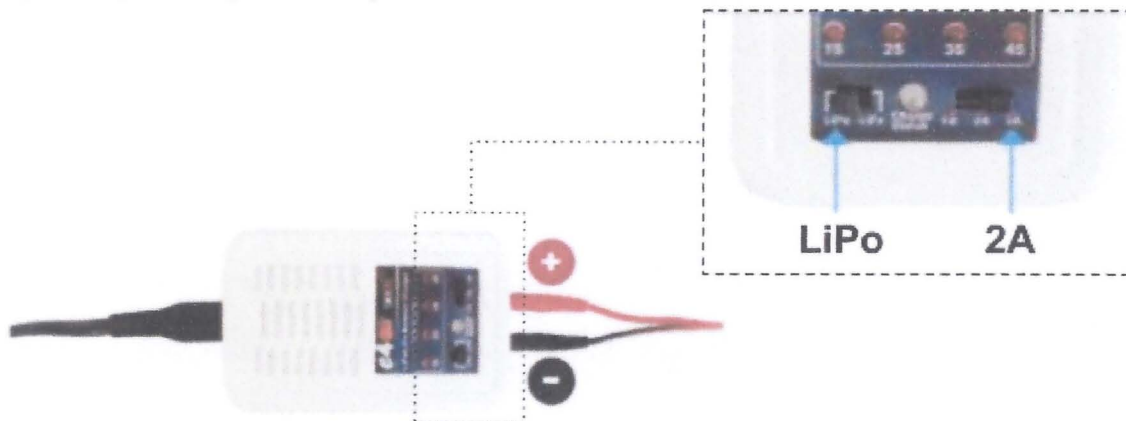
La batería que energiza la plataforma es del tipo Litio-Polímero (LiPo) de 3S, es decir, 11,1V, con capacidad de carga de 5.100 mAh y con un peso total de 320 gramos aproximadamente. Antes de cada vuelo la batería deberá ser cargada completamente y cuando esta no se utilice por tiempos prolongados deberá ser cargada en su capacidad media, algunos cargadores inteligentes permiten seleccionar el programa de carga/descarga llamado STORE.

3.1.1 PASOS PARA CARGAR BATERÍA

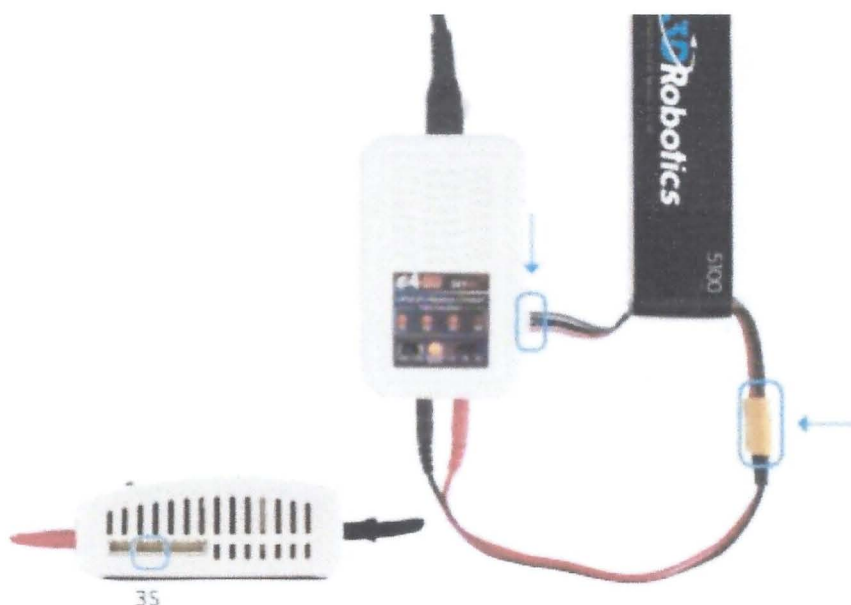
Antes de cargar la batería debe leer el [Anexo A.1.](#)



1.- Conecte los cables de Power IN (AC), Power Out (DC) y seleccione el modo de carga LiPo y 2A según el siguiente diagrama:



2.- Conecte el cable principal y el cable de balance de celdas de la batería siguiendo el siguiente diagrama:



3.- Por seguridad utilice el saco protector LiPo Guard para almacenar la batería durante el proceso de carga, el led Rojo indica que la batería se encuentra cargando y el led verde indica que la batería ya ha sido cargada:



La carga terminará cuando la batería alcance un voltaje global de aproximadamente 12.6 Volts (4.2 Volts x celda). El tiempo de carga depende de la carga aplicada con el cargador. Este tiempo se puede estimar con el siguiente cálculo básico:

Tiempo de Carga = Capacidad de la batería (Ah) / Carga aplicada con el cargador (A)

Ejemplo 1: Se requiere cargar una batería de 5.100 mAh, es decir 5.1 Ah aplicando una carga de 2.0 A, se tiene:

$$\text{Tiempo de Carga} = 5.1 \text{ Ah} / 2.0 \text{ A} = 2.55 \text{ Hrs} = 153 \text{ min.}$$

Ejemplo 2: Se requiere cargar una batería de 5.100 mAh, es decir 5.1 Ah aplicando una carga de 3.0 A, se tiene:

$$\text{Tiempo de Carga} = 5.1 \text{ Ah} / 3.0 \text{ A} = 1.7 \text{ Hrs} = 102 \text{ min.}$$



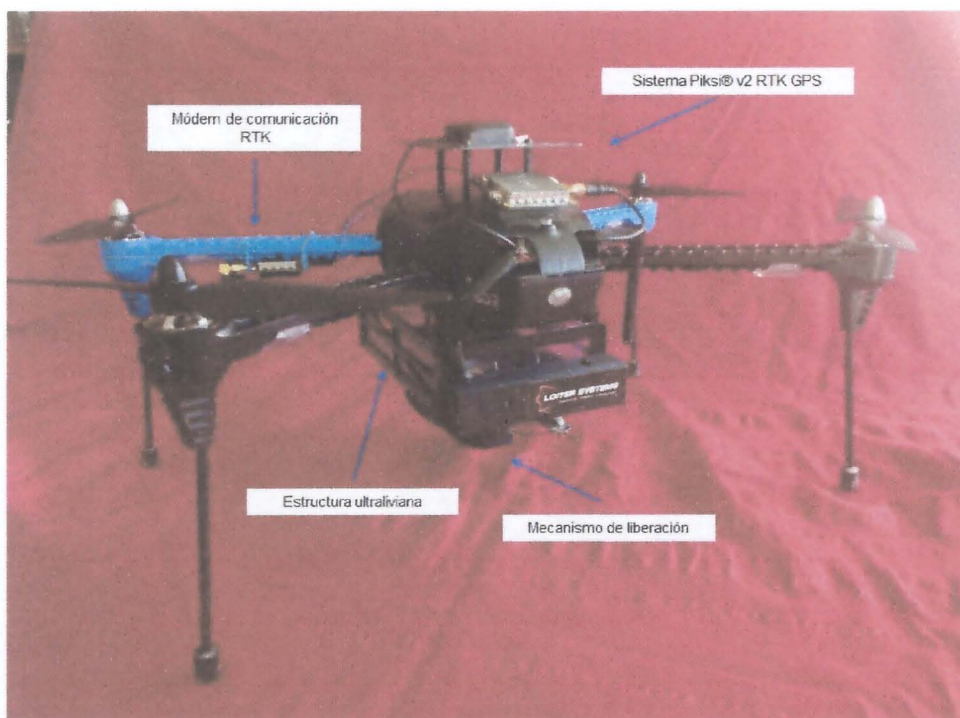
Volar con baja carga de batería es riesgoso y degrada su vida útil. Monitorear constantemente durante el proceso de carga tipo balance. Si la batería sufre algún daño y posteriormente se hincha dejar de utilizar. No exponer la batería a temperaturas extremadamente altas o bajas.

Es su responsabilidad leer la guía de cuidado en relación a la batería LiPo que se adjunta en el Anexo A.1.

3.2 ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURA

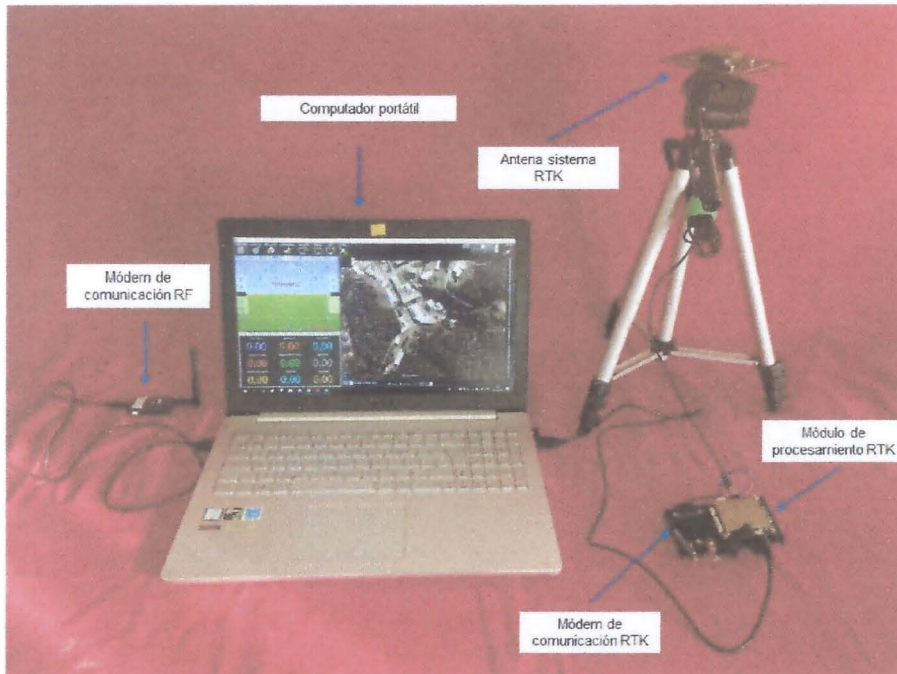
El sistema BioDrone se entrega pre ensamblado, por lo que no recomendamos desarmar ninguna de sus partes. En caso de requerir soporte técnico, favor tomar contacto con Loiter Systems, ver datos de contacto en la Página 1.

BIODRONE está basado en el multicoptero de configuración Quad-coptero denominado UAV 3DR® IRIS+. El sistema completamente ensamblado se muestra en la siguiente imagen, destacando los componentes del sistema RTK a bordo y el sistema dispensador de cápsulas.



La Estación de Control Terrestre para operaciones está constituida por: computador, módem de comunicación RF, Base Piksi® v2 RTK GPS y el Radio transmisor.

En la imagen siguiente se muestra la GCS completamente ensamblada, cabe destacar que para una operación real, la antena del sistema RTK debe estar alejada de cualquier obstáculo. La imagen mostrada es solamente para fines didácticos.



La interacción entre el Piloto y BIODRONE se logra utilizando un Radio transmisor como el que se muestra a continuación. El radio control se entrega completamente configurado, se recomienda no intervenir su programación para evitar mal funcionamiento del sistema.



BIODRONE tiene instalados 2 sistemas GPS. El GPS 1 es el sistema por defecto que necesita el sistema para poder operar. Se debe tener cuidado de no cambiar su posición de instalación, ya que el sistema incluye una brújula que se encarga de la navegación de la aeronave, si esto ocurriese se debe llevar a cabo una calibración como la señalada en la sección 4.6.

El GPS 2 es el sistema RTK a bordo, se encarga de corregir al GPS 1 y mejorar la precisión del posicionamiento del sistema. La corrección RTK sólo funciona cuando la Base GPS RTK y el sistema RTK a bordo están encendidos. Si se opera sin encender la Base GPS RTK no se podrá operar con sistema RTK (sin alta precisión) y el GPS 1 será el encargado de determinar la posición del BIODRONE.



3.3 PREPARACIÓN DE CARGA ÚTIL

1º Verificar funcionamiento correcto del mecanismo de liberación:

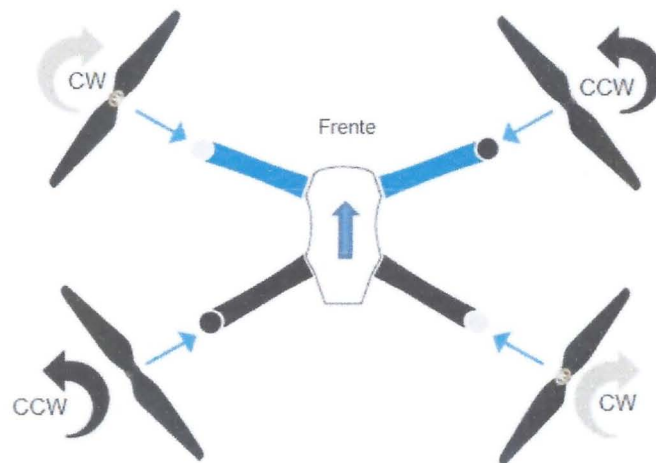
Para verificar el correcto funcionamiento del sistema de liberación o para retirar las cápsulas no liberadas, se puede probar el sistema de forma manual y en tierra. Para esto se deben seguir los siguientes pasos:

- 1º Encender RC.
- 2º Insertar batería y encender BIODRONE.
- 3º Conectar el módem de Comunicación RF al computador.
- 4º Abrir Mission Planner y conectarse al multicoptero.
- 5º En la Pestaña Flight Data (ver imagen siguiente):
 1. Seleccionar "Servo" en el recuadro de opciones rápidas
 2. Bajar hasta encontrar el Servo N° 14
 3. Insertar el valor de liberación (900) en el recuadro indicado en la imagen
 4. Insertar el valor de carga (2000) en el recuadro indicado en la imagen
 5. Para cargar una cápsula, hacer click en "High"
 6. Para liberar una cápsula, hacer click en "Low"
- 6º Al finalizar dejar el sistema de liberación en la posición inicial que indique el plan de vuelo.



2º Instalación de hélices:

BIODRONE utiliza 4 hélices, 2 con el spinner de color GRIS y 2 con el spinner de color NEGRO. Cada una de estas hélices se debe instalar sobre el motor que corresponda a su color, como se indica en la figura siguiente:



CW y CCW indican la dirección de rotación de las hélices para generar la sustentación necesaria para levantar al dron.

Para instalar, apretar y soltar las hélices, éstas traen impresas las siguientes indicaciones:

Hélices con spinner negro:



Girar horario para apretar



Girar antihorario para soltar

Hélices con spinner gris:



Girar antihorario para apretar



Girar horario para soltar



CW (Clockwise): Rotación en sentido horario (gris).

CCW (Counterclockwise): Rotación en sentido anti-horario negro.

3.4 PREPARACIÓN DE GCS

La Estación de Control Terrestre (GCS) se compone de tres elementos principales; Computador Portatil, Modem de Comunicación RF y Base GPS RTK. Para operar con estos dispositivos por primera vez debemos seguir las instrucciones de instalación de softwares descritas en el Anexo A.2.

Una vez instalados los distintos softwares, es conveniente realizar una prueba de conexión del sistema completo. Para esto se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

Preparación de Mission Planner:

Paso 1: Abrir Mission Planner.

Paso 2: es conveniente que Mission Planner esté configurado en el idioma Inglés. Para esto se debe ir a la pestaña "CONFIG/TUNING" y seleccionar "Planner", luego en "Ui Language" seleccionar "English (United States)" y en "Layout" seleccionar Advanced.



Paso 3: Reiniciar Mission Planner para que los cambios hagan efecto.

Paso 4: seleccionar la pestaña “Flight Data” de Mission Planner, en el recuadro inferior izquierdo se muestra otra pestaña con el nombre “Quick”. En esta se muestra información del estado del drone. Es necesario cambiar los elementos que se muestran por defecto.

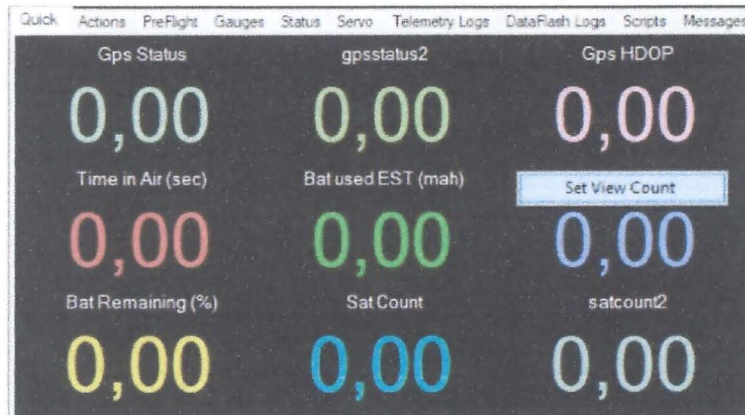


Paso 5: para el correcto funcionamiento del BIODRONE es necesario que Mission Planner muestre cómo mínimo los siguientes parámetros en la pestaña “Quick”:

1. GPS STATUS: estado del GPS 1 (no RTK).
2. GPS STATUS 2: estado del GPS RTK PIKSI.
3. GPS HDOP: calidad del GPS 1.
4. GPS HDOP 2: calidad del GPS RTK PIKSI.
5. SAT COUNT: cantidad de señales GPS conectados al GPS 1.
6. SAT COUNT 2: cantidad de señales GPS conectados al GPS RTL PIKSI.
7. TIME IN AIR: tiempo de vuelo. Útil para registro de vuelos.
8. BAT USED EST: cantidad de energía utilizada por el drone. Medida en miliamperes por hora (mAh) y suministrada por la batería.
9. BAT REMAINING (%): porcentaje de batería restante.



Paso 6: para cambiar el número de parámetros que se muestran en la pestaña “Quick” se debe hacer click derecho sobre el recuadro y presionar sobre “Set View Count”. Luego seleccionar el número de columnas y filas a mostrar. En la figura anterior se seleccionó 3 columnas y 3 filas.



Paso 7: para seleccionar qué parámetros se muestran, se debe hacer doble click sobre uno de los parámetros que se muestran, luego se abrirá un recuadro en el cual se puede seleccionar qué parámetro mostrar. Se deben seleccionar los indicados en el Paso 6.

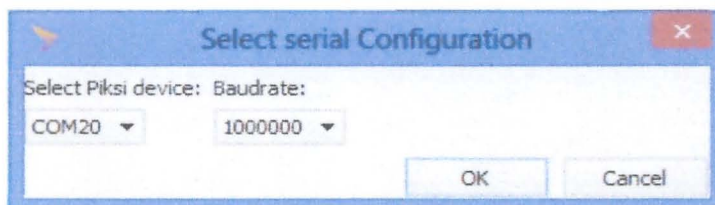


Preparación de Base GPS RTK:

Paso 1: conectar la Antena al módulo RTK del sistema Base.

Paso 2: conectar vía USB el módulo RTK al computador.

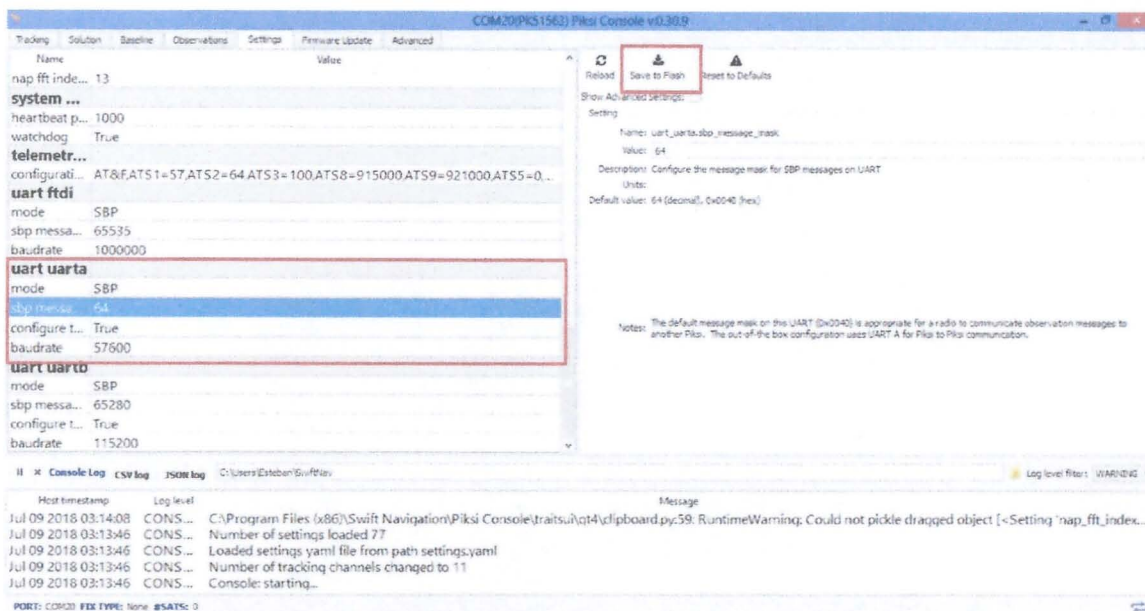
Paso 3: abrir PIKSI CONSOLE. Seleccionar el puerto COM correspondiente, el BAUDRATE de 1000000 y dar click en OK.



Paso 4: seleccionar la pestaña "settings", y verificar en la sección "UART UARTA" que los siguientes parámetros tengan los valores señalados:

1. mode: sbp
2. sbp message mask: 64
3. configure telemetry...: true
4. Baudrate: 57600

Paso 5: presionar "Save to flash"



Paso 6: cerrar PIKSI CONSOLE y mantener el sistema encendido. Este software no es necesario mantenerlo abierto mientras se opera con BIODRONE. Sólo se utiliza para la configuración de la Base GPS RTK.

