

**PLAN DE TRABAJO**

De conformidad con lo establecido en la sección 8 de la Resolución Administrativa No. 056 de 22 de marzo de 2010 de la **SENACYT**, le corresponde a la **SENACYT** realizar la fase de negociación de las contrataciones por mérito, por lo que se procedió a negociar con **EL BENEFICIARIO**, de generales conocidas dentro de este expediente, los montos y términos propuestos en su Proyecto “Equipamiento especializado para la multiplicación y control de calidad de parasitoides (oófagos), utilizados en el control biológico de *Spodoptera frugiperda* (Noctuidae) y *Oebalus insularis* (Pentatomidae).” dentro de la Convocatoria Pública de Fortalecimiento a Equipamiento e Instrumentación Especializado para Actividades de I+D (EIE) 2019, de conformidad con las siguientes cláusulas:

**CLÁUSULA PRIMERA:** el plan de trabajo quedará como sigue

**TÍTULO DEL PROYECTO:** “Equipamiento especializado para la multiplicación y control de calidad de parasitoides (oófagos), utilizados en el control biológico de *Spodoptera frugiperda* (Noctuidae) y *Oebalus insularis* (Pentatomidae).”.

**DATOS DEL BENEFICIARIO**

**Nombre completo:** Bruno Alexis Zachrisson Salamina  
**Número de cédula:** 8-226-1  
**Fecha de nacimiento:** 22 de Abril de 1960  
**Lugar de nacimiento:** Panamá  
**Nacionalidad:** Panameño  
**Dirección postal:** 832-2758 WTC  
**Teléfonos:** 296-0589  
**Correo electrónico:** bazsalam@gmail.com

**DATOS DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL**

**Nombre completo:** Bruno Zachrisson  
**Número de cédula:** 8-226-1  
**Fecha de nacimiento:** 22-04-1960  
**Lugar de nacimiento:** Panamá  
**Nacionalidad:** Panameño  
**Dirección postal:** 832-2758 WTC  
**Teléfonos:** 296-0589  
**Correo electrónico:** bazsalam@gmail.com

**TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA:** **24 meses**

**MONTO TOTAL DEL PROYECTO:** **B/. 483.383.00**

## 1. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) es la institución gubernamental que tiene como función principal, la de investigar para generar, adaptar, validar, difundir conocimientos y tecnologías agropecuarias, enmarcadas dentro de las políticas, estratégicas y lineamientos del sector agropecuario. De esta manera, para cumplir con este compromiso, la institución enfoca sus acciones a dar respuesta a los problemas que enfrenta el agronegocio panameño, con este fin crea los mecanismos de participación de los clientes, usuarios y colaboradores en los procesos de identificación de demandas, problemas, desafíos ambientales, sociales, económicos y tecnológicos asociados al agronegocio en el país. Por lo que el IDIAP, se enmarca en las políticas estratégicas y lineamientos del sector agropecuario de acuerdo, a la Ley 51 del 28 de agosto de 1975, la cual se destaca como el ente rector de la investigación agropecuaria en Panamá y norma todas las actividades de investigación agropecuaria del sector público, que incluye a la Universidad de Panamá, entre otros organismos, orientando al sector privado. De esta manera, dirige sus acciones enfocadas a dar respuesta a los problemas que enfrenta el agronegocio panameño, creando los mecanismos de participación de los clientes, usuarios y colaboradores en los procesos de identificación de demandas, problemas, desafíos ambientales, sociales, económicos y tecnológicos asociados al agronegocio, en el país. Por lo mencionado, la misión y visión institucional, mencionada a seguir destaca la preponderancia institucional en la actividad agropecuaria nacional. En donde, la misión del IDIAP dicta "Fortalecer la base agrotecnológica nacional para contribuir a la competitividad del "agronegocio", a la **sostenibilidad, a la resiliencia socio ecológica de la agricultura y a la soberanía alimentaria**, en beneficio de la sociedad panameña". La visión enuncia "Un IDIAP comprometido con los pequeños y medianos productores de la agricultura familiar y con el agronegocio, en sintonía con sus **necesidades, demandas y aspiraciones, reconocido como la principal institución de investigación e innovación agropecuaria en el país**". Producto de la necesidad de cumplir con las metas y desafíos actuales del sector agropecuario, periódicamente se define mediante un proceso que involucra a los actores que interactúan con el agronegocio nacional, para la elaboración del "Plan Estratégico Institucional". Este mecanismo de discusión y análisis podrá generar un documento guía de la estrategia institucional, cuya vigencia corresponde a un período de cinco años que coincide con la gestión de gobierno vigente. El mismo enfatiza los objetivos, que incluyen el desarrollo y fortalecimiento de la competitividad del sector agropecuario, dentro del marco de una economía globalizada. Además, se destaca el aseguramiento de una oferta adecuada, accesible y saludable de alimento a todos los panameños; la **generación de conocimientos y tecnologías agropecuarias amigables al medio ambiente, que conserven los recursos naturales**. Por último y no menos importante, se implementa como meta fundamental el fortalecimiento del desarrollo de las capacidades de los productores y comunidades rurales, dirigida al mejoramiento de la calidad de vida de los panameños. En relación, a lo presentado en la estructura programática institucional, se definen cinco programas de investigación, siendo uno de ellos el "Programa de Investigación e Innovación de los Recursos Genéticos y Biodiversidad" (PIIRGEB), en donde se enmarca la presente propuesta. Los aportes al sector agropecuario son significativos en donde la generación de variedades de diferentes rubros agrícolas y la preservación de la biodiversidad, promueven la sustentabilidad de los ecosistemas agrícolas y del agronegocio. De esta manera, la propuesta presentada es coherente con la misión y visión de la institución, enmarcando dentro de la estructura programática actual. El "Programa de Investigación e Innovación de los Recursos Genéticos y Biodiversidad" (PIIRGEB), que define e incluye esta línea de investigación, se sustenta en base a la solidez del recurso humano especializado y calificado, en las diferentes áreas temáticas y especialidades de la "Protección Vegetal", en donde la interdisciplinariedad promueve soluciones eficientes, a la problemática presentada por los productores y favorece la competitividad del agronegocio. El IDIAP, posee 12 investigadores, con maestría y doctorado, entre las disciplinas de entomología y protección vegetal, dedicados a proporcionar alternativas viables y que sean compatibles para promover la sustentabilidad económica, social y ambiental de los rubros prioritarios, transferibles a los productores y agro-empresarios del país. La propuesta presentada, tiene un enfoque integral, cuya solución requiere de la interdisciplinariedad de especialistas vinculados a protección vegetal, que se fundamenta en base a los programas de manejo integrado de insectos-plagas (MIP) y el manejo integrado del cutivo (MIC). Por lo que, se presenta la iniciativa de integrar dos centros de investigación del IDIAP, con trayectoria en control biológico de insectos-plagas, que se complementan en sus actividades de investigación, en función de la formación y experiencia de sus investigadores. Independientemente, de que ambos centros de investigación se encuentran en diferentes regiones agroecológicas del país, las actividades pertinentes planteadas en la propuesta presentan una visión holística de la situación y la estrategia considerada para dar respuesta a los productores. Por lo que, se han considerado dos

centros de investigación del ubicados en regiones con características geográficas, climáticas social y económicas con diferencias marcadas. De esta manera, se seleccionó el Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC) y el Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr), ubicados en Divisa, Herrera y Chepo, Panamá, respectivamente.

La institución se ha fortalecido en la última década, contribuyendo al desarrollo y producción de **macro-organismos (parasitoides y depredadores)** y de **micro-organismos (hongos entomopatógenos)** en diversos cultivos, entre estos el arroz, cultivo prioritario para Panamá. En donde, la implementación de la investigación básica con un enfoque aplicado ha facilitado la integración del conocimiento biológico y reproductivo, tanto de los insectos-plagas como de los parasitoides considerados en la presente propuesta. La estrategia planificada para desarrollar y fortalecer los programas de control biológico, permitiendo crear y consolidar la plataforma científica y tecnológica, en el cultivo de arroz.