Preparación de Módem de Comunicación RF:

Paso 1: conectar el módem al computador vía USB y abrir Mission Planner.

Paso 2: insertar batería y encender BIODRONE. El sistema Base GPS RTK debe estar previamente encendido.

Paso 3: el módem de comunicación posee 2 leds, al encender el drone se puede verificar la conexión con el estado de estos leds:

- LED verde parpadeando: buscando a otra radio.
- LED verde sólido: conexión establecida con otra radio.
- LED rojo parpadeando: transmitiendo datos.
- LED rojo sólido: en modo de actualización.

Conexión del sistema completo:

Paso 1: Abrir Mission Planner con el sistema Base GPS RTK encendido (conectado al computador u otra fuente de poder de 5 Volts), BIODRONE encendido y con el módem de comunicación RF conectado al computador.

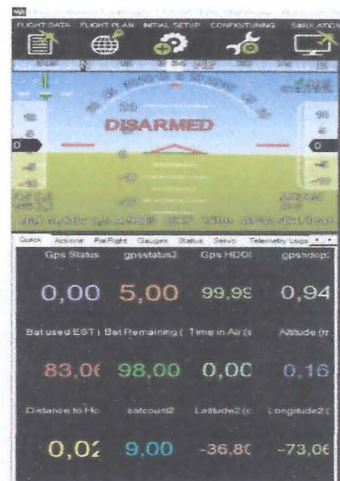
Paso 2: en la esquina superior derecha de Mission Planner seleccionar el puerto COM del módem de comunicación RF y un Baudrate de 57600.

Paso 3: dar click en "Connect".

Paso 4: verificar estado de la conexión moviendo el BIODRONE y observando los movimientos en Mission Planner.

Paso 5: en la pestaña "Quick" el valor del parámetro "GPS STATUS 2" puede tomar los siguientes valores:

- 0.00: sin conexión del sistema PIKSI.
- 1.00 :recibiendo datos, no RTK.
- 4.00: DGPS, GPS diferencial, no RTK.
- 5.00: RTK FLOAT, sistema listo y funcionando en RTK.



4. OPERACIONES DE VUELO

Antes de realizar un vuelo, el operador debe tener conocimiento de la información que se presenta a continuación.

4.1 RADIO CONTROL

Para volar el multicoptero BioDrone, ya sea para vuelo manual o automático, debe utilizar un Radio Transmisor (Tx) con la siguiente configuración:

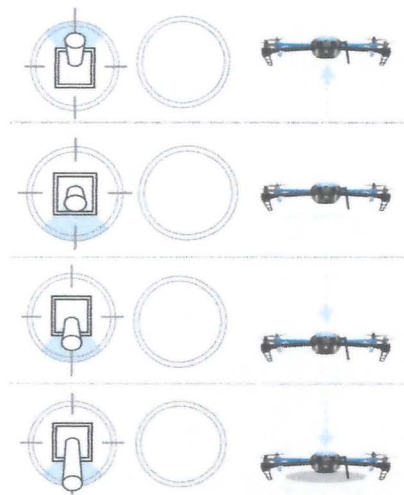


Las palancas o sticks de la Radio (Tx) controlan los diferentes grados de libertad de la aeronave, que corresponden a:

Throttle:	Control de empuje vertical.
Yaw:	Giro con respecto al eje vertical del multicoptero (guiñada).
Pitch:	Movimiento hacia adelante y atrás (cabeceo).
Roll:	Desplazamiento hacia la derecha e izquierda (alabeo).

La navegación o vuelo con radio se realiza de la siguiente manera:

Throttle:



Aumento de velocidad vertical/altitud.

Mantener altura actual.

Disminución de velocidad vertical/altitud.

Aterrizaje.

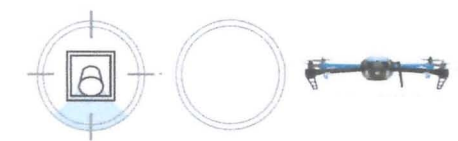
Yaw:



Giro en sentido anti-horario.

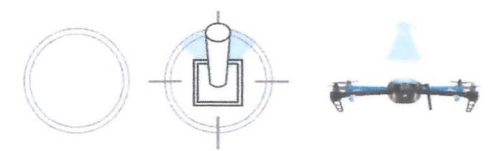


Giro en sentido horario.

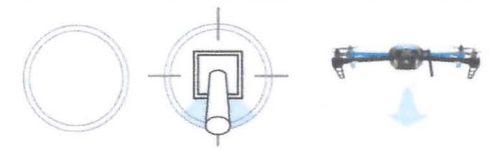


Centrar la palanca para detener la rotación y mantener la orientación actual.

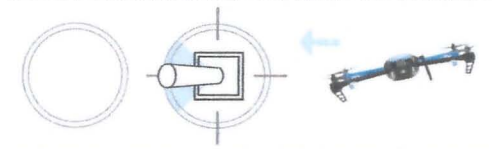
Pitch/Roll:



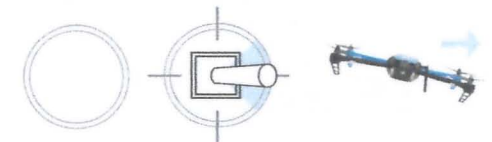
Desplazamiento hacia adelante.



Desplazamiento hacia atrás.



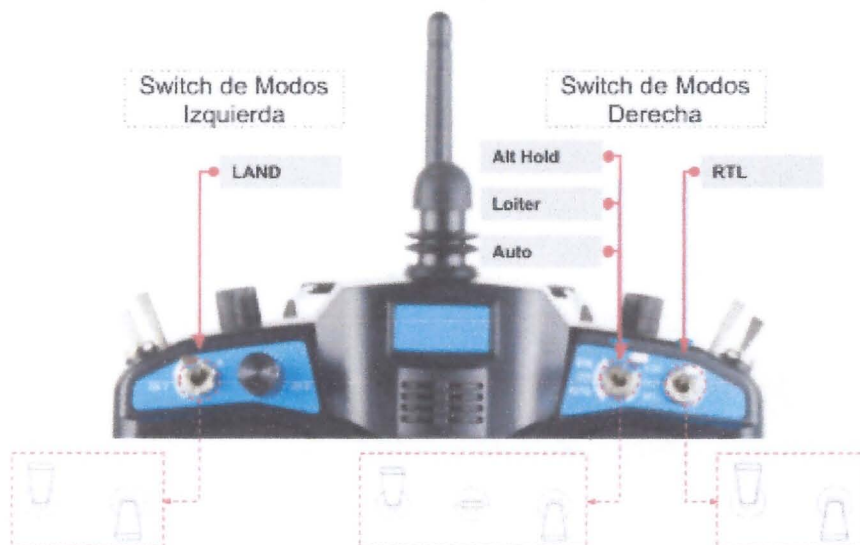
Desplazamiento hacia la Izquierda.



Desplazamiento hacia la derecha.

4.2 MODOS DE VUELO

Los modos de vuelo son distintas formas en las que se puede ejecutar un vuelo. Los modos de vuelo que puede adoptar el multicoptero BioDrone son los siguientes:



- Alt Hold:** Control manual asistido por el autopiloto, el cual mantiene la altura estabilizada del drone y permite que el operador tenga control de la orientación y desplazamiento de forma manual. El control de empuje vertical (Throttle) debe estar centrado para mantener la altitud, si se mueve, el multicoptero responderá gradualmente a la orden de cambio de empuje y por ende su altitud.
- Loiter:** El multicoptero se mantiene estático y estabilizado en el aire al soltar los controles, manteniendo su altura y posición, o compensando las órdenes manuales del operador.
- Auto:** Volar misión automática. El multicoptero ejecuta una misión de vuelo automática creada y cargada previamente con el software "Mission Planner"
- Land:** Este es un modo de vuelo automático que interrumpe cualquiera de los modos de vuelo mencionados anteriormente, el cual ordena al multicoptero iniciar un descenso y aterrizaje vertical en la ubicación en que este modo de vuelo se haya activado. Este además permite regular manualmente la orientación y desplazamiento horizontal. También puede controlar el Throttle para aumentar o disminuir velocidad vertical. Se recomienda nunca bajar del límite medio antes de aterrizar.
- RTL:** Al igual que el modo Land, este modo de vuelo automático también interrumpe la operación para retornar al punto de despegue a una altitud mínima de 20 m (configurable), permitiendo en la etapa de descenso vertical controlar la orientación, desplazamiento y Throttle para aumentar o disminuir velocidad vertical. Se recomienda nunca bajar del límite medio antes de aterrizar.

4.3 EJECUCIÓN DE OPERACIÓN

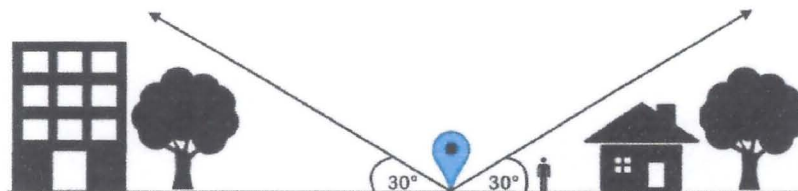
En el Anexo A.3 se entrega un resumen de los pasos a seguir para la puesta en marcha de una operación con BIODRONE. Sin embargo es imprescindible que el Operador lea los siguientes pasos y modifique el Checklist propuesto si lo encuentra necesario.

Para la realización de un vuelo debe seguir las siguientes instrucciones paso a paso:

PARTE 1: INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE GCS

(siempre encender primero que el BIODRONE)

Paso 1: Instale la Base GPS RTK en un área despejada según las siguientes Figuras:



Si la ubicación es conocida, esto es, se conocen las coordenadas del punto donde fue instalada la antena GPS, entonces:

Paso 2: Conecte y configure la ubicación geo-referenciada de la Base GPS RTK con precisión.

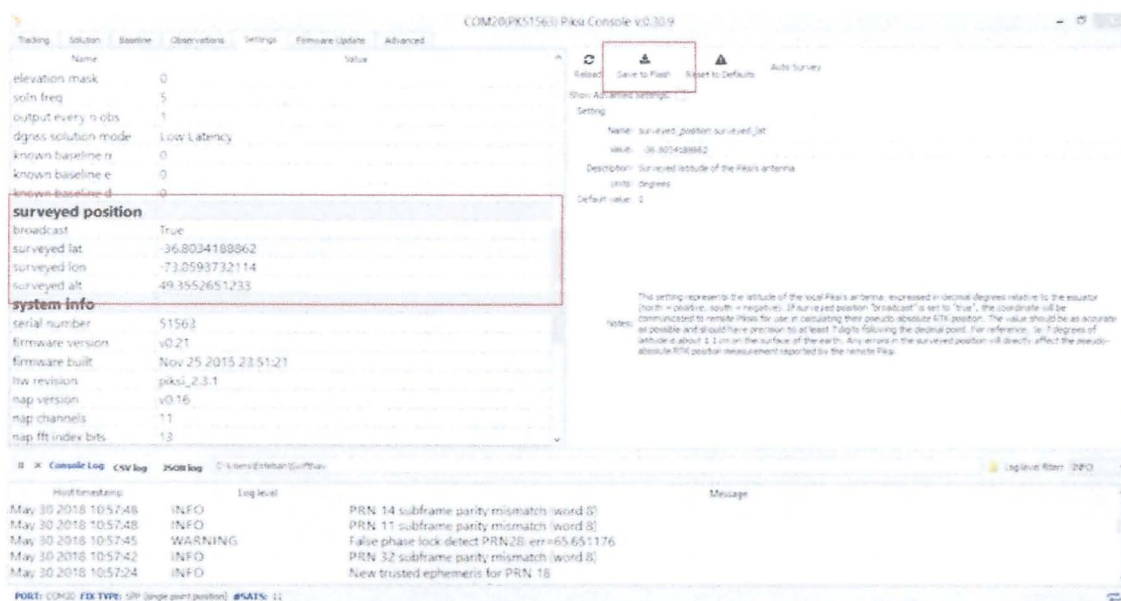


Siempre se debe encender primero la Base GPS RTK y luego el multicoptero, esto permite el buen funcionamiento del sistema RTK.

Paso 3: para configurar la ubicación se debe conectar el módulo de procesamiento al Computador vía USB.



Paso 4: abrir PIKSI CONSOLE, seleccionar la pestaña “SETTINGS” y luego ingresar las coordenadas del punto en dónde se instaló la antena GPS.



Paso 5: presionar “Save to Flash”, lo que guarda la posición de la Base en el sistema.

Si la ubicación NO es conocida, entonces se debe retomar desde el Paso 3, y realizar la siguiente configuración:

Paso 4: abrir PIKSI CONSOLE, en la pestaña “Tracking” verificar que la intensidad de los satélites conectados se mayor a 30 y esperar a conectarse con al menos 7 satélites.



Paso 5: esperar por alrededor de 10 minutos, para que el sistema recolecte información de su posición. Esto se puede verificar en la pestaña “Single Point Position”. Los puntos azules son las posiciones estimadas de la Base.



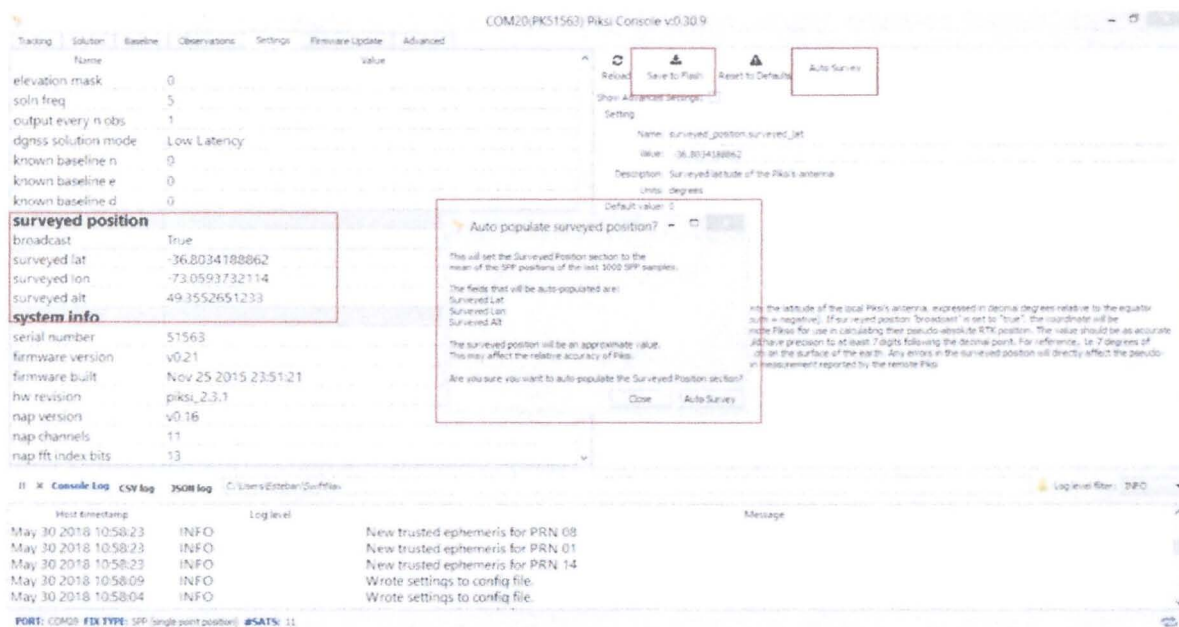
Paso 6: luego de esperar por 10 minutos, seleccionar la pestaña “SETTINGS”.

Paso 7: buscar la sección “Surveyed position” y hacer click sobre “surveyed lat” o “surveyed lon”.

Paso 8: hacer click en “Auto Survey”, esto permite que el sistema calcule un promedio de las posiciones estimadas en los 10 minutos de espera.

Paso 9: en el recuadro que aparece presionar “Auto survey”.

Paso 10: finalmente presionar “Save to Flash” para guardar la posición de la Base en el sistema.



Para ejecutar los vuelos con BIODRONE, no es necesario mantener abierto el software PIKSI CONSOLE, sólo es necesario seguir alimentando al sistema Base GPS RTK tras finalizar la configuración descrita.

Este método produce buenos resultados en la posición relativa entre la Base GPS RTK y el GPS RTL a bordo del dron. Sin embargo para obtener una posición global de muy alta precisión es necesario medir y obtener las coordenadas en las que se instalará la Antena Base mediante un GPS de alta precisión.

PARTE 2: PREPARACIÓN DE GCS

Paso 1: encender computador y conectar sistema Base GPS RTK (pasos previos).

Paso 2: conectar Módem de comunicación RF al computador.

Paso 3: Abrir Mission Planner.

Paso 4: seleccionar puerto COM correspondiente y BAUDRATE de 57600.

Paso 5: esperar la preparación del drone.

PARTE 3: PREPARACIÓN DE BIODRONE

(siempre encender primero la Base GPS RTK)

Paso 1: revisión visual general del sistema.

Paso 2: insertar la cápsulas a utilizar en la estructura ultraliviana.

Paso 3: instalar hélices, teniendo cuidado de instalar en el orden correcto y utilizando la herramienta provista.



Paso 4: revisar conexiones electrónicas del sistema RTK a bordo.

Paso 5: encender Radio Transmisor. Cuidando que la palanca de Throttle este en su posición inferior. Además las palancas de modos de vuelo, RTL y Land deben estar en su posición superior como se indica en la figura siguiente:



Paso 6: insertar batería y enchufar conectores amarillos. Luego alejarse del drone y esperar inicialización del sistema. El led trasero pasará por distintas secuencias de luces.



Paso 7: tras la inicialización esperar a que el Led trasero parpadee en color verde.

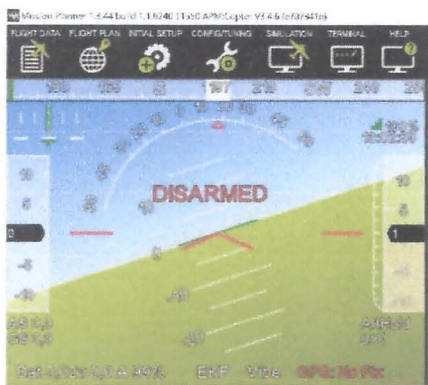


PARTE 4: CONEXIÓN GCS - BIODRONE

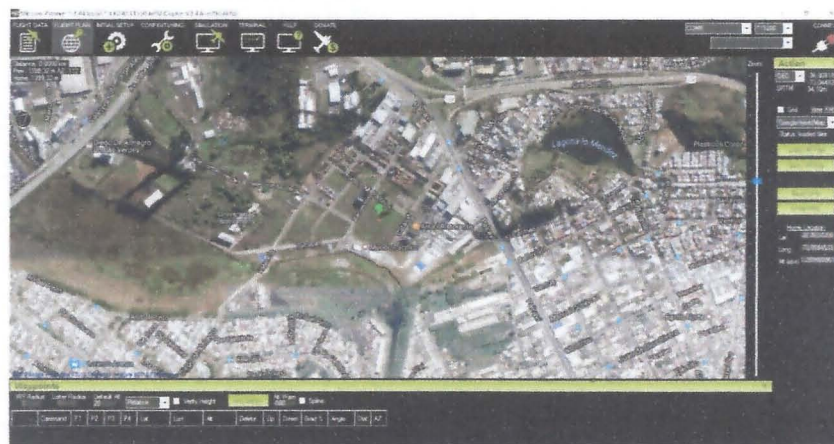
Paso 1: en Mission Planner dar click en “Connect”.

Paso 2: esperar a que el sistema cargue los datos del BIODRONE.

Paso 3: comprobar conexión, girando levemente BIODRONE y verificando los movimientos en el HUD de Mission planner. En la figura siguiente se muestra un giro en Roll hacia la derecha y lo que debería mostrar el HUD (horizonte artificial).



Paso 4: seleccionar la pestaña “Flight Plan”, y generar la misión automática o cargar una misión previamente creada (Load WP's). Luego cargarla en el drone mediante (Write Wps). Verificar que el plan de vuelo tenga los comandos “Take off” y “RTL” que son esenciales para un buen funcionamiento del sistema.

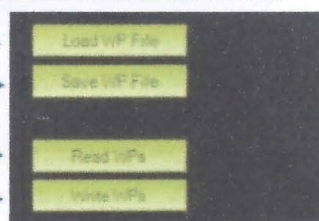


Cargar una misión creada prev.(.TXT) →

Grabar una misión creada (.TXT) →

Leer misión cargada en el Autopiloto →

Cargar misión en el Autopiloto →



Paso 5: es opcional probar el mecanismo de liberación como se explicó en la sección 3.3 .

PARTE 5: INICIO Y TÉRMINO DEL VUELO

Paso 1: luego de cargar la misión, se debe esperar a que el sistema RTK se estabilice y muestre la frase “RTK FLOAT” en el HUD. Esto se verifica en la pestaña “Quick”, el parámetro “GPS STATUS 2” debe tener un valor de 5.



Paso 2: luego de alcanzar el “RTK FLOAT” se puede comenzar la misión. Se debe armar el BIODRONE, y el HUD mostrará el estado “ARMED”

Paso 3: se recomienda realizar una misión completamente automática, esto se realiza moviendo la palanca de Modos de vuelo a su posición inferior con el drone en el suelo y luego posicionando la Palanca Throttle a la mitad. Con esto BIODRONE comenzará a llevar a cabo la misión cargada.



Paso 4: mientras el multicoptero realiza la misión, se recomienda verificar el estado de la batería, tiempo de vuelo y estado de conexión RTK en Mission Planner. Además de acompañar el vuelo del drone de formar visual. Nunca volar más allá de la línea de visión del piloto.

Paso 5: al finalizar la misión automática BIODRONE aterrizará de forma automática. El piloto debe esperar a que el drone toque suelo y luego bajar el Throttle a su posición mínima. El drone entrará en estado “Disarmed” de manera automática.

Paso 6: así se finaliza la operación. Se puede cargar una nueva misión y llevarla a cabo siempre y cuando el estado de la batería lo permita.

4.3.1 INDICADORES DE ESTADO

El LED trasero es el principal LED del drone y en combinación con el “buzzer ” interno, permiten detectar y verificar el estado del BIODRONE. Las secuencias son las siguientes:



➤ Inicializando, mantener Biodrone inmóvil y nivelado.



➤ Esperando señal GPS.



➤ Autopiloto listo, con señal GPS.



➤ Armado y listo para despegar.



➤ Pérdida de comunicación con operador.



➤ Batería baja.



➤ Pérdida de señal GPS.

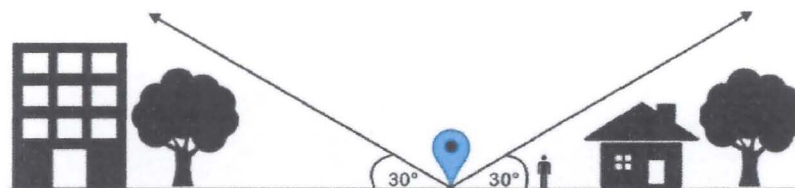


➤ Falla de seguridad en el pre-armado (revisar conectándose al autopiloto por USB).

4.3.2 PRIMER VUELO

Paso 1: Chequear que el sistema completo esté listo para el vuelo.

Paso 2: Instalar la Base GPS RTK. Recordar instalación libre de obstáculos:



Paso 3: conectar el módulo de procesamiento RTK y módulo de comunicación RF al computador.

Paso 4: configurar coordenadas de la Base mediante PIKSI Console, como se explica en la sección 4.3 parte 1.

Paso 5: preparar BIODRONE instalando hélices e introducir las cápsulas en la estructura ultraliviana con cápsulas.

Paso 6: Chequear que los sticks y switch del Radio Transmisor (Tx) estén en posición de despegue. Esto es; Throttle al mínimo, RTL Off, Land Off y modo de vuelo seleccionado según misión.

Paso 7: Encender el Radio Transmisor.

Paso 8: Posicionar el multicoptero BioDrone en el punto de despegue (Home).

Paso 9: Energizar el multicoptero (Conectar batería) y esperar hasta que el autopiloto esté listo.



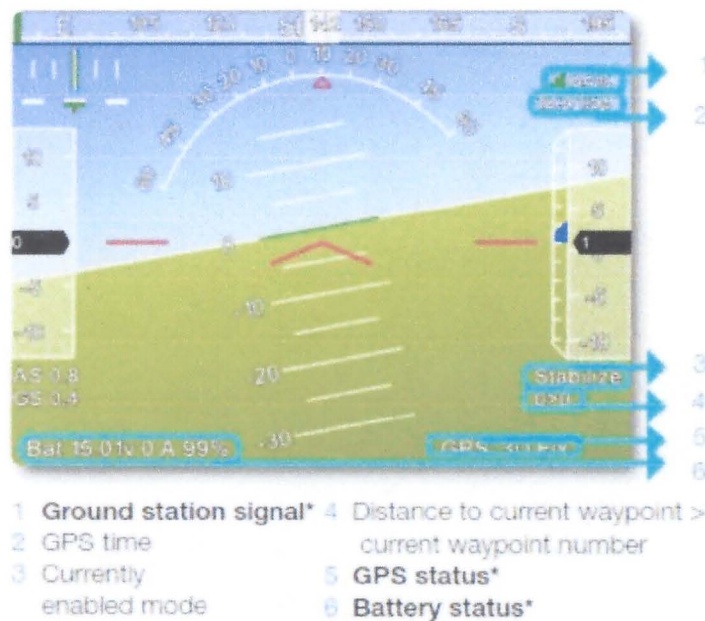
Indicador LED



Botón de seguridad (Safe switch)

Paso 10: Conectarte con estación en tierra (Mission Planner/PC).

Mission Planner muestra la telemetría en su interfaz:



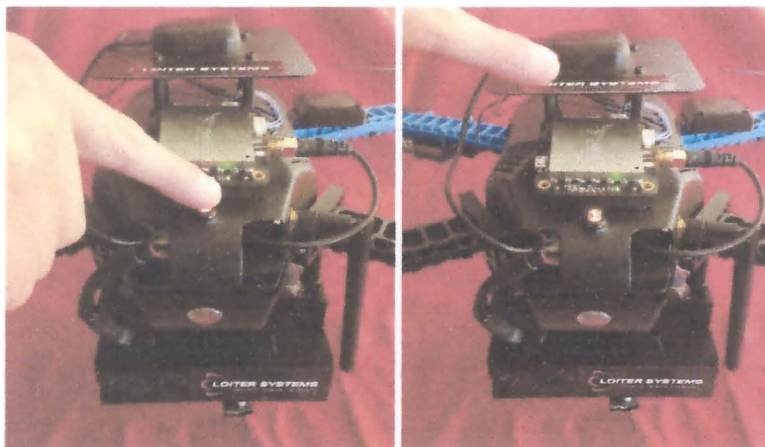
Paso 11: cargar misión automática.

Paso 12: esperar a que el sistema entre en estado "RTK FLOAT".

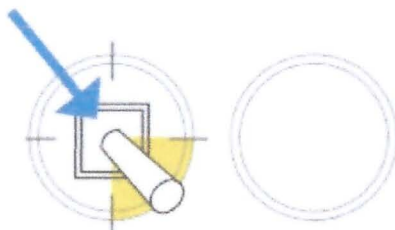
Paso 13: Energizar los motores presionando el botón de seguridad hasta que la luz está roja sólida.



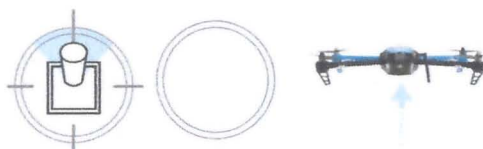
Botón de seguridad (Safe switch)



Paso 14: Armar el sistema, en modo Alt Hold o Loiter, manteniendo el stick izquierdo del Radio control cargado hacia abajo/derecha por unos segundos, comenzarán a girar las hélices a las RPM mínimas.



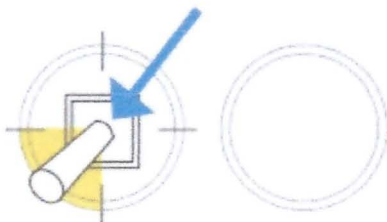
Paso 15: Despegar aumentando lentamente el Throttle.



Paso 16: Ejecutar misión de vuelo, seleccionando el modo Auto en el Switch de Modos. También se puede comenzar la misión de despegando forma automática, seleccionando el modo Auto después de Armar el sistema y luego subir la palanca Throttle a la mitad.

Paso 17: Una vez terminado el vuelo aterrizar, ya sea de forma manual o usando los modos RLT o LAND. Si se vuela una misión automática verificar que al final de la misión exista el comando RTL o LAND.

Paso 18: Desarmar el sistema, manteniendo el stick izquierdo del Radio control cargado hacia abajo/izquierda por unos segundos. se detendrá el giro de las hélices. En una misión autónoma el drone se desarma de manera automática.



Paso 13: Presionar el el botón de seguridad y que la luz se vuelva roja intermitente, para desactivar los motores.

Paso 14: Desenergizar el BIODRONE desconectando la batería.

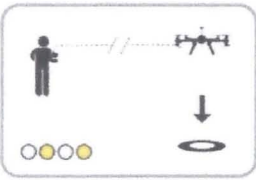
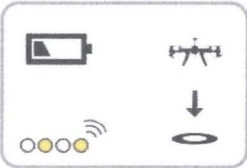
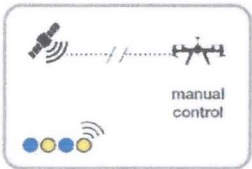
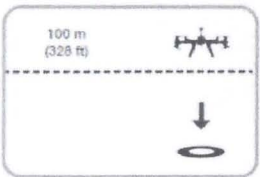
Paso 15: Apagar el Radio control.



Se recomienda que el operado genere un Checklist que le permita realizar los procedimientos de forma ordenada y segura.

4.4 FAILSAFES

Los Failsafe son protocolos de seguridad con los que cuenta el autopiloto para prevenir accidentes durante la operación, los cuales permiten realizar una acción de recuperación cuando se produce una falla en vuelo. Biodrone informa de una falla mediante el indicador luminoso (LED) y sonoro (Buzzer), pero al estar en vuelo el operador es incapaz de identificarlos, por lo que la ejecución de los failsafes son imprescindibles para la prevención de accidentes.

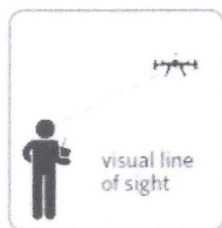
FAILSAFE	DESCRIPCIÓN	ESTADO
 RC Controller Signal Failsafe	Cuando el autopiloto detecta una pérdida de comunicación (inalámbrica) con el usuario y/o estación en tierra, el Biodrone vuelve al punto de despegue (HOME) y aterriza. Luz amarilla intermitente.	Desactivado
 Low Battery Failsafe	Cuando la batería se encuentra baja y llega a un valor de 10.5 Volts, el Biodrone ejecuta el automáticamente el modo RTL (configurable a Modo Land). Luz amarilla intermitente y tono repetitivo.	Activado RTL (altura de seguridad: 10 metros)
 GPS Failsafe	Cuando se pierde la señal GPS el Biodrone cambia el modo de vuelo según la configuración que se elija (alt. hold o land). Luz azul y amarilla intermitente, acompañado de todos altos y bajos repetitivos.	Desactivado
 Altitude/Range Failsafe	El Biodrone tiene una limitación altura y distancia (geofence) que impide que se eleve por sobre los 100 mts de altura o supere los 300 mts de distancia, al hacerlo se ejecuta automáticamente el modo RTL.	Desactivado



Geofence es una barrera cilíndrica o polígono virtual que limita al BIODRONE a salir de los alcances visuales del operador en tierra.

4.5 SEGURIDAD

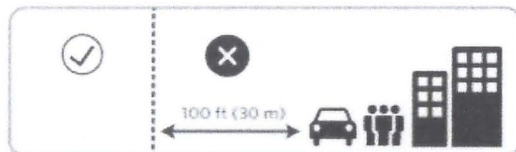
Para operar el multicoptero de forma segura y evitar riesgos para la operación y el entorno se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:



- Evitar volar por sobre los 120 mts de altura
- Mantener siempre el multicoptero a la vista durante el vuelo
- Evitar volar en condiciones de lluvia y mala condición visual (neblina)



- Evitar volar a menos de 8 km de distancia de aeropuertos o lugares donde operen aviones tripulados.



- Evitar volar cerca de lugares poblados, con edificios o con tránsito de vehículos.



- Evitar acercarse a las hélices después de presionar el botón de seguridad y este se encuentre con la luz roja en estado sólido, ya que el giro de las hélices a alta velocidad pueden causar lesiones graves.

4.6 CALIBRACIONES

Es recomendable realizar las siguientes calibraciones si:

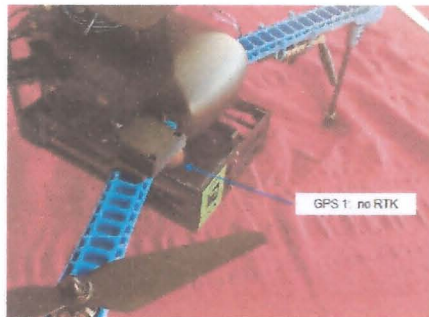
1. Se realiza algún cambio en la posición de la brújula integrada en el GPS 1.
2. El sistema sufre golpes durante el transporte.
3. Tras un almacenamiento superior a 2 meses.
4. Luego de un accidente o mal funcionamiento.
5. Si el vuelo se realizará a más de 300 km del vuelo anterior.

El sistema se entrega totalmente calibrado y probado en Concepción, Octava Región. Se recomienda realizar las calibraciones si se realizarán vuelos fuera de la Octava región.

A continuación se detallan los pasos para realizar las calibraciones de la Brújula y de los Acelerómetros.

4.6.1 CALIBRACIÓN DE LA BRÚJULA

La calibración se lleva a cabo para la Brújula integrada en el GPS 1, la ubicación se muestra en la figura siguiente.



Calibrar la brújula consiste en rotar el multicoptero lentamente en torno a todos sus ejes, para que cada lado del sistema apunte hacia la tierra por algunos momentos. Para mayor información se recomienda revisar el siguiente video instructivo:

Video instructivo de calibración de brújula: <https://youtu.be/CD8EhVDfgnI>

A continuación se enumeran los pasos a seguir para realizar la calibración de la brújula. Se recomienda realizar la calibración sin instalar las hélices.

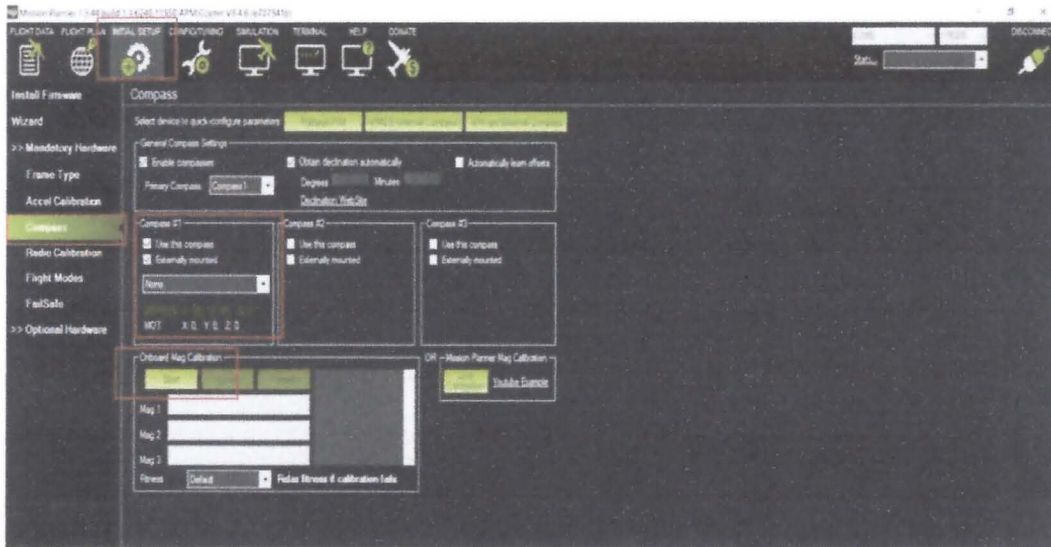
Paso 1: encender radio transmisor.

Paso 2: insertar batería y encender BIODRONE.

Paso 3: conectar módem RF al computador y abrir Mission Planner.

Paso 4: seleccionar puerto COM correspondiente, BAUDRATE 57600 y dar click en connect.

Paso 5: seleccionar la pestaña “Initial Setup”, luego “Compass” y dar click en “START” bajo “Onboard Mag Calibration”.



Paso 6: tomar el multicoptero y rotarlo lentamente alrededor de sus ejes como se muestra a continuación:



Paso 7: seguir rotando el multicoptero hasta que la barra indicada como “Mag 1” se complete .

Paso 8: verificar que los números indicados como OFFSETS en el recuadro “Compass #1” estén coloreados en verde. (Ver imagen anterior debajo de Paso 5).

Paso 9: calibración finalizada.

4.6.2 CALIBRACIÓN DEL ACELERÓMETRO

Calibrar el acelerómetro (componente interno del BIODRONE) significa enseñarle al autopiloto las orientaciones que corresponden a las inclinaciones del drone. Para mayor información se recomienda visita el siguiente vínculo con un video demostrativo:

Video demostrativo: <https://vimeo.com/56224615>

A continuación se enumeran los pasos a seguir para realizar la calibración del acelerómetro. Se recomienda realizar la calibración sin instalar las hélices.

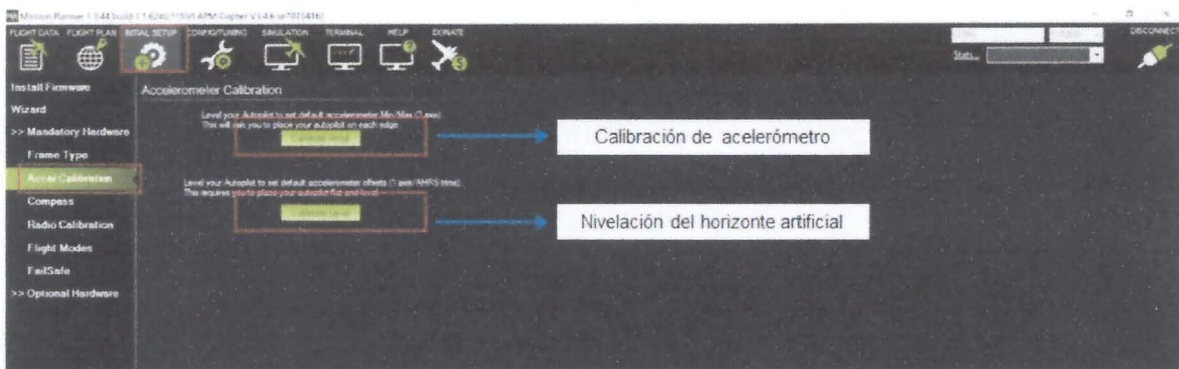
Paso 1: encender radio transmisor.

Paso 2: insertar batería y encender BIODRONE.

Paso 3: conectar módem RF al computador y abrir Mission Planner.

Paso 4: seleccionar puerto COM correspondiente, BAUDRATE 57600 y dar click en connect.

Paso 5: seleccionar la pestaña "Initial Setup", luego "Accel Calibration".



Paso 6: seleccionar "Calibrate Accel" y seguir las instrucciones ubicando el multicoptero en las posiciones requeridas por algunos segundos.



Paso 7: nivelar el multicoptero y luego presionar "Calibrate Level".

Paso 8: si ambas calibraciones entregan el mensaje "Calibration Succesful", la calibración ha sido finalizada.

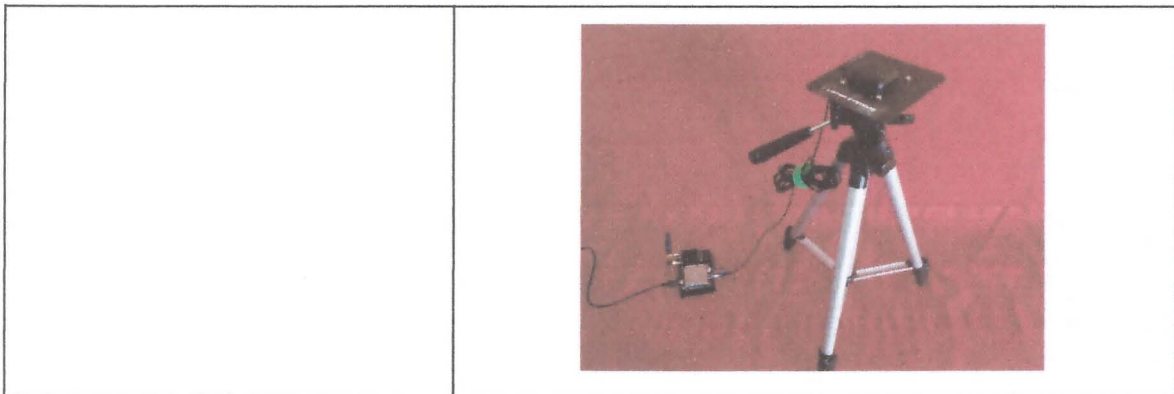
5. ESTACIÓN EN TIERRA Y VUELO AUTÓNOMO

La estación en tierra permite configurar el comportamiento y funciones del multicoptero, además de crear y monitorear una misión automática de vuelo.

5.1 COMPONENTES DE LA ESTACIÓN EN TIERRA.

Esencialmente se necesita:

Notebook:	Para ejecutar el software " <i>Mission Planner (Windows)</i> " que sirve de interfaz entre el usuario y el autopiloto.
Modem de Comunicación RF: (telemetría)	Permite la comunicación remota entre el el Multicoptero y la estación en tierra. 
Base GPS RTK:	Compuesto por: antena, módulo de procesamiento y módem de comunicación de telemetría. Este sistema permite aumentar la precisión en la posición del BIODRONE, enviando correcciones al sistema RTK instalado en el drone a través de su módulo de comunicación de telemetría.



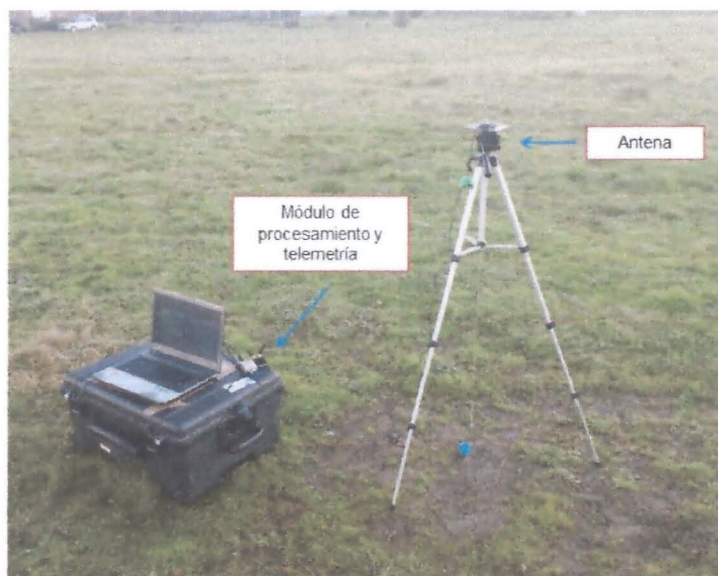
Durante un vuelo el software *Mission Planner* permite al operador conocer los datos de vuelo en tiempo real, apoyado por datos de telemetría, horizonte artificial y mapa de la zona de vuelo que permiten hacer la navegación más segura. De acuerdo a la versión seleccionada, la aplicación también informará por medio de audio indicaciones relevantes del vuelo.