La ausencia de alternativas tecnológicas eficientes y sostenibles en este rubro, en donde se confirma el control químico de manera unilateral para el manejo de los insectos-plagas, obviando otras opciones de manejo económicamente rentables y amigables con el ambiente, como el control biológico, es un indicador de un manejo poco rentable y sostenible. Razón por la cual, se realizaron investigaciones "básicas-aplicadas" dirigidas a la implementación de protocolos de multiplicación de los parasitoides de huevos *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, en condiciones abióticas controladas, con la finalidad de reducir la población de *S. frugiperda* y *O. insularis*. Las mismas se sustentan en consideración a la inviabilización del embrión del insecto-plaga en la fase de huevo del insecto-plaga, que se considera como el factor clave de mortalidad (Zachrisson *et al.*, 2015; 2016; Zachrisson y Barba, 2019). Específicamente, para el manejo de *O. insularis* en el cultivo del arroz, se enfatiza en el comportamiento del insecto-plaga al alimentarse de granos en la fase de estado lechoso, lo que facilita la succión del contenido interno y consecuentemente provoca el daño conocido como granos vanos. Aunado a este perjuicio, se destaca la inyección de toxinas, que afecta la calidad de molinería. Además, la utilización del control biológico como una medida sostenible de manejo para *O. insularis*, se confirma como una opción viable, a partir de que investigaciones previas que no reportan resistencia varietal a este insecto-plaga, reforzando la implementación del control biológico por medio de parasitoides oófagos.

A partir del desarrollo de programas de control biológico dirigido al manejo de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, en condiciones abióticas controladas (temperatura, humedad relativa y fotofase), se implementaron protocolos de multiplicación para ambos parasitoides, que adecuaron la sistematización de este proceso (Parra, 1997; Zachrisson & Polanco, 2017; Zachrisson, 2014; Zachrisson, Costa & Bernal, 2014; Zachrisson, Polanco & Martínez, 2014). Por lo que, esta propuesta pretende transformar el sistema de multiplicación tradicional de pequeña escala con fines experimentales (Zachrisson, 2014), a una producción masiva que garantice la sustentabilidad de los programas control biológico, a mediano y largo plazo, lo que permitirá evaluar el impacto de estos agentes de control sobre la población de los insectos-plagas, en condiciones de campo. La relevancia del producto que se pretende obtener debe ser coherente con las políticas estatales, que permitan la interacción con empresas nacionales e internacionales con esta finalidad, en Panamá. Por lo que, la sistematización de la producción de ambas especies de parasitoides en condiciones abióticas controladas es considerado un producto "pre-tecnológico", que garantiza la sustentabilidad y el éxito de los programas de control biológico, una vez se ejecuten los estudios de adecuación y posteriormente la transferencia de esta agrotecnología. No obstante, el control de calidad es una fase ineludible en este proceso, que se determina en función de parámetros biológicos y reproductivos, en donde el potencial reproductivo "Tasa de Parasitismo", podrá reducirse en función del número de generaciones de los parasitoides mantenidas y multiplicadas en condiciones abióticas controladas, como consecuencia del endocruzamiento de individuos de la misma especie. Además, la identificación correcta de las especies es fundamental para el éxito de los programas de control biológico de insectos-plagas, así como la discriminación de los biotipos, por medio de la caracterización taxonómica (Querino & Zucchi, 2011) y la secuenciación y análisis molecular de los biotipos (Stouthamer, van Kan, Platner & Pinto, 1999), lo que determinara los haplotipos, en función de la variabilidad genética.

El alcance de los productos obtenidos en los proyectos concluidos, podrán aplicarse en otros rubros agrícolas, destacando que la propuesta presentada, enfatiza el fortalecimiento del programa de control biológico, sirviendo como plataforma tecnológica para la implementación del control biológico, en otros rubros agrícolas. Sin embargo, los aportes recibidos a la fecha han dependido en gran medida de fondos externos principalmente de SENACYT, con el reducido apoyo financiero institucional. A partir del acceso a estos recursos en la última década, se han adquirido los equipos básicos necesarios y se ha habilitado algunas áreas transformadas en laboratorios. Esta

iniciativa ha permitido alcanzar productos relevantes para la línea de investigación desarrollada, sustentando la continuación para la segunda fase del programa establecido, que consistirá en el incremento de la producción de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, consideradas las principales especies de parasitoides oófagos no solo para *S. frugiperda* y *O. insularis*, parasitando un elevado número de especies de Noctuidae y Pentatomidae.