La descarga y documentación del software *Mission Planner* puede ser obtenida en forma gratuita de <http://ardupilot.org/planner/>



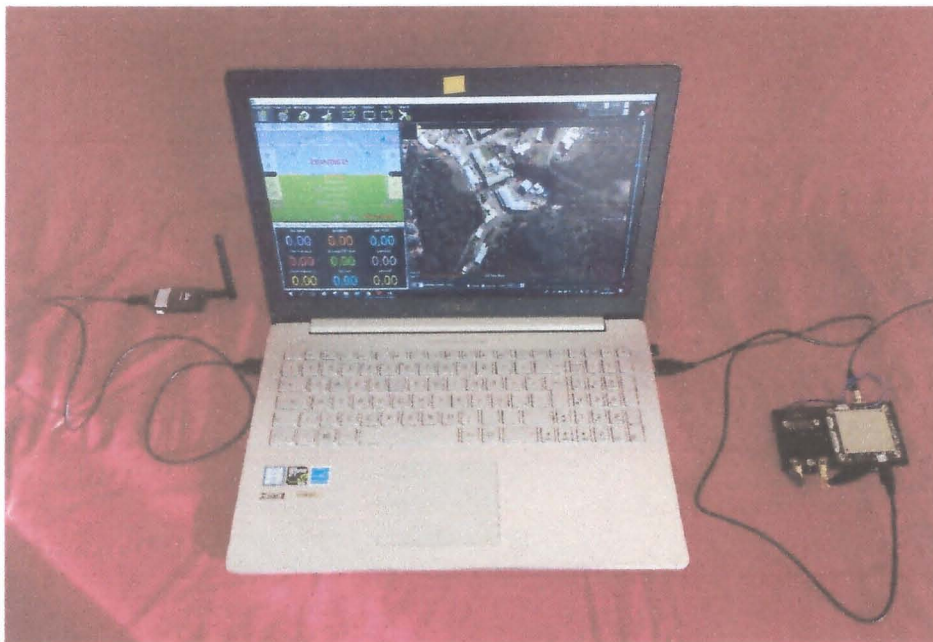
La comunicación entre el BIODRONE y la estación en tierra se puede realizar por cable o inalámbrica. Para ambos casos es necesario conectarse mediante *MissionPlanner*, *DroidPlanner* y *Tower*, utilizando una velocidad de 56700 para conexión inalámbrica y de 115200 para la conexión cableada por USB.



En la figura anterior se muestra la Base GPS RTK, el sistema debe ser alimentado con 5 Volts, provenientes de un puerto USB de un computador, batería externa u otro medio de alimentación. Se recomienda instalar la antena en un trípode, en un terreno abierto, alejada de la interacción con el piloto y sin obstáculos.

La conexión al computador para configuración de la posición de la Base se realiza mediante conexión USB y utilizando el software PIKSI CONSOLE.

El sistema Base GPS RTK y el módem de Comunicación RF pueden ser conectados al mismo computador, guardando una distancia de seguridad para evitar interferencias como se muestra a continuación.



5.2 MISIÓN AUTOMÁTICA.

La misión automática permite a la aeronave ejecutar un vuelo autónomo, el cual debe ser creado y cargado en el autopiloto bajo supervisión del operador en la Estación de Control Terrestre, por medio de PC-Windows (MissionPlanner).

5.2.1 OPERACIÓN CON MISSION PLANNER

Su ejecución comienza cuando se activa el modo de vuelo “Auto” estando el Multicóptero en vuelo o listo para despegar (la ejecución comienza al despegar).

Paso 1: Ejecutar Mission Planner en Computador conectado a Internet.

Paso 2: Conectarse al autopiloto Pixhawk por medio del puerto USB.

Paso 3: Seleccionar el menú **Flight plan** del software Mission Planner.



Paso 4: Luego se debe descargar el mapa de la ubicación que se muestra en la pantalla, haciendo **click derecho en mapa > Map Tool > Prefetch** y aceptar las solicitudes por defecto.

- Existen dos maneras de crear una misión:
 - Forma manual: agregando detalladamente los puntos del circuito (Waypoints) y las acciones a realizar (Do command) mientras se recorre.
 - Forma automatizada: Creación de recorrido automatizado a través de la herramienta **Survey tool**.
 - Se recomienda la segunda forma, la cual es más simple y práctica para las aplicaciones de captura de imágenes.
 - En ambos casos debe mantener bloqueado el “Yaw” o “Cabeceo” con el propósito de realizar un vuelo más eficiente.

Paso 5: Crear un polígono sobre el área que se desea recorrer o mapear durante la misión haciendo click derecho en el mapa y seleccionando la opción **> Draw Polygon > Add Polygon Point**, de manera consecutiva crear puntos haciendo clic izquierdo sobre el mapa.

Paso 6: Abrir la herramienta survey tool haciendo **click derecho sobre el mapa > Auto WP > Survey (Grid)**



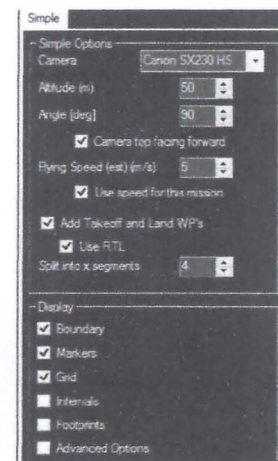
Paso 7: Editar la misión configurando el valor de los parámetros que se encuentran a la derecha de la venta del **Survey tools**.

Estas opciones permiten modificar:

- Altitud de la misión
- Orientación del recorrido (en [°])
- Velocidad a la que se ejecuta la misión (Sugerencia: 2 m/s)
- Y la utilización de un modo de vuelo para terminar la misión (RTL o LAND). Si no se define uno de estos para terminar la misión el BIODRONE quedará en estado LOITER tras finalizar la misión.

Los cambios realizados se ven reflejados en la información de estado de la misión que se muestra en la parte inferior de la pantalla de **Survey Tools**

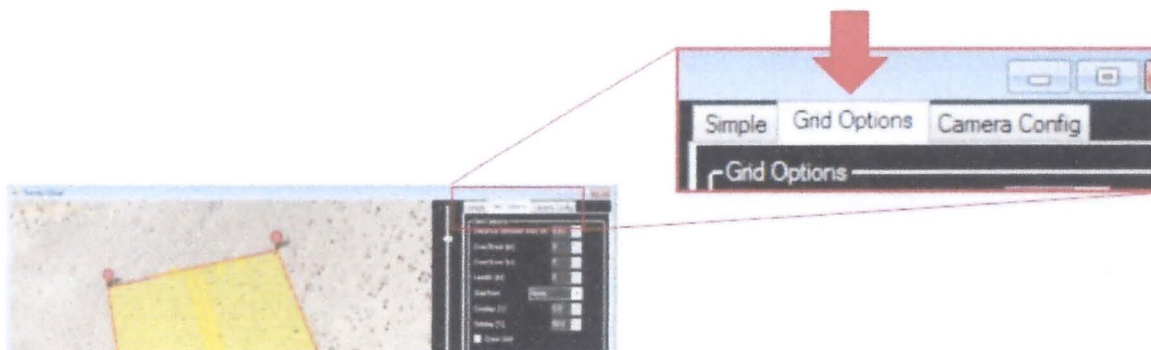
Stats					
Area:	58530 m ²	Pictures:	104	Flight Time (est):	12:00 Minutes
Distance:	2.88 km	No of Strips:	12	Photo every (est):	4.62 Seconds
Distance between images:	23 m	Footprint:	61.6 x 46.2 m	Turn Dia (at 45d):	7 m
Ground Resolution:	1.54 cm	Dist between lines:	24.64 m	Ground Elevation:	4561-4617 m



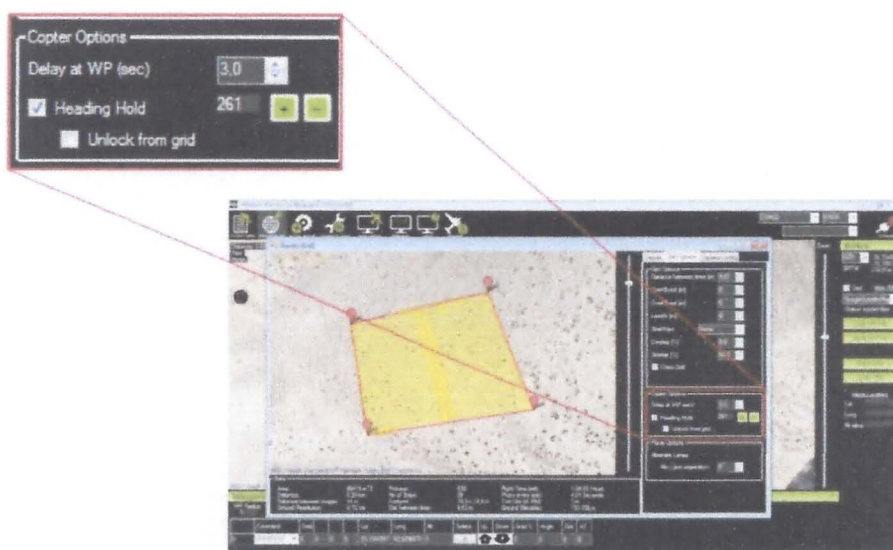


Al marcar la última casilla de este menú de opciones (**Advanced Options**), se tiene acceso a configuraciones específicas sobre la cámara y el recorrido del vuelo. Un vuelo más eficiente requiere Heading Lock, evitando así que el dron gire en eje Yaw cuando transita entre waypoints.

Paso 8: Heading Lock



Se recomienda utilizar el modo HeadingLock y Delay at WP 2.0 sec para que el BIODRONE realice movimientos suaves y nivelados al cambiar de línea de map.



Una vez finalizado los cambios, hacer clic en aceptar para guardar.

Paso 9: Devuelta en **FLIGHT PLAN** se puede guardar la misión (**Save WP File**) y cargar en el autopiloto (**Write WPs**), además de otras acciones.

Tipo de sistema de coordenadas, Indica la coordenada del Mouse	→	Action >>
		GEO -36.854772 -73.090904 131.37m
Mapa a utilizar	→	☐ Grid <u>View KML</u> BingHybridMap Status: loaded tiles
Cargar una misión creada prev.(.TXT)	→	Load WP File
Grabar una misión creada (.TXT)	→	Save WP File
		...
Leer misión cargada en el Autopiloto	→	Read WPs
Cargar misión en el Autopiloto	→	Write WPs
		<u>Home Location</u>
Posición del HOME	→	Lat -36.85416919 Long -73.09192366 Alt (abs) 98.80000305



HOME define por defecto en el lugar (coordenadas) donde se arma el multicoptero. puede ser cambiado haciendo doble click sobre los valores.

6. OPERACIONES POST-VUELO

Es de vital importancia realizar de forma ordenada y cuidadosa el desensamble del multicoptero post-vuelo para evitar la pérdida o daños de las que componen el sistema.

6.1 DESMONTAJE Y ALMACENAMIENTO.

Tras finalizar una jornada de trabajo, se deben llevar a cabo los siguientes pasos para desmontar y almacenar el sistema BIODRONE.

- 1º Desmontar todas las hélices.
- 2º Liberar cápsulas restantes de forma manual con el multicoptero encendido.
- 3º Guardar cápsulas no utilizadas
- 4º Desconectar, apagar y guardar sistema BASE RTK PIKSI.
- 5º Desconectar, retirar y guardar batería del BIODRONE.
- 6º Revisión visual de estado del multicoptero.
- 7º Apagar y guardar RC.
- 8º Desconectar y guardar módulo de telemetría de tierra.
- 9º Apagar GCS y guardar.
- 10º Revisión general del número y estado de componentes.



Se aconseja que a medida que se vayan retirando de forma cuidadosa los componentes, sean guardados de forma inmediata.

Almacenar en caja o espacio que proteja de los riesgos de daño durante el traslado.

6.2 EXTRACCIÓN DE DATOS DE VUELO.

Luego de realizar un vuelo, usted podrá descargar los archivos “Logs” de vuelo. Estos contienen información tal como: altitud, velocidad, consumo, etc.. Para descargar los archivos se debe establecer comunicación entre un computador y el autopiloto, ya sea por medio de las radios de telemetría, por conexión USB o directamente retirando la memoria MicroSD desde el autopiloto Pixhawk. Como buena práctica recomendamos el siguiente procedimiento:

Paso 1: Desconectar Batería de Multicóptero.

Paso 2: Conectar el autopiloto con su computador usando el cable micro USB.

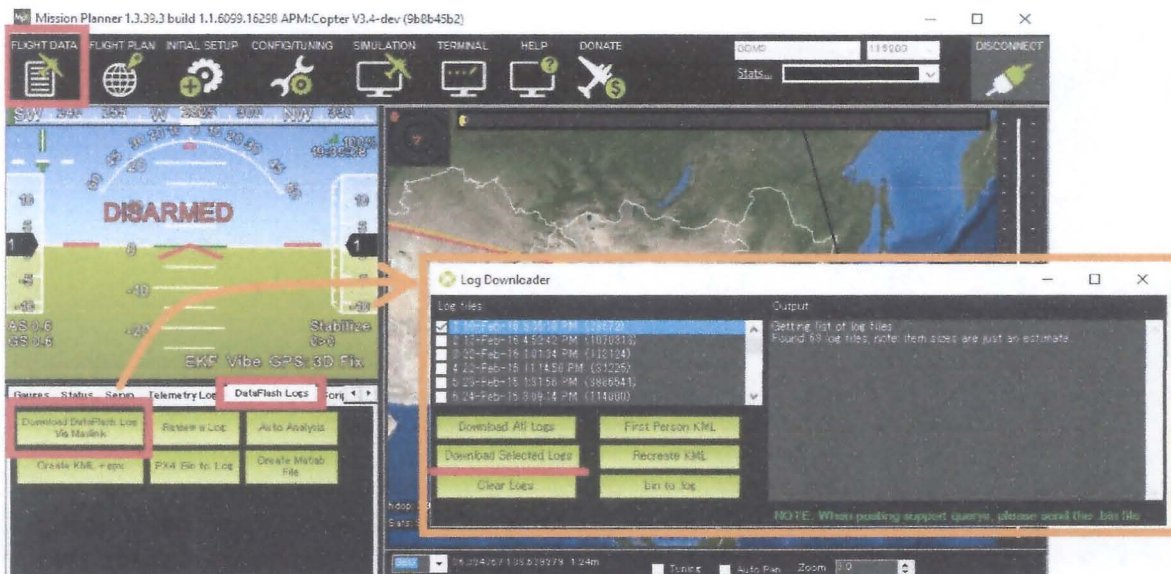


Paso 3: Abrir el software Mission Planner



Paso 4: En la ventana Flight Data, en la sección inferior izquierda, seleccionar la viñeta “DataFlash Logs” y haga click en el botón “Download DataFlash Log Via Mavlink”

Paso 5: Seleccione el log que usted desea descargar. Este será almacenado en el directorio MissionPlanner/logs, en un archivo con el nombre del tipo de vehículo, tal como QUADCOPTER.



7. ESPECIFICACIONES

7.1 MULTICOPTERO LS-BIODRONE-PRO

Autopiloto: Pixhawk

Firmware: APM Copter 3.4.6 (No Actualizar)

Frame: Quadcopter BIODRONE, 4 brazos fijos.

Esc: 30A

Motores / Hélices: 920 kv (tipo: 3DR® IRIS+) / 9.5x4.5" CW (grises) (x2); 9.5x4.5" CCW (negras)

Batería: LiPo 5100 mAh 3 celdas (11.1 V)

7.2 OPERACIÓN

Batería baja (FailSafe 20%): 10.5 Volts

Voltaje máx.: 12.6 Volts

Voltaje mín.: 9.6 Volts (nunca bajar de este límite)

Tiempo de vuelo¹: 10 min (Descarga 90% batería).

Telemetry range: 1 Km

Cond. viento: 0-6 m/s

Velocidad oper.: 1-12 m/s

¹ El tiempo de vuelo varía con la carga útil, las condiciones del viento, la elevación, la temperatura, la humedad, el estilo de vuelo y la habilidad del piloto. El tiempo de vuelo indicado se aplica a elevaciones a menos de 500 mts sobre el nivel del mar.

A. ANEXOS

A.1 ¿CÓMO MANTENER LA BATERÍA LIPO?

Antes de Cargar

- Lea por favor el libro de instrucciones del cargador antes de cargar.
- Compruebe siempre el voltaje de las baterías antes de cada sesión de carga para asegurarse de que están a la tensión de arranque mínima segura o por encima de ella. Si el voltaje de arranque está por debajo de los niveles recomendados, las baterías han sido descargadas o han sufrido un fallo y NO deben cargarse.
- Compruebe siempre la batería antes de cargar cualquier tipo de daño. Compruebe que el embalaje de la batería, los cables y los conectores no presenten defectos, lo que puede provocar un cortocircuito y, eventualmente, un fallo de la batería.
- Asegúrese de que está utilizando cables de carga que son compatibles con los conectores de la batería.
- El usuario debe comprobar la polaridad del cable de la batería y del cargador con cuidado antes de la conexión para evitar cualquier cortocircuito.
- Compruebe siempre que el cargador esté en buenas condiciones. Un cargador de mala calidad puede ser peligroso.

Es únicamente de su responsabilidad asegurar que el cargador que utilice funcione correctamente. Siempre supervise el proceso de carga para asegurar que las baterías se están cargando correctamente. Si no lo hace, podría producirse un incendio.

Carga

- Utilice solamente el cargador diseñado para la batería de litio polímero / de ion. No utilice un cargador NIMH / NICD / LIFEPO4 / LEAD ACID. Si el cargador puede soportar diferentes tipos de baterías, entonces asegúrese de seleccionar el modo litio polímero (Lipo) en el cargador. Si no lo hace, puede provocar un incendio, que puede resultar en lesiones personales y daños a la propiedad.
- El usuario debe cargar siempre las baterías en un área abierta lejos de materiales inflamables, líquidos y superficies.
- Nunca cargue las baterías dentro del modelo (Aeronave).
- Nunca cargue las baterías por debajo de cero (0 ° C, 32 ° F)
- Nunca cargue baterías que estén calientes al tacto (por encima de 100 °F). NO maneje las baterías hasta que estén frías.
- El usuario debe siempre ajustar el cargador al número de celdas y/o voltaje indicado en las etiquetas de las baterías.
- El usuario debe siempre ajustar el cargador a la tarifa de carga del amplificador según lo indicado en las etiquetas de las baterías.

El cargador nunca debe estar configurado para cargar baterías a una velocidad superior a 1C (Una (1) veces la capacidad de las baterías en horas de amperaje) a menos que se especifique otro índice C en la documentación del producto del fabricante o que la frecuencia esté predeterminada como parte de una especificación Batería y cargador. NO altere la tasa de carga una vez que la carga haya comenzado.

- Nunca sobrecargue las baterías más allá de la capacidad indicada en las etiquetas de las baterías.
- Nunca sobrecargue las baterías por encima de su tensión nominal máxima (4.2V / celda para LiPo).

- Debe elegir la serie de carga si dos o más baterías se conectan en serie para su uso.
- Utilice los cargadores adecuados y de la buena calidad, no utilice cargadores baratos y de la baja calidad, utilice el cargador profesional del polímero del litio para cargar la batería del as y de Tattu de Gens. Al cargar, asegúrese de que el entorno esté limpio, sin artículos varios alrededor. No cargue sin supervisión. El uso de bolsa lipo se sugiere durante la carga para garantizar la seguridad de carga. Deje de cargar a tiempo cuando la batería esté completamente cargada. No conecte el cargador y la batería durante mucho tiempo cuando la batería esté completamente cargada. No seremos responsables de ningún daño personal en el jurado y la propiedad o cualquier tipo de accidente causado por una carga impropia.

Descarga

- Nunca descargue las baterías a una velocidad de amperaje superior a la especificada en las etiquetas de las baterías.
- Nunca permita que la temperatura de las baterías exceda 140 ° F durante la descarga. Se requiere enfriamiento adecuado para las baterías, especialmente cuando se descarga en o cerca de las tasas máximas.
- Nunca descargue las baterías a una tensión por debajo de la cual son evaluadas por el fabricante cuando se miden bajo carga (conectadas al vehículo o un cargador capaz de descargarse). Las baterías descargadas a un voltaje menor que el voltaje aprobado más bajo pueden resultar dañadas, dando como resultado una pérdida de rendimiento y un posible incendio cuando se cargan baterías.
- Nunca descargue la batería a un nivel inferior a 3V por celda bajo carga. Para las baterías de la serie Tattu que se utilizan para el sistema de aviones no tripulados, el voltaje de corte recomendado es de 3.5 V por celda.
- Nunca deje la batería desatendida durante el proceso de descarga. Durante el proceso de descarga, el usuario debe monitorear el proceso constantemente y reaccionar al problema potencial que pueda ocurrir.
- En caso de emergencia, interrumpa inmediatamente el proceso, desconecte la batería, colóquela en un lugar seguro y observe durante aproximadamente una hora. Esto puede provocar que la batería se escape y la reacción con el aire puede causar que los productos químicos se inflamen, dando como resultado un incendio. Un área segura debe estar afuera de cualquier edificio o vehículo y lejos de cualquier material combustible. Una batería puede encenderse incluso después de una hora.
- El usuario necesita comprobar las condiciones de la batería antes de usarla o descargarla. Deje de usarlas si el usuario encuentra que las celdas no están balanceadas o están sopladas o filtrando.

Almacenamiento de la batería LiPo:

- No conecte directamente los terminales con objetos metálicos. Esto causará un cortocircuito en las baterías, lo que causará calor y descargas eléctricas.
- Nunca almacene las baterías sueltas juntas, los terminales de las baterías pueden entrar en contacto con el otro causando un cortocircuito.
- Nunca almacene las baterías a temperaturas extremas o luz solar directa. La batería debe almacenarse dentro de -10 °C ~ 45 °C condición ambiental. Si la batería tiene que ser almacenada durante mucho tiempo (más de 3 meses), la condición ambiental debe ser:

Temperatura: 23±5°C / Humedad: 65±20%RH

El voltaje para un almacenaje de tiempo largo debe estar en el rango de 3.6V ~ 3.9V por celda.

- Siempre desconecte las baterías cuando no estén en uso y almacene las baterías en un contenedor no conductor y resistente al fuego.
- Nunca altere, perfore o impacte las baterías o componentes relacionados.

A.2 INSTALACIÓN DE SOFTWARES EN GCS

A Continuación se describe las instrucciones paso a paso para Instalar por primera vez los softwares requeridos para el Computador Portátil con Sistema Operativo Windows 7 o superior, el cual que complementará la estación de Control Terrestre.

A.2.1 SOFTWARE MISSION PLANNER

El software recomendado para planificar las misiones automáticas y monitorear la operación de vuelo se denomina Mission Planner. Este es un software gratuito que deberá descargar del siguiente vínculo:

<http://firmware.ardupilot.org/Tools/MissionPlanner/archive/>

Al hacer click en el vínculo anterior se muestra una lista de versiones del software, la versión a descargar es: Mission Planner 1.3.44. Se recomienda descargar el archivo: "MissionPlanner-1.3.44.msi" (ejecutable). Luego se debe hacer doble click sobre el archivo descargado y seguir las instrucciones de instalación.

A.2.2 DRIVERS MÓDULO RF

Al conectar el módulo RF a un computador con conexión a internet, los drivers necesarios se instalarán de manera automática. Si ocurriese lo contrario, se deben descargar los driver desde el siguiente vínculo:

<https://www.silabs.com/products/development-tools/software/usb-to-uart-bridge-vcp-drivers>

Para verificar la correcta instalación del módulo de telemetría, se debe abrir el Administrador de Dispositivos, y en su sección "Puertos" debería aparecer "USB Serial Port". En la siguiente figura se muestra la verificación de la correcta instalación del módulo de telemetría.



A.2.3 SOFTWARE PIKSI CONSOLE

PIKSI CONSOLE es el software utilizado para comunicarse con el sistema PIKSI. Muestra la posición del sistema RTK, cantidad de satélites conectados y permite configurar la posición de la base. El software es proporcionado por el fabricante del sistema, se deberá descargar desde el siguiente vínculo:

<https://drive.google.com/open?id=1o31vqek0zz9SMniZZ3QZNS9cU6tpKLkB>

A.2.4 DRIVERS MÓDULO BASE GPS RTK PIKSI

Al conectar el módulo BASE GPS RTK PIKSI a un computador con conexión a internet, los drivers necesarios se instalarán de manera automática. Si ocurriese lo contrario, se deben descargar los driver desde el siguiente vínculo:

http://www.ftdichip.com/Drivers/CDM/CDM21216_Setup.exe

Existen 2 drivers disponibles: VCP y D2XX. Sólo es necesario instalar el VCP driver. No se debe instalar el driver D2XX.

A.3 CHECKLIST PROPUESTO

A continuación se presenta un resumen de los pasos que se deben llevar a cabo para ejecutar una operación con el BIODRONE. Estos pasos pretenden ayudar al operador a tener un control y registro de las operaciones, realizar la puesta en marcha del sistema de manera segura y evitar problemas de funcionamiento del sistema.

A.3.1 REGISTRO DE VUELOS Y BATERÍAS

Se recomienda llevar un registro del uso y descarga de las baterías utilizadas. Esto además ayuda a tener una bitácora de vuelo y poder detectar las posibles causas que puedan producir un mal funcionamiento del sistema.

Vuelo n°:		
Información general		
Lugar:	Piloto:	Fecha:
Registro Pre-vuelo		
Nombre Batería:		
Voltaje total inicial:		
Voltaje inicial celda 1:	Voltaje inicial celda 2:	Voltaje inicial celda 3:
Registro Post-vuelo		
Voltaje total final:	Capacidad utilizada:	Tiempo de vuelo:
Voltaje final celda 1:	Voltaje final celda 2:	Voltaje final celda 3:

A.3.2 CHECKLIST DE OPERACIÓN

Acción	Check (✓ o X)
Preparación del vuelo	
1. Revisión general de los componentes del sistema Base RTK	
2. Revisión general de BIODRONE	
3. Instalar mesa para instalación de GCS	
4. Encender computador	
5. Instalar antena de la Base GPS RTK (sin obstáculos).	
6. Conectar módulo de procesamiento RTK al computador	
7. Conectar módulo de comunicación RF	
8. Configurar coordenadas de la Base (Piksi Console)	
9. Instalar hélices e introducir cápsulas a liberar	
10. Seleccionar batería y rellenar registro de vuelos y baterías.	
11. Encender Radio Transmisor (chequear posición de sticks)	
12. Posicionar BIODRONE en punto de despegue	
13. Insertar batería y encender BIODRONE	
14. Conectar Mission Planner con BIODRONE	
15. Comprobar comunicación (rotar drone y visualizar en HUD)	
16. Carga misión automática en Mission Planner	
17. Revisar misión (presencia de Take off y RTL)	
18. Cargar misión automática en BIODRONE	
19. Esperar RTK FLOAT	
20. Presionar Safety switch	
21. Revisión general del sistema y alrededores	
22. Armar BIODRONE	
23. Despegar y ejecutar misión	

Acción	Check (✓ o X)
Post-vuelo	
1. Aterrizar y desarmar BIODRONE	
2. Presionar Safety Switch	
3. Anotar tiempo de vuelo y otros en Registro de vuelos y baterías	
4. Liberar cápsulas restantes si es necesario	
5. Desconectar batería y apagar Radio Transmisor	
6. Registrar estado de batería en Registro de vuelos y baterías	
7. Desinstalar hélices	
8. Desconectar Base GPS RTK y módulo RF	
9. Guardar equipos	
10. Revisión final de componentes (para evitar pérdidas)	

Anexo 4.

RE 3.2 Nivel de precisión espacial

Secuencia de fotografías mostrando el progreso del sistema de navegación del dron



Precisión de la liberación de las esferas con RTK apagado (arriba) y RTK prendido (abajo)



Precisión de la liberación de las esferas con RTK apagado (flecha) y RTK prendido (sin flecha). Línea roja equivale a 1 metro.



Metodología para medir la precisión entre punto designado de descarga y punto real de descarga



Metodología para medir la precisión entre punto designado de descarga y punto real de descarga (continuación)



Resultados de pruebas de precisión del UAV en condiciones de fuerte viento

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
	105	154	81
	101	72	124
	26	73	131
	96	108	147
	82	80	108
	113	80	134
	69	78	90
	86	30	160
	18	69	117
		18	120
		75	
Waypoints	9	11	10
Desviación (cm)	77	76	121
Mínimo	18	18	81
Máximo	113	154	160

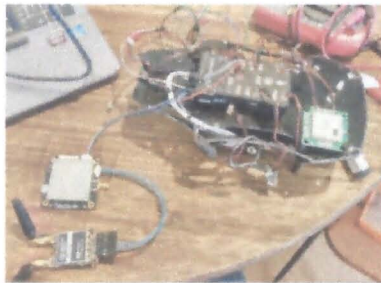
Resultado de prueba de precisión del UAV en condiciones de poco viento

	Prueba 1
	12
	22
	41
	47
	80
	102
Waypoints	6
Desviación (cm)	51
Mínimo	12
Máximo	102

4. ANTECEDENTES

4.2 Integración GNSS RTK Piksi al drone

Una vez configurado ambos módulos Piksi, se configuró el módulo que va a bordo del drone para que comunique su posición corregida al sistema de control del drone, específicamente al autopiloto Pixhawk. De igual manera, se configuró el autopiloto para habilitar las opciones de inclusión de un nuevo GPS/RTK al sistema. Así, el autopiloto recibe información de posicionamiento global tanto del GPS, como del módulo Piksi (RTK) y según la mejor señal recibida utiliza uno o el otro para la navegación. Esto entrega redundancia al sistema para mantener la confiabilidad del sistema de navegación.



Módulo de Telemetría

Antena RTK

Módulo Piksi

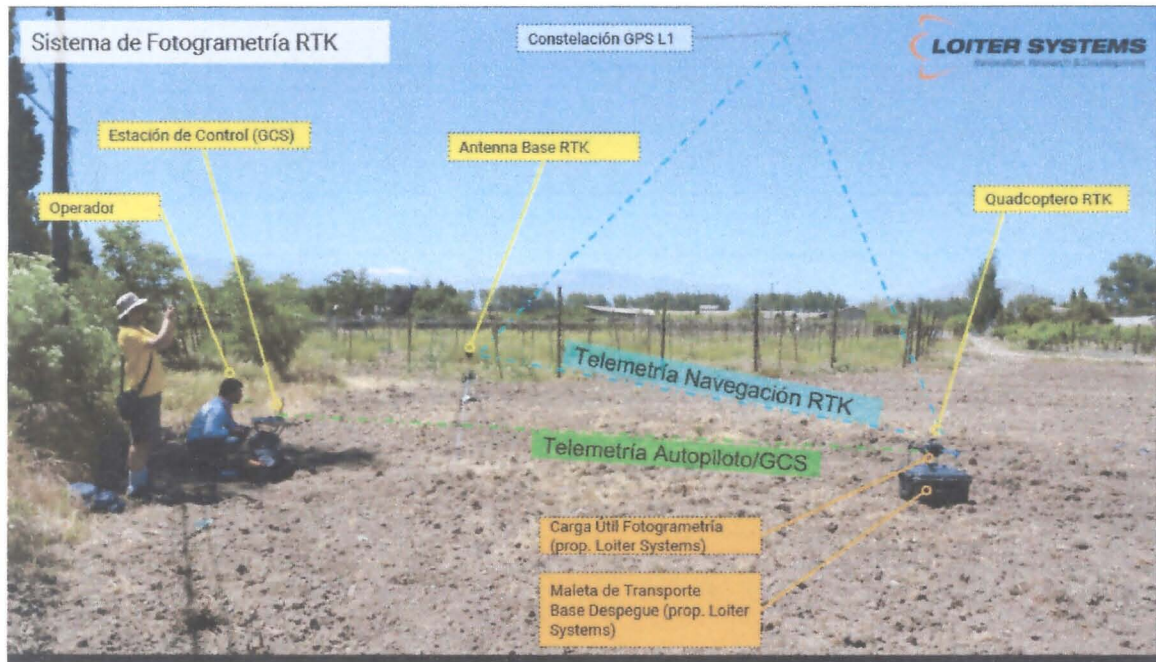
Figura 2: Sistema GNSS RTK integrado al drone.

4. ANTECEDENTES

4.5 Resultados pruebas de vuelo

Posición Inicial	Posición Final con GPS	Posición Final con GPS RTK Float (Diferencial)	Posición Final con GPS RTK Fix
			
Se ubica el drone en el centro de una marca circular para cada uno de los vuelos.	Al desconectar el RTK, el drone sólo utiliza el GPS a bordo. Al ejecutar RTL, el drone aterrizó unos 3 metros fuera de su posición inicial.	Al encontrarse en modo RTK Float (Diferencial) la precisión aumenta en comparación al GPS, sin embargo, el error es de aprox. 60 cm.	En RTK Fix, la precisión alcanzada es de unos pocos centímetros y la aeronave aterrizó de manera íntegra dentro de la marca.

Partes del sistema de navegación RTK



Plan de Vuelo Fotogramétrico

Anexo 5.

RE 3.3 Nivel de precisión de la dosis

Diversidad de prototipos de esferas creados a partir de diferentes materiales biodegradables



Prototipo de esfera a partir de celulosa



Prototipo de esfera a partir de celulosa



Prototipo de esfera a partir de ácido poliláctico (PLA) coloreado



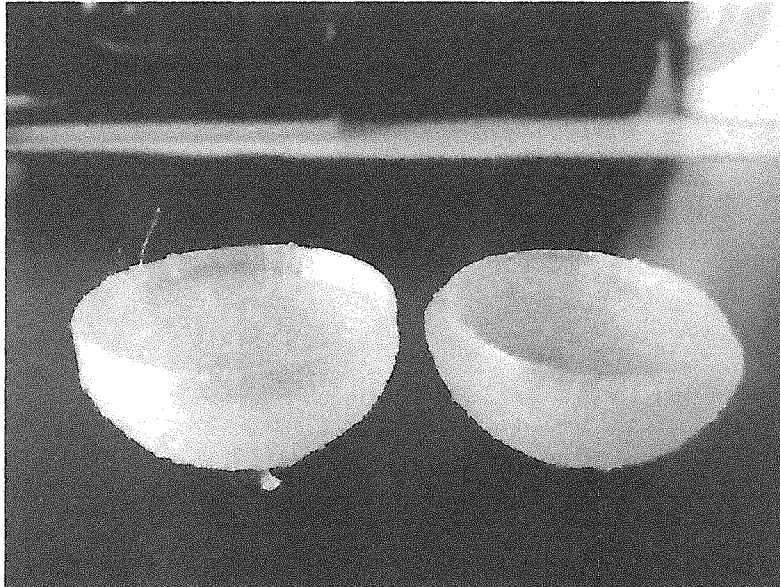
Prototipo de esfera a partir de gelatina coloreada



Prototipo de esfera a partir de mezclar ácido poliláctico (PLA) con ecobío



Prototipo de esfera a partir de ácido poliláctico (PLA) sin colorear



Prototipo de esfera a partir de ácido poliláctico (PLA) coloreada y con ventanas



Prototipo de esfera a partir de ácido poliláctico (PLA) coloreada y con ventanas, mostrando el sistema de ensamblaje



Producción de esferas a partir de ácido poliláctico (PLA) coloreada y con ventanas.



Porcentaje de microavispa parasitoide *Trichogramma* sp. que sale desde las cápsulas, según el tamaño de éstas.

	Diámetro de la cápsula	
	15 mm	25 mm
Repetición 1	94	97
Repetición 2	82	94
Repetición 3	100	91
Repetición 4	89	100
Repetición 5	84	
Promedio	90%	96%

Porcentaje de larvas de *Chrysoperla* sp. que salen desde esferas de 25 mm de diámetro, con dos orificios de salida.

Color esfera	Luz	N° repeticiones	Insectos que salen de la cápsula (%) dentro de las primeras 3 h	Insectos que salen de la cápsula (%) después de 3 h
Blanca	Sí	10	60%	90%
Negra	Sí	10	50%	92%
Blanca	No	10	75%	88%
Negra	No	10	63%	94%
			62%	91%

Prueba de vuelo en parronal, RM



Anexo 6.

RE 4.1 Análisis económico

Análisis N° 1.

Corresponde a la liberación de depredador para controlar chanchito blanco en arándano, huerto plano, baja dificultad de recorrido.

	Liberación terrestre de precisión	Liberación aérea de precisión
Superficie tratada (ha)	10	10
Puntos de liberación	72	72
Cantidad de personas	3	1
Horas de trabajo	4	2
Costo en personal		
\$\$/jornada	\$ 40.000	\$ 40.000
% jornada	50%	25%
N° personas	3	1
Total en personal	\$ 60.000	\$ 10.000
Costo en equipos (\$/hora vuelo)		\$ 4.000
Costo esferas (\$/unidad)		\$ 2.880
COSTO TOTAL LIBERACIÓN	\$ 60.000	\$ 14.000
RAZÓN AÉREA/TERRESTRE		0,23
Proyección a una jornada completa		
Superficie tratada (ha)	20	40
Puntos de liberación	144	288
Cantidad de personas	3	1
Horas de trabajo	8	8
Costo en personal		
\$\$/jornada	\$ 40.000	\$ 40.000
% jornada	100%	100%
N° personas	3	1
Total en personal	\$ 120.000	\$ 40.000
Costo en equipos (\$/hora vuelo)		\$ 16.000
Costo esferas (\$/unidad)		\$ 11.520
COSTO TOTAL LIBERACIÓN	\$ 120.000	\$ 67.520
RAZÓN AÉREA/TERRESTRE		0,56
INGRESOS BRUTOS		
Tarifa (\$/ha)	\$ 50.000	\$ 50.000
Ha tratadas /día	20	40
Total ingresos (\$/día)	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000
COSTOS BRUTOS		
Mano de obra (\$/día)	\$ 120.000	\$ 40.000
Depreciación (\$/hr vuelo)	\$ -	\$ 16.000
Esferas (\$/total puntos)	\$ -	\$ 11.520
Insectos (\$/total puntos)	\$ 576.000	\$ 1.152.000
Movilización (\$/jornada)	\$ 36.000	\$ 36.000
Alimentación (\$/jornada)	\$ 18.000	\$ 6.000
Total costos (\$/día)	\$ 750.000	\$ 1.261.520
MARGEN BRUTO	\$ 250.000	\$ 738.480
RAZÓN AÉREA/TERRESTRE		2,95

Los supuestos que se consideraron para este análisis fueron calculados en conjunto con la empresa XILEMA S.A.

- El costo en equipo de la liberación aérea se refiere a la depreciación del dron y sus accesorios, considerando un costo del equipo de \$6.240.000 (en producción comercial), un período de depreciación de 18 meses y 260 días hábiles por año. Resultado = \$2000 por hora de vuelo.
- El costo en esferas asciende a \$40 por unidad. Se asumió una dosificación de 1 esfera por punto de liberación
- El costo de la mano de obra fue informado por la empresa.
- El costo de los controladores biológicos fue informado por la empresa

Análisis N° 2.

Corresponde a la liberación de depredador para controlar escama en palto, huerto en ladera, dificultad de recorrido media-alta.

	Liberación terrestre de precisión	Liberación aérea de precisión
Superficie tratada (ha)	10	10
Puntos de liberación	120	120
Cantidad de personas	3	1
Horas de trabajo	6	2,5
Costo en personal		
\$\$/jornada	\$ 40.000	\$ 40.000
% jornada	75%	31%
N° personas	3	1
Total en personal	\$ 90.000	\$ 12.500
Costo en equipos (\$/hora vuelo)		\$ 5.000
Costo esferas (\$/unidad)		\$ 4.800
COSTO TOTAL LIBERACIÓN	\$ 90.000	\$ 22.300
RAZÓN AÉREA/TERRESTRE		0,25
Proyección a una jornada completa		
Superficie tratada (ha)	13,3	32
Puntos de liberación	160	384
Cantidad de personas	3	1
Horas de trabajo	8	8
Costo en personal		
\$\$/jornada	\$ 40.000	\$ 40.000
% jornada	100%	100%
N° personas	3	1
Total en personal	\$ 120.000	\$ 40.000
Costo en equipos (\$/hora vuelo)		\$ 16.000
Costo esferas (\$/unidad)		\$ 15.360
COSTO TOTAL LIBERACIÓN	\$ 120.000	\$ 71.360
RAZÓN AÉREA/TERRESTRE		0,59
INGRESOS BRUTOS		
Tarifa (\$/ha)	\$ 80.000	\$ 80.000
Ha tratadas /día	13	32
Total ingresos (\$/día)	\$ 1.066.667	\$ 2.560.000
COSTOS BRUTOS		
Mano de obra (\$/día)	\$ 120.000	\$ 40.000
Depreciación (\$/hr vuelo)	\$ -	\$ 16.000
Esferas (\$/total puntos)	\$ -	\$ 15.360
Insectos (\$/total puntos)	\$ 640.000	\$ 1.536.000
Movilización (\$/jornada)	\$ 36.000	\$ 36.000
Alimentación (\$/jornada)	\$ 18.000	\$ 6.000
Total costos (\$/día)	\$ 814.000	\$ 1.649.360
MARGEN BRUTO	\$ 252.667	\$ 910.640
RAZÓN AÉREA/TERRESTRE		3,60

Los supuestos que se consideraron para este análisis fueron calculados en conjunto con la empresa XILEMA S.A.

- El costo en equipo de la liberación aérea se refiere a la depreciación del dron y sus accesorios, considerando un costo del equipo de \$6.240.000 (en producción comercial), un período de depreciación de 18 meses y 260 días hábiles por año. Resultado = \$2000 por hora de vuelo.
- El costo en esferas asciende a \$40 por unidad. Se asumió una dosificación de 1 esfera por punto de liberación
- El costo de la mano de obra fue informado por la empresa.
- El costo de los controladores biológicos fue informado por la empresa

Análisis N° 3.

Corresponde a la liberación de microavispa *Trichogramma* para controlar la polilla de la manzana *Cydia pomonella* en nogales, huerto urbano, dificultad de recorrido baja.

	Liberación terrestre de precisión	Liberación aérea de precisión
Superficie tratada (ha)	48,0	48
Puntos de liberación	4800	4800
Cantidad de personas	48,0	2
Horas de trabajo	8	8
Costo en personal		
\$\$/jornada	\$ 14.000	\$ 40.000
Total en personal	\$ 672.000	\$ 80.000
Costo en equipos (\$/hora vuelo)		\$ 16.000
Costo esferas (\$/unidad)		\$ 72.000
COSTO TOTAL LIBERACIÓN	\$ 672.000	\$ 168.000
RAZÓN AÉREA/TERRESTRE		0,25
INGRESOS BRUTOS		
Tarifa (\$/ha)	\$ 10.000	\$ 10.000
Ha tratadas /día	48	48
Total ingresos (\$/día)	\$ 480.000	\$ 480.000
COSTOS BRUTOS		
Mano de obra (\$/día)	\$ 672.000	\$ 80.000
Depreciación (\$/hr vuelo)	\$ -	\$ 16.000
Esferas (\$/total puntos)	\$ -	\$ 72.000
Movilización (\$/jornada)	\$ 96.000	\$ 36.000
Alimentación (\$/jornada)	\$ 288.000	\$ 12.000
Total costos (\$/día)	\$ 1.056.000	\$ 216.000
MARGEN BRUTO	-\$ 576.000	\$ 264.000
RAZÓN AÉREA/TERRESTRE		-0,46

Los supuestos que se consideraron para este análisis fueron calculados en conjunto con la empresa GEONUTS S.A.

- El costo en equipo de la liberación aérea se refiere a la depreciación del dron y sus accesorios, considerando un costo del equipo de \$6.240.000 (en producción comercial), un período de depreciación de 18 meses y 260 días hábiles por año. Resultado = \$2000 por hora de vuelo.

- El costo en esferas asciende a \$20 por unidad ya que se utilizan las más pequeñas. Se asumió una dosificación de 1 esfera por punto de liberación
- El costo de la mano de obra fue informado por la empresa.
- El costo de los controladores biológicos no fue incluido en el cálculo porque fue provisto por una empresa del rubro y era el mismo monto en ambos métodos de liberación.

Anexo 7.

RE 4.2 Estado del arte socio-económico pre-proyecto

Uso de Parasitoides y Depredadores para el Manejo de Plagas: uso actual y perspectivas futuras.

Nombre iniciativa:	Manejo Sustentable de Plagas mediante el Desarrollo de un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) para la Dispersión de Agentes de Control Biológico
Ejecutor:	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
Código:	PYT-2016-0121
Fecha:	01 de junio de 2016
Responsable	Luis Devotto Moreno, Coordinador de Proyecto

INTRODUCCIÓN

El presente estudio fue solicitado por el Consejo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), en el marco del proyecto PYT-2016-0121 “Manejo sustentable de plagas mediante el desarrollo de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) para la dispersión de agentes de control biológico”, el cual es liderado por INIA y las empresas asociadas NaturalChile Ltda., BlueField Chile Ltda. y Attiagro Ltda.

Este estudio tiene como objeto poner a disposición del Consejo información referente a los actores nacionales e internacionales de esta actividad; cultivos agrícolas que podrían demandar la tecnología; costo actual y futuro del control de plagas tanto en forma química, biológica convencional y biológica mediante UAV, entre otras.

La metodología se basó en entrevistas a actores relevantes del área, incluyendo agricultores de diferentes tamaños, funcionarios de agencias gubernamentales, investigadores, asesores y prestadores de servicios, tanto en Chile como en el extranjero (ver Anexo 1). Cada entrevista permitió reunir antecedentes sobre los siguientes puntos:

- Cultivos afectados por al menos algunas de las plagas manejables con los insectos benéficos incluidos en el proyecto.
- Prácticas de control químico actualmente en uso, con sus respectivos costos.
- Prácticas de control biológico actualmente en uso, con sus respectivos costos.
- Otras posibilidades de uso del UAV no contempladas en el proyecto.

Todo lo anterior se complementó con estadísticas de superficie y fichas de costos para cada cultivo, cuando estaban disponibles.

RESULTADOS

PARTE I. ANTECEDENTES DE LOS ENEMIGOS NATURALES CONSIDERADOS EN EL PROYECTO.

Los insectos del género *Chrysoperla* son depredadores generalistas, es decir, usan como presas artrópodos de muchas especies, siempre y cuando tengan un cuerpo blando y pequeño. Entre las especies de ácaros e insectos que se mencionaron como presas utilizables por la chysopas se incluye la arañita bimaculada, varias especies de pulgones, thrips, algunas larvas de polilla, entre otras.

Por otro lado, las microavispa del género *Trichogramma* también son generalistas, pero restringidas a huevos de polillas del orden Lepidoptera. Se halló antecedentes de uso de trichogramma sobre huevos de polilla del tomate, polilla de la col, polilla de la manzana, enrollador de los frutales, gusano del choclo, polilla del algarrobo, polilla del racimo de la vid, entre otras.

En las entrevistas con especialistas y colegas extranjeros, se pudo obtener información sobre el uso de trichogramma en diferentes países, la que se presenta resumida en el cuadro 1.

Cuadro 1A. Utilización de microavispa del género *Trichogramma* en América.

País	Cultivos	Superficie anual protegida (ha)	Microavispa /ha/ liberación	Costo* /ha /liberación	Nº liberaciones / temporada	Costo total* /temporada
Brasil	Maíz, sorgo, caña de azúcar, tomate y soya	533.000	50.000	US\$ 4	2 a 3	US\$ 8 a 12
Colombia	caña de azúcar, arroz, flores, frutales y hortalizas	35.000	130.000	US\$ 6,5	2 a 3	US\$ 13 a 19,5
Perú	Palto, maíz, arándanos, cítricos, espárragos, olivo, tomate, alfalfa, caña de azúcar, arroz, tara, algodón, quinua, granado	130.000 – 200.000	150.000	US\$ 5,75	1 a 3	US\$ 5,7 a 11,5
Chile	Pino	600	600.000	US\$ 5,88	1	US\$ 5,9
EE.UU.	Frutales, hortalizas, ornamentales	s/i	400.000	US\$ 13,2	s/i	s/i
Bolivia	Maíz, caña de azúcar, sorgo, algodón, soya, poroto, haba		150.000 – 210.000	s/i	2 a 3	-

* Costo total/ temporada sólo considera el valor de compra de los insectos, no incluye el costo de traslado y liberación.

Cuadro 1B. Utilización de depredadores del género *Chrysopa* en Chile y Perú.

País	Cultivos	Superficie anual protegida (ha)	Depredadores /ha/ liberación	Costo* /ha /liberación	Nº liberaciones / temporada	Costo total* /temporada
Chile	Frutilla, manzano	20	10.000	US\$ 103 a 147	3	US\$ 310 a 441
Perú	Palto, maíz, espárragos, caña de azúcar	s/i	10.000 a 15.000	US\$ 11 a 40 US\$ 16,5 a 60	1 a 3	US\$11 a 40 US\$ 49,5 a 180

* Costo total/ temporada sólo considera el valor de compra de los insectos, no incluye el costo de traslado y liberación.

Al analizar el uso de los trichogramma en cada país aparecen singularidades que deberían ser tomadas en cuenta para su uso en Chile.

PERÚ

En el Perú, de acuerdo a la especialista María Whu Paredes, un total de 130.720 ha fueron protegidas el año 2014 con *Trichogramma* spp. Esta cifra es conservadora ya que muchas empresas se auto-abastecen de *Trichogramma* y por lo tanto no están obligadas a informar sobre la superficie que aplican. Esta superficie se alcanza por la existencia de 33 laboratorios/empresas que producen estas microavisas, principalmente de las siguientes especies: *Trichogramma exiguum*, *T. pretiosum*, *T. pintoi* y *T. galloi*.

Estos biocontroladores se aplican en palto, maíz, arándanos, cítricos, espárragos, olivo, tomate, alfalfa, y otros cultivos menos conocidos en Chile como caña de azúcar, arroz, tara, algodón, quinua, granado, etc., para controlar alguna de las siguientes polillas-plaga: *Diatraea saccharalis*, *Argyrotaenia spaleropha*, *Heliothis virescens*, *Palpita persimilis*, *Laspeyresia leguminis*, *Copitarsia* sp., *Eurisaca* sp., *Cydia* sp. Aquí cabe resaltar que algunas especies de polilla están presentes en ambos países pero más importante que eso, es que a pesar de haber especies diferentes en Chile y Perú sobre el mismo cultivo, su comportamiento es equivalente.

Por lo general se liberan 50 pulgadas²/ha (aprox. 150,000 avisas/ha) y usualmente se hacen de 3 a 4 liberaciones durante el desarrollo del cultivo, con un costo de S/. 0.40/pulgada (US\$ 1 = S/. 3.50), es decir, cuatro liberaciones totalizan US\$ 23/ha/temporada.

COLOMBIA

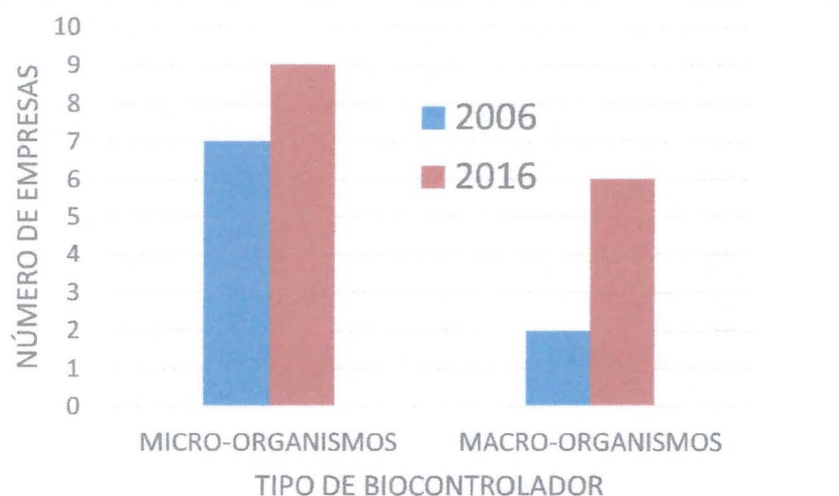
En Colombia la presentación comercial es la pulgada cuadrada, con aproximadamente 2.600 individuos. Dependiendo del cultivo hay variación en la dosis por hectárea, pero el promedio está en 50 pulgadas²/ha y la mayoría de los laboratorios tienen dos especies, *T. exiguum* y *T. pretiosum*.

Las liberaciones de *Trichogramma* en Colombia están concentradas en un 75% en el cultivo de caña de azúcar, le sigue arroz con 15%, flores, frutales y hortalizas 10%. La producción comercial de *Trichogramma* en Colombia está aproximadamente entre 6.5 y 7 millones de pulgadas²/año, con un precio promedio de 13 centavos de dólar/ha, puesto en campo.

CHILE

En nuestro país, la venta de enemigos naturales está rezagada con respecto al resto de Sudamérica, lo cual puede apreciarse en el cuadro 1 al comparar la cantidad de hectáreas protegidas y la variedad de cultivos en los cuales se usan los biocontroladores. Sin embargo, esta situación está empezando a cambiar, ya que el número de empresas productoras de enemigos naturales se ha triplicado en un lapso de diez años (ver figura 1).

Figura 1. Número de empresas dedicadas a la comercialización de al menos un tipo de controlador biológico en Chile, período 2006-2016, según tipo de organismo.



Evidentemente, no todas las situaciones son aptas para el uso de controladores biológicos ni tampoco para la liberación aérea, por lo cual aquellas combinaciones específicas con potencial comercial han sido identificadas e incluidas en el cuadro 2.

Cuadro 2. Combinaciones de plaga/cultivo con potencial en Chile para la liberación de enemigos naturales vía un Vehículo Aéreo No Tripulado.

CULTIVO	PLAGA	ENEMIGO NATURAL
Frutilla	Thrips	Depredador (<i>Chrysoperla</i> sp.)
Frutilla	Pulgones	Depredador (<i>Chrysoperla</i> sp.)
Frutilla	Arañita bimaclada	Depredador (<i>Chrysoperla</i> sp.)
Olivo	Conchuelas	Depredador (<i>Chrysoperla</i> sp.)
Vid	<i>Lobesia botrana</i>	Parasitoide (<i>Trichogramma</i> sp.)
Manzano	Pulgón lanígero	Depredador (<i>Chrysoperla</i> sp.) y parasitoide (<i>A. mali</i>)
Maíz dulce	Gusano del choclo	Parasitoide (<i>Trichogramma</i> sp.)
Arándano	Pulgones	Depredador (<i>Chrysoperla</i> sp.)
Perales	Pulgones	Depredador (<i>Chrysoperla</i> sp.)
Duraznero	Pulgones	Depredador (<i>Chrysoperla</i> sp.)
Nogal	Pulgón del nogal	Depredador (<i>Chrysoperla</i> sp.)
Nogal	Ácaros	Depredador (<i>Chrysoperla</i> sp.)
Nogal	Polilla	Parasitoide (<i>Trichogramma</i> sp.)
Raps (semilla)	Polilla de la col	Parasitoide (<i>Trichogramma</i> sp.)
Avellano	Pulgón	Depredador (<i>Chrysoperla</i> sp.)
Espárrago	<i>Copitarsia</i> sp.	Parasitoide (<i>Trichogramma</i> sp.)
Tamarugo *	Polilla de flor y fruto	Parasitoide (<i>Trichogramma</i> sp.)

PARTE II. ESTADO DE AVANCE DE LA TECNOLOGÍA DE LIBERACIÓN EN EL MUNDO Y POSIBILIDADES DE INTRODUCCIÓN A CHILE.

Demanda actual y proyectada de enemigos naturales en Chile.

Vides.

El Programa Nacional de (PNLb) actualmente usa tres técnicas de control para combatir esta polilla:

- Control Químico: cada equipo está conformado por 4 funcionarios (1 Chofer /avanzada, 1 avanzada, 2 aplicadores), con un rendimiento de 60 a 70 casas diarias.
- Control Mecánico: cada equipo está conformado por 4 funcionarios (1 Chofer /avanzada, 1 avanzada, 2 aplicadores), con un rendimiento de 3 a 5 casas diarias.
- Control con Confusión Sexual: cada equipo está conformado por 4 funcionarios (1 Chofer /avanzada, 1 avanzada, 2 aplicadores), con un rendimiento de 7 ha diarias.

Perales, cítricos y durazneros

Según información entregada por la empresa agroexportadora La Rosa SOFRUCO, las plantaciones nuevas de frutales sufren fuertes ataques de pulgones hasta los 3 años, momento a partir del cual el tamaño del árbol y las aplicaciones de insecticidas que se realizan para proteger la fruta además mantienen a raya a los pulgones.

CUADRO 3. Costo del control con insecticidas químicos de pulgones afectando plantaciones nuevas de frutales.

	Costo (\$/ha)*
1ª aplicación (septiembre)	\$ 4.660
2ª aplicación (octubre)	\$ 10.553
3ª aplicación (noviembre)	\$ 66.206
4ª aplicación (diciembre)	\$ 81.969
5ª aplicación (enero)	\$ 81.969
1ª aplicación (febrero)	\$ 81.969

*Incluye maquinaria, mano de obra, equipos de protección y producto fitosanitario

Raps y maíz para semilla

Estos cultivos son de altísimo valor y tienen un programa de insecticidas muy intenso, ya que se debe salvar cada grano. Se realizan aplicaciones de productos contra la polilla de la col y contra el gusano del choclo, ambas susceptibles de ser controladas con parasitoides de huevos.

Avellano, arándano y nogal

Estos frutales son afectados por pulgones, en especial el avellano, y por polillas chilenas, en el caso del arándano. En todos los casos el control se ha basado en insecticidas convencionales, ya sea por falta de proveedores de insectos benéficos (avellano) o bien porque la emergencia por *Lobesia botrana* obliga a los arandaneros a aplicar insecticidas que como sub-producto también controlan *Proeulia* sp.

Cuadro 4. Ejemplos de control convencional y químico de plagas en algunos cultivos.

	Costo anual (\$/ha)	Jornadas /temporada	Nº de aplicaciones o liberaciones
Control químico de pulgones en frutales <3 años	\$327.326	12	6
Control químico de ácaros, thrips y pulgones en frutilla	\$400.000	18	9
Control químico de <i>Lobesia botrana</i> en vides	\$200.000	3	6
Control biológico de ácaros, thrips y pulgones en frutilla	\$300.000	9	3

Cuadro 5. Proyección de la penetración de mercado de la tecnología propuesta.

Cultivo	Superficie total en Chile	Superficie atacada por plagas	Superficie intervenible con UAV
Arándano	14.000	200	80
Avellano	8.000	800	600
Duraznero	12.928	4.000	1.000
Espárrago	2.800	100	40
Frutilla	1.700**	400	200
Maíz dulce	10.800	10.800	2.000
Manzano	37.207	3.000	1.200
Nogal	24.404	240	60
Olivo	19.737	400	100
Perales	7.299	700	200
Raps (semilla)	200	200	100
Tamarugo *	10.000	4.000	500
Vid (domicilios)	5.000.000	400.000	200.000

Fuentes:

* <http://www.odepa.cl/frutales-superficie-y-produccion-2/>;

** Estimación asesor O. Avendaño

La columna “Superficie atacada por plagas” se estimó en base a la experiencia de especialistas del rubro, ya que no existen estadísticas (oficiales o no oficiales) sobre el tema. La columna “Superficie intervenible con UAV” también es una estimación de cuántos agricultores contratarían el nuevo sistema de liberación en los primeros años.

De acuerdo a las opiniones recogidas, los usuarios del UAV estarían dispuestos a pagar entre \$8.000-\$16.000 por ha, esto sin considerar los insectos benéficos ni el monitoreo, ya que dependiendo de la configuración del modelo de negocios estas labores pueden estar integradas o bien ser realizadas por entes diferentes. En 22 días hábiles de trabajo, un dron debería ser capaz de generar $22 \times \$12.000 \times 24 = \$6.336.000$, lo cual es una cantidad interesante incluso si en análisis de elasticidad, se disminuyera el número de hectáreas efectivamente cubiertas.

Actualmente, una cuadrilla de 5 personas es capaz de atender 60 ha de manzano, vid o arándano en medio día (datos empresa BIOFUTURO).

Tarifa /ha (\$)	16.000
Ha /mes	$24 \times 22 = 528$
Ingresos Brutos (\$/mes)	\$ 8,448,000
Sueldos operador y ayudante (\$/mes)	2.100.000
Traslados (combustible, peajes, colación)	1.800.000
Mantenciones	400.000
Cápsulas	100.000
Costos brutos (\$/mes)	4.400.000
Margen bruto (\$/mes)	4.048.000

Análisis de sensibilidad del margen bruto a la tarifa y a la superficie cubierta mensual

		Sensibilidad a la tarifa (\$/ha)		
Sensibilidad a la superficie atendida (ha/mes)		\$8.000	\$12.000	\$16.000
	528	-(1.200.000)	400.000	2.000.000
	460	-(720.000)	1.120.000	2.960.000
	400	-(176.000)	1.936.000	4.048.000

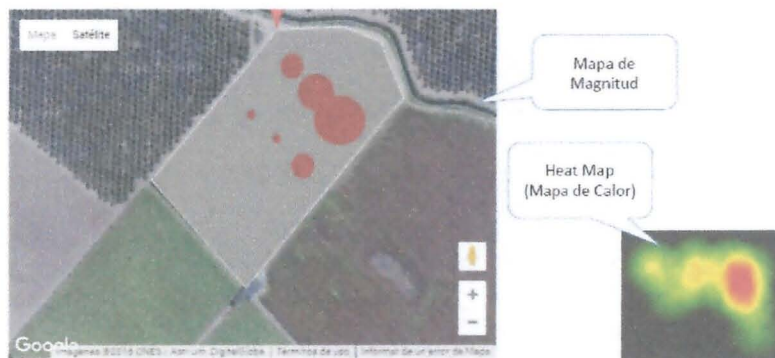
CARACTERÍSTICAS EXCLUSIVAS DEL UAV DESARROLLADO POR EL PROYECTO.

Esta comparación puede verse en forma condensada en el cuadro 6.

1.- FORMA PARTE DE UN SISTEMA MÁS AMPLIO. El UAV es el ejecutor final de un sistema que estará formado por monitoreo, georreferenciación, toma de decisión, generador de plan de vuelo y liberación de enemigos naturales. Todas las alternativas en el extranjero están centradas físicamente en el dron.

Figura 2. Formas de visualizar la presión de la plaga en un huerto según los datos generados por el monitoreo.

Visualización de Información



2.- PODRÁ LIBERAR DOS TIPOS DE ENEMIGOS NATURALES. Todos los drones disponibles en el extranjero, que son sólo 4, están diseñados para liberar un insecto benéfico (trichogramma). El UAV del proyecto además podrá liberar un insecto depredador, es decir, con características totalmente diferentes, lo que aumenta sus probabilidades de éxito comercial.

3.- CAPACIDAD DE PROGRAMAR DISTINTAS TASAS DE LIBERACIÓN DENTRO DE UN MISMO HUERTO. En un vuelo, el UAV será capaz de seguir un plan de vuelo que no sólo le indique en cuántos puntos y dónde liberar, sino que también adecuar la cantidad de insectos benéficos a la presión de la plaga en esa zona específica (=“liberar más donde se necesita más”).

Figura 3. Esquema de un plan de vuelo con zonas de mayor y menor liberación de enemigos naturales.

Ruta de Vuelo



4.- ES RE-PROGRAMABLE. A diferencia de los otros equipos, que no pueden intervenir, el proyecto desarrollará un UAV que puede incorporar ajustes producto de la experiencia que se vaya acumulando en la marcha blanca y uso posterior, ya que contará con un lenguaje de programación más “universal” y accesible.

5.- TIENE SOPORTE. Tanto desde el punto de vista electrónico como mecánico, todos los UAV están sujetos a contingencias que afectan su desempeño y rentabilidad. Dado que todo el equipo desarrollador es nacional, tanto el prototipo como los siguientes equipos que se produzcan a escala comercial tendrán un servicio de post-venta mucho más cercano y rápido que un equipo desarrollado por personas que están a 13.000 km de distancia.

6.- ES MÁS BARATO. Al precio de lista de los UAV existentes en Europa se le debe agregar una suma extra de aproximadamente 45% por flete, seguros, aduana y otros impuestos.

Cuadro 6. Análisis comparativo de los UAV actualmente existentes en el mundo y el UAV que se desarrollará en el marco de este proyecto.

	Opción proyecto en Chile	Soleon (Italia)	Range Rotors (Alemania)	Airborne Robotics (Alemania)	BIOTOP (Francia)
Origen	Chile	Italia	Alemania	Alemania	Francia
Precio final 1a unidad	15.000.000		8.000.000	26.000.000	S/I
Precio final 2a unidad y posteriores	6.000.000		8.000.000	26.000.000	S/I
Servicio post- venta en Chile	Sí	No	No	No	No
¿Cuántos tipos de controladores puede liberar?	Dos	Uno	Uno	Uno	Uno
¿El dron puede realizar tasa variable de aplicación?	Sí	S/I	No	No	S/I
¿Puede haber integración física posterior?	Sí	S/I	Sí	No	S/I

¿Puede integrar nuevo software?	Sí	S/I	No	No	S/I
¿Cuántas hectáreas puede cubrir al día?	24	S/I	6	7	S/I

PARTE III. CONCLUSIONES

A partir de los datos reunidos y los análisis correspondientes se pudo concluir lo siguiente:

- La industria del control biológico mediante insectos ha estado rezagada en Chile, pero se encuentra en expansión, se ha triplicado en 10 años y muchas de estas empresas han surgido en los dos últimos años.
- La oferta de insectos benéficos en Chile ha mejorado sustantivamente respecto a lo que era cinco años atrás.
- Con la liberación terrestre, el control biológico con insectos depredadores y/o parasitoides ha probado ser competitiva, desde el punto de vista económico, con el control químico convencional.
- La liberación aérea de insectos benéficos está en su etapa inicial, con pocos oferentes en el mundo.
- A igualdad de precio, un sistema desarrollado en Chile otorgará más prestaciones que cualquiera de las alternativas existentes en Europa y con otras ventajas intangibles (por ejemplo servicio técnico de post-venta).
- La mayoría de los UAV disponibles hasta ahora en el mundo no se pueden modificar en su hardware y software, por lo tanto que es más adecuado construir uno personalizado en Chile para cumplir con los objetivos del proyecto.

ANEXO 1.

Lista de personas que aportaron información para construir el estudio.

NOMBRE	INSTITUCIÓN / EMPRESA	CARGO	E-MAIL	TELÉFONO	PAÍS
Oscar Avendaño	Biobío's Organic Fruits	Socio y asesor privado			Chile
José Miguel Cáceres	SOFRUCO	Gerente Agrícola			Chile
Esteban Arias		Ingeniero Agrónomo			Colombia
Yolanda Gutiérrez					Colombia
Mary Whu	Ex SENASA	Jefa Producción Enemigos Naturales			Perú
Ramón Melo		Productor de frutilla			Chile
Liliana Camelio	BIOFUTURO	Gerente General			Chile
Tatiana Montenegro	BIOFUTURO	Jefa Producción			Chile
Grisel Monje	SAG	Coordinadora Nacional Programa Lobesia botrana			Chile
Roberto Tapia	SAG	Encargado Red pronóstico Fitosanitario			Chile

Claudio Rozas	SAG	PNLb	Chile
Pablo Grau	INIA	Especialist a Frutales de Nuez	Chile

Entrevista Oscar Avendaño

Estima la superficie nacional de frutilla entre 1400 a 1800 ha, de las cuales 140-170 ha están en la VIII región. Un productor (Robinson Peña, Organic Fruit Chile) concentra el 50% de la superficie regional del Biobío.

El control químico de plagas en frutilla está dirigido a thrips (mínimo 3 aplicaciones de Spinosad solo o en mezcla con Neem), ácaros (hasta 4 aplicaciones de abamectina) y pulgones (2 aplicaciones en septiembre y 1 en octubre, total 3 aplicaciones a inicios de temporada; productos incluyen Diazinon y Confidor).

Recomienda liberar 10000 huevos/ha/aplicación, en 2 a 3 liberaciones por temporada. Menciona que el costo en la temporada resulta menor que el control químico y que otro beneficio del uso de controladores es que a los agricultores les queda más tiempo para realizar otras labores, ya que las aplicaciones de insecticidas/acaricidas son frecuentes y laboriosas.

En cuanto a precio, para paños sobre 1 ha el costo de los 10000 huevos es de \$70.000 + IVA, mientras que para superficies menores a 1 ha el costo es de \$100.000 + IVA.

Entrevista Tatiana Montenegro (Encargada de Producción) y Liliana Camelio (Gerente General Biofuturo)

La empresa ofrece paquetes de monitoreo de plagas y liberación de enemigos naturales en arándano, viñas y manzanos. Sugiere que un nicho de mercado atractivo es el control del pulgón lanígero en manzano usando depredadores del género *Chrysopa*, ya que ellos venden este paquete a productores orgánicos y convencionales de manzano. En cuanto a precios, en esta empresa la tarifa es variable en función de la distancia y de la superficie; aclara que ellos no son meros despachadores de enemigos naturales, sino que asumen el transporte, liberación y post-evaluación de su uso, para asegurar el resultado final del trabajo.

Entrevista Ramón Melo

Productor convencional de frutilla con 1,5 ha de superficie. Este productor manifestó su entusiasmo por haber reemplazado las aplicaciones de productos químicos por liberaciones de chrysopas, ya que le significó disminuir de \$400.000 a \$300.000 el gasto en pesticidas por ha y por temporada.

Este productor menciona la llamativa voracidad de las larvas, especialmente de noche cuando ha ido a observar qué ocurre en el huerto, y el hecho de que hayan aparecido otros enemigos naturales al suspender las aplicaciones de pesticidas.

Producción comercial de trichogrammas en Perú.



Producción comercial de chrysopas en Perú.



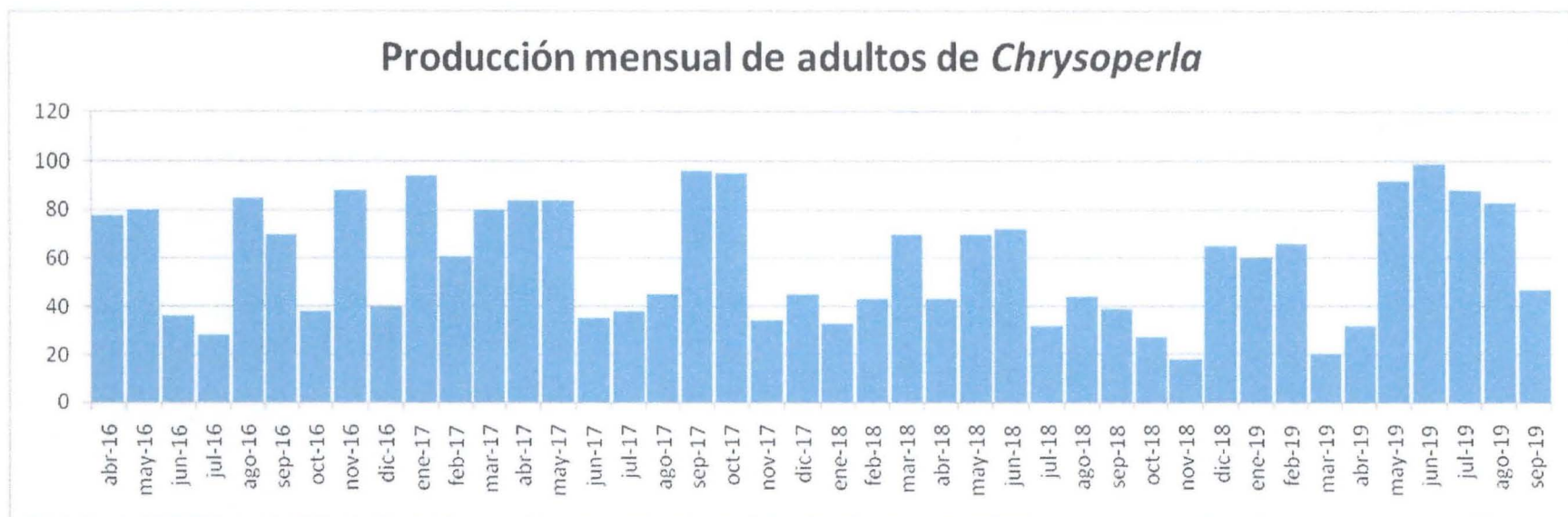
Liberación de trichogrammas en campo, Trujillo, Perú.



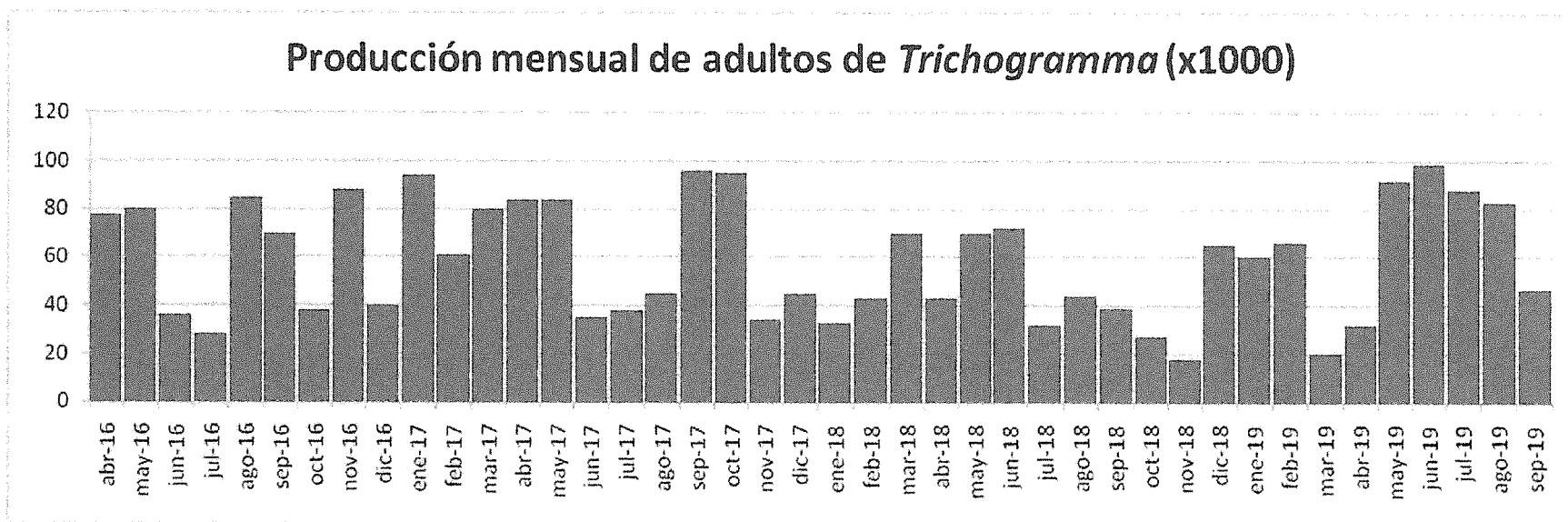
Anexo 8.

RE 5.1 Linaje de depredador apto para liberación mecánica

Cuadro 1. Producción de depredador durante la ejecución del proyecto



Cuadro 1. Producción del parasitoide durante la ejecución del proyecto



Cuadro 1. Mediciones de pupa de depredador

	Diámetro polar (mm)		Diámetro ecuatorial (mm)	
	Estándar	Azapa	Estándar	Azapa
Pupa 1	4.24	4.04	2.42	2.19
Pupa 2	4.32	4.28	2.41	2.28
Pupa 3	4.32	4.13	2.32	2.58
Pupa 4	3.96	3.9	2.42	2.55
Pupa 5	4.03	4.17	2.43	2.31
Pupa 6	3.97	4.05	2.6	2.3
Pupa 7	4	4.29	2.59	2.25
Pupa 8	4.15	3.92	2.17	2.53
Pupa 9	3.91	4.09	2.44	2.25
Pupa 10	3.95	4.02	2.6	2.22
Pupa 11	4.03	4.16	2.15	2.38
Pupa 12	4.04	4.09	2.43	2.55
Pupa 13	4.01	4.04	2.49	2.25
Pupa 14	3.91	4.16	2.16	2.45
Pupa 15	3.99	4.02	2.5	2.52
Pupa 16	3.96	4.07	2.55	2.36
Pupa 17	3.97	4.14	2.57	2.58
Pupa 18	3.95	3.99	2.28	2.46
Pupa 19	3.91	3.96	2.47	2.64
Pupa 20	4.23	4.08	2.63	2.27
Pupa 21	4.2	4.29	2.31	2.59
Pupa 22	4.29	4.27	2.32	2.42
Pupa 23	4.22	4.25	2.24	2.63
Pupa 24	4.05	4.23	2.5	2.57
Pupa 25	3.91	4.14	2.41	2.18
Pupa 26	4.2	4.14	2.22	2.17
Pupa 27	3.89	4.29	2.16	2.19
Pupa 28	4.05	4	2.6	2.64
Pupa 29	3.96	3.96	2.29	2.63
Pupa 30	4.19	4.13	2.43	2.27
Pupa 31	3.86	4.3	2.49	2.61
Pupa 32	4.19	4.11	2.39	2.55
Pupa 33	4.05	4.1	2.35	2.15
Pupa 34	3.96	4.15	2.32	2.31
Pupa 35	3.87	3.96	2.47	2.23
Pupa 36	3.98	4.11	2.33	2.31
Pupa 37	4.01	3.92	2.19	2.41
Pupa 38	4.03	3.99	2.32	2.54
Pupa 39	4.11	4.22	2.44	2.64
Pupa 40	4.28	3.85	2.21	2.35
Pupa 41	4.22	4.11	2.15	2.29
Pupa 42	4.12	4.01	2.27	2.61
Pupa 43	4.21	4.32	2.55	2.54
Pupa 44	4.16	4.18	2.57	2.53
Pupa 45	4.3	4.07	2.39	2.22
Pupa 46	4.11	3.91	2.59	2.42
Pupa 47	4.16	3.86	2.22	2.29
Pupa 48	4.09	4.32	2.42	2.26
Pupa 49	3.89	4.24	2.45	2.6
Pupa 50	3.97	4.25	2.58	2.28

Pupa 51	4,3	3,86	2,59	2,34
Pupa 52	4,13	3,92	2,34	2,49
Pupa 53	4,1	4,24	2,42	2,57
Pupa 54	4,11	4,09	2,33	2,48
Pupa 55	3,97	4,11	2,42	2,32
Pupa 56	4,12	3,92	2,27	2,23
Pupa 57	4,29	3,85	2,43	2,52
Pupa 58	3,9	4,12	2,48	2,53
Pupa 59	3,93	4,29	2,33	2,2
Pupa 60	3,97	4,25	2,54	2,33
Pupa 61	3,91	3,97	2,53	2,57
Pupa 62	4,18	4,12	2,21	2,17
Pupa 63	3,92	4,23	2,44	2,6
Pupa 64	4,28	4,32	2,47	2,29
Pupa 65	4,22	4,15	2,43	2,48
Pupa 66	4,08	3,89	2,28	2,22
Pupa 67	4,25	4,2	2,39	2,26
Pupa 68	3,89	4	2,53	2,29
Pupa 69	3,85	3,91	2,28	2,31
Pupa 70	4,08	4,15	2,36	2,54
Pupa 71	4,13	4,18	2,27	2,64
Pupa 72	4,3	3,99	2,61	2,51
Pupa 73	4,01	3,87	2,35	2,46
Pupa 74	4,09	4,1	2,5	2,41
Pupa 75	4,1	4,2	2,38	2,47
Pupa 76	3,91	4,17	2,36	2,48
Pupa 77	3,85	4,11	2,64	2,29
Pupa 78	4,27	4,09	2,24	2,16
Pupa 79	3,92	4,28	2,51	2,57
Pupa 80	4,06	4,17	2,31	2,27
Pupa 81	4,24	4,3	2,22	2,27
Pupa 82	4,28	4,16	2,15	2,49
Pupa 83	4,24	4,1	2,17	2,51
Pupa 84	4,32	4,12	2,35	2,46
Pupa 85	3,87	4,23	2,6	2,4
Pupa 86	4,07	4,2	2,18	2,49
Pupa 87	4,22	4	2,59	2,24
Pupa 88	3,87	4,11	2,59	2,46
Pupa 89	4,25	4,32	2,48	2,48
Pupa 90	4,12	4,13	2,48	2,4
Pupa 91	4,03	4,31	2,42	2,15
Pupa 92	4,26	4,06	2,4	2,37
Pupa 93	3,92	4,19	2,47	2,15
Pupa 94	4,07	4,04	2,3	2,27
Pupa 95	4,08	4,09	2,5	2,24
Pupa 96	4,18	4,21	2,53	2,42
Pupa 97	4,25	4,18	2,37	2,59
Pupa 98	4	4,12	2,38	2,61
Pupa 99	4,08	4,09	2,51	2,33
Pupa 100	4,25	4,09	2,51	2,28
Promedio	4,081	4,111	2,403	2,400
Mínimo	3,850	3,850	2,150	2,150
Máximo	4,320	4,320	2,640	2,640
Mediana	4,080	4,115	2,420	2,405

Anexo 9.

Actividades de difusión

N°	FECHA	LUGAR	TIPO DE EVENTO	ACTIVIDAD	N° participantes	Documentación
1	17-05-2017	Chillán	Nota web			Link

http://controlbiologicochile.com/gallery/mayo_17_liberaci%C3%B3n%20enemigos.pdf



Centro Tecnológico
de Control
Biológico

CTCB impulsa novedosa tecnología de liberación de enemigos naturales



El Centro Tecnológico de Control Biológico (CTCB) y el Programa de Agricultura de Precisión (PROGAP) de INIA Quilamapu comenzaron la ejecución de un nuevo proyecto de investigación y desarrollo, co-financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA). El proyecto "Manejo Sustentable de Plagas mediante el Desarrollo de un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) para la Dispersión de Agentes de Control Biológico", PYT-2016-0121, será llevado a cabo durante 36 meses y en marzo de 2019, cuando concluya, generará un prototipo de dron dotado de un aditamento que permitirá la descarga regulada de insectos benéficos en los cultivos.

Esta técnica de liberación de enemigos naturales ha sido abordada por muy pocos países en el mundo y ha atraído el interés de varias empresas hacia el proyecto: prestadores de servicios (Natural Chile), proveedores de insectos benéficos (BIOFUTURO) y usuarios (SOFRUCO, Bluefield Chile, Attiagro). El coordinador del proyecto y entomólogo del CTCB, Luis Devotto, explica que "lo novedoso del proyecto no está en fabricar un dron, porque drones existen millones en el mundo. Lo que muy pocos han intentado es la capacidad de llevar insectos benéficos al campo y liberarlos de manera regulada, que es el objetivo principal de este proyecto". El coordinador alterno del proyecto y especialista en agricultura de precisión de INIA, Stanley Best complementa que "como programa hemos querido participar en esta iniciativa porque la información que generan los entomólogos cuando monitorean puede ser usada como un insumo para que un software le diga al dron dónde y cuánto liberar. De esta manera, el control de plagas se hará de mejor manera, liberando más controladores donde la plaga ataca más y menos donde el problema es menos grave.

Chillán, Mayo de 2017

2	17-10-2017	Yerbas Buenas	Stand	Seminario lanzamiento proyecto FIC		Fotos y link
---	------------	---------------	-------	------------------------------------	--	--------------



Estudiantes de Liceo Marta Martínez Cruz (SNA Educa) conocen la nueva tecnología

3	17-11-2017	Chillán	Nota web			Link
---	------------	---------	----------	--	--	------

http://controlbiologicochile.com/gallery/nov_17_devotto.pdf



Centro Tecnológico
de Control
Biológico

Empresas de controladores biológicos participan en seminario de lanzamiento de proyecto en la región del Maule



El 17 de octubre pasado se presentó oficialmente el proyecto "Agricultura más sostenible y más inocua a través de la innovación en liceos agrícolas de zonas vulnerables: formando PYMES para producir insectos benéficos", BIP 30481917, co-financiado por GORE del Maule, INIA y SNAEduca, cuyo propósito es dotar a tres liceos de esta región con la capacidad de formar a los estudiantes en esta tecnología agrícola.

Como complemento a las exposiciones sobre el proyecto, hubo cuatro stands con empresas ligadas a este rubro, las cuales presentaron su oferta de insectos benéficos a los asistentes:

1. **XILEMA**: empresa basada en Quillota y perteneciente a ANASAC, mostró su servicio de monitoreo georeferenciado de plagas y los nueve insectos que los agricultores pueden adquirir para plagas de palto, arándano, cítricos, tomate y vid, entre otros.

2. **CONTROLBEST**: empresa también basada en Quillota, ofrece soluciones biológicas para plagas de palto, arándano, cítricos, vid, tomate y ornamentales, además de herramientas de monitoreo y de manejo del hábitat a través de corredores biológicos.

3. **BIOFUTURO**: empresa creada en La Araucanía (Traiguén), combina la liberación de enemigos naturales con el monitoreo y la georeferenciación, especialmente en manzano, vid y arándano.

4. **LOITERS SYSTEMS**: empresa de ingeniería que integra especialistas de Santiago y Concepción, que desarrolló asociada a INIA el primer dron en Chile y el segundo en Sudamérica con la capacidad de liberar enemigos naturales por vía aérea.

Los asistentes apreciaron a cabalidad la oferta de controladores biológicos existentes en el país, una industria que está madura en otros países sudamericanos y que está creciendo a tasas de dos dígitos en los últimos cinco años en nuestro país. Producto de esta participación, algunos estudiantes realizarán prácticas en las empresas mencionadas y especialistas de las empresas fueron invitados a dictar charlas en los liceos.

Chillán, Noviembre de 2017

4	1-12-2017	Santiago	Charla	XXXIX Congreso Nacional de Entomología	150	Fotos
---	-----------	----------	--------	--	-----	-------



Avances del proyecto mostrados en Congreso Científico

5	06-12-2017	Chillán	Día de campo	Día de Campo Santa Rosa 2017	600	Link y foto
---	------------	---------	--------------	------------------------------	-----	-------------

<http://www.inia.cl/blog/2017/12/11/seiscientos-agricultores-en-gran-dia-de-campo-inia-en-chillan/>



UAV mostrado en stand de Día de Campo



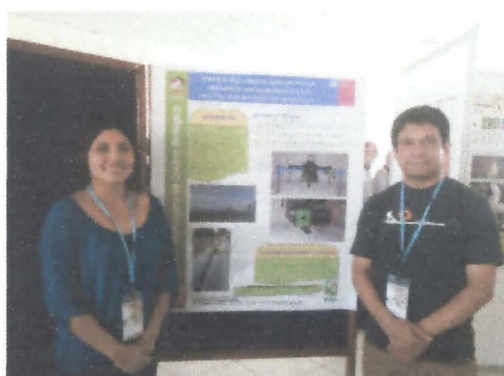
6	17-12-2017	Chillán	Nota web			Link
---	------------	---------	----------	--	--	------

http://controlbiologicochile.com/gallery/dic_17_devotto.pdf



Centro Tecnológico
de Control
Biológico

Asistentes a congreso de entomología conocieron la liberación aérea de enemigos naturales, un programa para formar técnicos agrícolas en control biológico y avances en control de *Lobesia botrana*.



Los profesionales del CTCB, Carolina Cerda y Luis Devotto mostraron parte del quehacer del Programa de Entomología en el XXXIX Congreso Nacional de Entomología, organizado por la Universidad Iberoamericana de Ciencias y Tecnología los días 29 y 30 de noviembre y 1 de diciembre, en Santiago de Chile.

En la primera jornada, se dio a conocer el trabajo titulado "Primer vehículo aéreo no tripulado para la liberación de insectos benéficos en Chile", donde se resumió el avance de la construcción de un dron dotado con la capacidad de liberar enemigos naturales vía aérea según un plan de vuelo adaptado a la distribución de la plaga en el campo ("control biológico de precisión"). El dron completó la fase de ingeniería y se están realizando las primeras pruebas de vuelo. Este desarrollo fue posible gracias a la participación de Stanley Best y Rodrigo Quintana, del Programa de Agricultura de Precisión de INIA Quilamapu y el financiamiento de FIA, proyecto PYT 2016-0121.

En la segunda jornada los participantes del congreso conocieron el trabajo "Preparando futuros técnicos agrícolas en la producción de insectos benéficos para impulsar el control biológico en Chile", una iniciativa financiada por el Gobierno Regional del Maule (BIP 30481917) y llevada a cabo por INIA en conjunto con tres liceos que SNAEduca tiene en la zona: Marta Martínez Cruz (Yerbas Buenas), Escuela Agrícola de Molina y Liceo Agrícola San José de Duao. Por medio de este proyecto los estudiantes están recibiendo conocimientos teóricos sobre entomología, manejo de plagas y control biológico, a la vez que reforzarán lo aprendido en una "mini-fábrica" de controladores biológicos que estará operativa el

7	17-12-2017	Chillán	Nota web			Link
---	------------	---------	----------	--	--	------

http://controlbiologicochile.com/gallery/dic_17_jornada%20interactiva.pdf



Centro Tecnológico
de Control
Biológico

Exitosa Jornada Interactiva del Centro Tecnológico de Control Biológico



Con un rotundo éxito, se desarrolló la Jornada interactiva del Centro Tecnológico de Control Biológico. Esta se llevó a cabo el día 6 de diciembre, en el campo experimental Santa Rosa de INIA Quilamapu. Contó con cerca de 600 asistentes, dentro de los cuales se encontraban grupos Prodesal provenientes de las Regiones de O'Higgins, Biobío y La Araucanía, asesores, estudiantes, CONAF, agricultores y público general. La actividad se desarrolló en el marco del día de campo anual de INIA Quilamapu, donde se mostraron los distintos programas de mejoramiento genético, como arroz, trigo, quínoa y leguminosas.

8	11-04-2018	Santiago	Stand	I Congreso de Agricultura de Precisión (CLAP 2018)	100	Foto
---	------------	----------	-------	---	-----	------



9	12-04-2018	Chillán	Nota web			Link
---	------------	---------	----------	--	--	------

<http://www.inia.cl/blog/2018/04/12/inia-presenta-primer-dron-para-la-liberacion-de-insectos-beneficos-en-chile/>

inia.cl/blog/2018/04/12/inia-presenta-primer-dron-para-la-liberacion-de-insectos-beneficos-e



🕒 12 Abr 2018 📁 Noticias

💬 0

INIA presenta primer dron para la liberación de insectos benéficos en Chile

En el marco del Primer Congreso Latinoamericano de Agricultura de Precisión realizado en Santiago, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) mostró un prototipo de vehículo aéreo no tripulado para el control biológico de plagas agrícolas; una innovación en el rubro para el país y la región.

Santiago, abril de 2018. Investigadores, empresas, usuarios y emprendedores de Latinoamérica compartieron sus experiencias en el uso de tecnologías y herramientas de manejo y análisis de datos, en el Primer Congreso de Agricultura de Precisión (CLAP 2018), organizado por la Universidad Técnica Federico Santa María e Inacap, con el apoyo de Telefónica I+D, Engie Factory y el Ministerio de

10	19-4-2018	Santa Clara	Día de campo	II Feria TecnORAFITI	200	Foto
----	-----------	-------------	--------------	----------------------	-----	------



11	21-06-2018	Valdivia	Charla	Seminario Estrategias sustentables para el manejo de plagas y enfermedades. Mirando más allá de los plaguicidas	80	Programa
----	------------	----------	--------	---	----	----------

INVITACION

Rodrigo Echeverría P. Decano Facultad de Ciencias Agrarias; Erika Briceño P., Directora del Instituto de Producción y Sanidad Vegetal UACH; Esteban Basoalto V., y Eduardo Fuentes C., investigadores del Proyecto CONICYT PCI REDES150152, le saludan cordialmente y tienen el agrado de invitarle al

Seminario internacional
"Estrategias sustentables para el manejo de plagas y enfermedades: Mirando más allá de los plaguicidas"

Este evento se realizará los días 21 y 22 de junio a partir de las 9:00 horas en la Sala Paraninfo de la Dirección de Asuntos Estudiantiles (DAE), en el Campus Isla Teja de la Universidad Austral de Chile, Valdivia, y contará con la participación de reconocidos expertos nacionales e internacionales.

Inscripciones gratuitas. Cupos limitados.





Con el apoyo de:



Sesión 2 - Moderador: Esteban Basoalto

- 15:00-15:30 Integración de control biológico en manejo de enfermedades en frutales. Eduardo Donoso (BioNativa, Chile).
- 15:30-16:00 Extractos de plantas de la familia Rhamnaceae para el control de polillas en frutales. Julio Alarcón (UBB, Chile).
- 16:00-16:30 Nuevos enfoques para hacer avanzar el control biológico de plagas: georreferenciación, drones y educación desde la base. Luis Devotto (INIA, Chile).
- 16:30-17:00 Café
- 17:00-17:30 Reverse breeding: Cuando la antigua diversidad no pasa de moda. Iván Maureira (UACH, Chile).
- 17:30-18:00 Influencia de la cobertura del suelo con paja sobre la diversidad de artrópodos. Rosana Rotondo (Universidad Nacional de Rosario, Argentina).
- 18:00-18:30 Perspectivas para el uso de semioquímicos para el monitoreo de la mosca de alas manchadas, *Drosophila suzukii*. Esteban Basoalto (UACH, Chile).
- 18:30-19:15 **Charla:** 40 years of history using semiochemicals for pest monitoring and management / 40 años de historia en el uso de semioquímicos para el monitoreo y manejo de plagas. Bill Lingren, Fundador y CEO de Trécé Inc. (EE.UU.).

12	02-07-2018	Valdivia	Artículo prensa	Campo Sureño		Recorte prensa
----	------------	----------	-----------------	--------------	--	----------------

COMITÉ DE REDACCIÓN

CAMPO SUREÑO

PÁGINAS

cultivos

En tanto, el doctor Roberto Carrillo, docente y entomólogo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UACH, asegura que es posible reducir las poblaciones de algunos insectos mediante trampas con atracciones, como la luz polarizada y la orina animal. Agregó que ese tiempo de muy bajo costo en las que en muchos casos, más es necesario utilizar compuestos químicos.

Por su parte, el doctor Luis Devotto, investigador en Control Biológico de Insectos de esa UACH, es necesario tener claridad que existe un nuevo enfoque para el control biológico de plagas en nuestro país, más que un cambio en las tendencias.

Lo tradicional es que el Estado implementa medidas desde el extranjero y los agricultores siendo un buen público. ¿Pero en los últimos 10 años se están aprovechando más los organismos nativos que muchos venían con nacionalidades por empresas", afirmó el investigador.

"El nuevo enfoque lográndose ofrecer un servicio completo, es decir, que la protección sanitaria del campo lo haga una empresa". Para ello, destacó que se pueden usar nuevas tecnologías que incluyen sensores remotos, programas que permiten analizar esta información y generar una respuesta adecuada a la problemática y también drones, que hacen un trabajo más rápido y eficiente de dispersión de controladores biológicos.

SEMINARIO

Nada de un seminario de personas provenientes del ámbito público y privado, así como tam-



Guillermo Navarro,
Director de la Facultad de Ciencias
Agrarias de la Universidad de Chile
(UACH).



Esteban Izquierdo,
Director de Instituto Nacional de
Fruitería y Sanidad Vegetal (INIA).



Isabella Londo,
Directora del Instituto Nacional de
Fruitería y Sanidad Vegetal (INIA).

bien estudiantes de pre y postgrado y productores de distintos regiones del país, participaron de la actividad organizada por el Instituto de Fruticultura y Sanidad Vegetal (INIA) de la Facultad de Ciencias Agrarias. Un día de expertos prove-



El seminario reunió a investigadores nacionales e internacionales para analizar los distintos niveles de manejo de plagas en la agricultura a través de manejo sustentable.

nientes de Chile, Uruguay, Argentina y de Estados Unidos participaron a través de exposiciones de esta actividad patrocinada por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Conicyt) en el marco del proyecto ejecutado por la Universidad de Chile y la UACH.

Durante la inauguración del evento la directora del INIA, doctora En la Izquierdo, expresó que es importante que "se unen personas de diferentes disciplinas para abordar el manejo integrado de plagas y de enfermedades, dando a conocer alternativas distintas al control químico que se usan regularmente en los cultivos".

"Como institución queremos que este tipo de actividades en las que tenemos contacto con el medio, sea parte de nuestros procesos principales, permitiendo una mayor interacción con estudiantes, profesionales y productores del área que nos interesa", subrayó la profesora. Por su parte la pro-decano de la

Facultad de Ciencias Agrarias, doctora Carolina Izquierdo, entregó en su nombre el diploma de esta unidad, doctor Rodrigo Echeverría, y felicitó a los investigadores por su excelente desempeño.

"Caso que este evento es muy relevante, pues sabemos que el manejo integrado de plagas es algo que se utiliza hace muchos años y como hemos ya puesto en práctica en la magnitud que nosotros queremos. Nuestro región, sobretodo tiene un desafío por delante que es la intensificación de la agricultura que debe estar enfocada en este esquema de sustentabilidad", sostuvo la autoridad universitaria.

Es importante señalar que en el seminario se abordaron temas muy fructíferos sustentables, tales como el control de Soya (Glycine max), características de la producción frutícola en Uruguay y particularidades del mane-



Luis Devotto,
Investigador en Control Biológico
de Insectos de UACH.



Mario Valente Moya,
Investigador en Sanidad Vegetal.



Isabella Londo,
Directora del Instituto Nacional de
Fruitería y Sanidad Vegetal.

jo de fertilizantes plaguicidas con el uso de semioquímicos, evaluación de semioquímicos para el manejo de polillas del tomate de la UACH, control biológico, integración de control biológico en manejo de enfermedades en frutales, extractos de plantas para el control de nematodos, entre otros.

13	01-08-2018	Chillán	Charla	Visita agricultores	41	
----	------------	---------	--------	---------------------	----	--

14	07-09-2018	Villa Alegre	Stand		120	
----	------------	--------------	-------	--	-----	--

15	11-10-2018	Chillán	Stand	1a Feria de Control Biológico, Chillán	600	Invitación y programa
----	------------	---------	-------	---	-----	--------------------------

16	11-10-2018	Chillán	Seminario	Control Biológico de Precisión: Una herramienta para Chile	600	Invitación y programa
17	11-10-2018	Chillán	Charla			Invitación y programa
18	11-10-2018	Chillán	Charla			Invitación y programa
19	11-10-2018	Chillán	Charla			Invitación y programa
20	11-10-2018	Chillán	Charla			Invitación y programa



CHILELO
HACEMOS
TODOS



El Director Ejecutivo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) Álvaro Eyzaguirre P., y el Director Regional del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA Quilamapu) Rodrigo Avilés R., le invitan a participar del seminario **“Control Biológico de Precisión: herramientas tecnológicas al servicio del manejo natural de plagas”**, a realizarse el jueves 11 de octubre a las 10:30 horas, en el marco de la 1ª Feria Tecnológica de Control Biológico que se llevará a cabo en dependencias del INIA Quilamapu. Esperamos contar con vuestra presencia que, sin duda, realizará a esta actividad.

Chillán, octubre 2018.

Favor confirmar asistencia

Programa: seminario **“Control Biológico de Precisión: herramientas tecnológicas al servicio del manejo natural de plagas”**



CHILELO
HACEMOS
TODOS



10:30 – 10:35 Palabras representante INIA

10:35 – 10:45 Palabras representante FIA

10:45 – 11:15 Control biológico de precisión: liberación aérea de enemigos naturales.

Dr. Luis Devotto, INIA Quilamapu.

11:15 – 11:45 Incorporación de georeferenciación e inteligencia artificial en el manejo de plagas.

Dr. Stanley Best, INIA Quilamapu.

12:15 – 12:45 Uso intensivo de georeferenciación para complementar el control biológico: experiencia de Biofuturo Ltda.

Liliana Camello, Biofuturo Ltda.

12:45 – 13:15 Uso intensivo de georeferenciación para complementar el control biológico: experiencia de Xilema S.A.

Andrés Alvear, Xilema S.A. |



21	24-10-2018	Macul	Charla	Fac. Agronomía, PUC	12	Correo respaldo
----	------------	-------	--------	------------------------	----	-----------------

Alejandra Muñoz Gonzalez asistente adjunta de la Maestría de PMA

vie 27 oct 2018 16:58



para (Devotio) y más...

Estimado Luis

Espero estes bien. Te escribo por tu gentil ofrecimiento de aportarnos con una clase para el curso de Agricultura Sustentable. Te cuento que este es un curso de 8vo semestre que toman los alumnos de agronomia de la especialidad de gestión ambiental. En él vemos herramientas de manejo y gestion en pos de una agricultura más sustentable. Entre los tópicos estan producción orgánica y control biológico. Por lo cual una charla tuya seria bienvenida. los alumnos siempre agradecen una charla de profesionales de instituciones que trabajan ligadas a estos temas.

El curso esta compuesto por 24 alumnos y su horario es lunes y miércoles de 8:30 a 9:50, más el jueves de 14:00 a 15:20.

Cuantama si esto es factible y dame la fecha que te acomoda, ya tengo algunos relatores externos en algunas pero en la gran mayoría tengo movilidad.

Gracias de antemano y buen fin de semana



Alejandra E. Muñoz

Profesora Asistente Adjunta

Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente

10/27/2018 16:58

22	05-12-2018	San Bernardo	Charla	Visita empresa Geonuts	4	Correo respaldo
----	------------	--------------	--------	---------------------------	---	-----------------

(sin asunto)   



Luis Devotto  
para Francisco 

mar., 4 dic. 2018 18:08   

estimado Francisco

junto con saludar, confirmo reunión mañana a las 13 h en geonuts, saludos!



Francisco Cornejo Soms  
para Luis 

mar., 4 dic. 2018 18:12   

Muy estimado Luis,

Gracias por la posibilidad de reunirnos

El tema central de la reunión de mañana es: alternativas para el programa de Control Biológico de *Cydia pomonella* en los nogales de Geonuts.

23	24-03-2019	Yerbas Buenas	Día de campo		16	
----	------------	------------------	-----------------	--	----	--

24	26-09-2019	Villa Alegre	Seminario	Coordinación		Invitación y programa
25	26-09-2019	Villa Alegre	Charla		38	Invitación y programa
26	26-09-2019	Villa Alegre	Charla		38	Invitación y programa



Chile



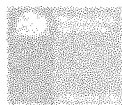
INVITACIÓN

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA), y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias-INIA Raihuén, saludan cordialmente a Ud. y tienen el agrado de invitarle al seminario de cierre del proyecto "Manejo Sustentable de Plagas mediante el Desarrollo de un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) para la Dispersión de Agentes de Control Biológico", que se realizará el 26 de septiembre de 2019 en dependencias de INIA Raihuén, comuna de Villa Alegre, Región del Maule.

Esta actividad además estará complementada con la II Semana Temática del Programa de Extensión Berries Maule, lo que le dará acceso a otras interesantes ponencias sobre cambio climático, robótica y control biológico. Esperamos contar con su presencia, la que ayudará al éxito del evento y de esta forma hacer una mejor contribución al desarrollo agrícola del país.

Se adjunta programa. Solicitamos confirmar asistencia con la Srta. Johana Rojas

Chillán, septiembre de 2019



Chile



Programa

Cierre Proyecto "Manejo sustentable de plagas mediante el desarrollo de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) para la Dispersión de agentes de control biológico" RA PYT 2016-0121

II Feria de Tecnologías Sustentables, INIA Raihuén, 26 septiembre 2019

15:45 - 16:15	Conferencia: "Visión actual y futura de la incorporación y uso de la agricultura de precisión para enfrentar los nuevos paradigmas de mercado y el cambio climático"	Expositor: Stanley Pest Ingeniero Agrónomo Ph.D., Investigador INIA Quilamapu
16:15 - 16:45	Conferencia: "Monitoreo de precisión y liberación aérea de controladores biológicos: estado del arte mundial y en Chile"	Expositor: Dr. Luis Devotto M., Investigador INIA Quilamapu
16:45 - 17:30	CAFÉ	
17:30	Entrevistas a expositores	
	Demostraciones prácticas	
	Recorrido por stands	

27	08-10-2019	Pinto	Póster	I Simposio Latinoamericano y IV Simposio Chileno de Control Biológico	150	Poster
----	------------	-------	--------	---	-----	--------

Centro Tecnológico de Control Biológico

Monitoreo de precisión y liberación aérea de controladores biológicos: estado del arte en Chile
Luis Devotto, Stanley Best, Carolina Cerda y Rodrigo Quintana

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Quilamapu

CONTEXTO

El control biológico de tipo inundativo se está abriendo paso gradualmente en Chile, existiendo algunos emprendimientos que comercializan insectos benéficos en el país. Actualmente, los insectos se liberan homogéneamente en los en forma terrestre. Para aumentar la rapidez de esta liberación, se construyó un dron con la capacidad de liberar esferas rellenas con insectos, adaptando el nivel de presión de la plaga a "control biológico de precisión".

MATERIALES Y MÉTODOS

El UAV o dron cuenta con las siguientes características:

- Un compartimento de carga dotado de botullas regulables que permiten la descarga de esferas de 25 mm y 34 mm.
- Esferas de material biodegradable y con aberturas que permiten liberar un depredador o un parasitista de huevos de polilla.
- Cuenta con un software para aumentar o disminuir la descarga de esferas según la mayor o menor presión de la plaga en el punto que sobrevuela.

FOTO 1.
UAV con dispositivo para liberar esferas y sistema RTK de posicionamiento



FOTO 2. Panel de funcionamiento de software para gestionar monitoreo y generar los planes de vuelo del dron

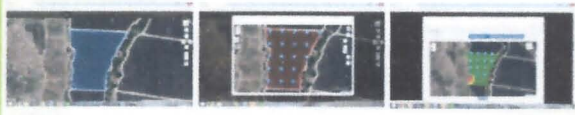


FOTO 3. Esferas de material biodegradable en base a materiales biodegradables



FOTO 4. Esferas para transportar los controladores biológicos en base a materiales biodegradables



FOTO 5. Pruebas de nivel de exactitud de la descarga



CONSIDERACIONES FINALES

Aplicando técnicas tradicionales de monitoreo, la información recogida permite generar una referencia de la plaga y generar una grilla con células de tres categorías (presión baja, media y alta), lo que a su vez permite generar un plan de vuelo para el dron y ajustar la descarga a la distribución que tiene la plaga objetivo en el campo. Este equipo completó la fase de ingeniería y se realizaron pruebas de campo donde cumplió las misiones de vuelo.

Evaluación de la precisión de la liberación de esferas			
	Color	Nº de esferas liberadas	Presión de la plaga
Prueba 1	Bianca	10	80%
	Negra	10	82%
Prueba 2	Bianca	10	88%
	Negra	10	94%
Promedio: 86% 90%			

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Quilamapu
 Avda. Vicente Wonda 513 • CASIL (A-42) • FON: 42 2 208772 • 42 2 208771 • Email: controlbiologico@iniazar.cl • CHILLAN • CHILE