A pesar de los esfuerzos realizados los equipos adquiridos para el laboratorio de entomología del CIAOr-IDIAP, son equipos ópticos (microscopios, microscopios-estereoscopio), cámaras de multiplicación reguladas por factores abióticos (temperatura y fotofase) y balanzas de precisión, entre otros. Además, se ha adquirido durante el periodo previo a esta convocatoria, los insumos descartables como lo que es cristalería (tubos de ensayo, placas Petri de vidrio y de plástico, probetas graduadas, pipetas) y reactivos que incluye alcohol 70%, 90% y "Fine Fix" (preservante a base cloroformo y alcohol). La infraestructura del laboratorio de entomología del CIAOr-IDIAP, posee dos cubículos de trabajo, que consiste en el de manipulación de material y multiplicación de insectos; y la sala de equipos ópticos. En general, la infraestructura de este laboratorio requiere de mantenimiento y es necesario la adición de nuevas áreas de trabajo para poder incrementar la producción de los parasitoides citados previamente (Ver planos de infraestructura en el campo de cotizaciones de la plataforma CENIT). El laboratorio de Protección Vegetal en el CIAC-IDIAP, presenta un inventario de equipo similar y también el estado de la infraestructura requiere de mantenimiento y adecuación, para cumplir con las metas complementarias de este proyecto (Ver planos de infraestructura en el campo de cotizaciones de la plataforma CENIT).

A pesar de que ambos laboratorios están ubicados en diferentes provincias del país, las actividades realizadas se complementarán, ampliando el área geográfica registrando y asociación con otras especies de insectos-plagas de la familia Noctuidae y Pentatomidae, identificando morfológicamente y caracterizando molecularmente las especies y biotipos de los parasitoides oófagos. Por lo que, es oportuno destacar que esta iniciativa, refleja las fortalezas de las actividades de investigación desarrolladas en ambos centros de investigación del IDIAP (CIAOr, CIAC), en función de las ejecutorias, experiencia y trayectoria institucional adquirida en los diversos programas de control biológico. Por lo que, sería relevante para los productores y agro-empresarios concretar la formación de un **"Centro de Excelencia de Control Biológico de Insectos-Plagas", que sirva de referente para América Central**. Esta iniciativa se fundamenta en las ventajas comparativas del IDIAP, con relación a otras instituciones/centros de educación superior dedicadas a la investigación agropecuaria en Panamá y una de las fortalezas es la de tener presencia a nivel nacional e las diferentes áreas de producción de diversos rubros agrícolas. Aunado a este aspecto, el personal técnico especializado en las diferentes disciplinas de las ciencias agropecuarias presenta la capacidad de interactuar interdisciplinariamente, para ofrecer alternativas a la problemática presentada por los productores, en función de las demandas de estos. Además, se destaca la incorporación y formación a nivel de maestría y doctorado en áreas temáticas, disciplinas y especialidades, de investigadores permanentes contratados por la institución, que han sido beneficiados por el programa de "Reinserción de Talento Humano" y por la "Convocatoria de Becas" para realizar estudios de maestría y doctorado, en centros de excelencia académica en el exterior, por SENACYT. El retorno del personal formado en dichos centros de educación superior de excelencia garantiza, la innovación tecnológica en sus áreas de especialidad y la evolución en cuanto al redireccionamiento institucional. La capacidad institucional para interactuar, con importantes organizaciones y centros de investigación internacional, ha permitido el intercambio tecnológico, formación a corto plazo del personal técnico y administrativo, provocando una sinergia positiva para las partes involucradas. En lo concerniente al desarrollo del área temática del proyecto, los programas de control biológico de insectos-plagas, estos se han fortalecido por medio de la participación de los especialistas del área de protección vegetal y entomología, en congresos, reuniones y simposios nacionales e internacionales, en donde se ha destacado la calidad de las presentaciones, ponencias y conferencias. La incorporación de especialistas de estas disciplinas en grupos de investigación con centros y universidades en el exterior, permitió el intercambio de conocimientos generando agrotecnologías innovadoras necesarias para el fortalecimiento de las actividades planteadas. La interacción registrada por la "Dirección de Cooperación Técnica", refleja esta sinergia, en base diversas variables, como es el incremento de la producción científica, que sustenta la plataforma tecnológica institucional. Por último, es pertinente e importante destacar que investigadores activos en el área de protección vegetal y del IDIAP, pertenecen al Sistema Nacional de Investigación (SNI-SENACYT), que se fundamenta en la elevada producción científica y tecnológica, que incluye parámetros que evalúan el perfil del investigador, entre estos patentes y tecnologías transferidas.

El detalle de la información descrita previamente sustenta, que el **tipo de investigación presentada en la propuesta es de "Investigación y Desarrollo" (I+D)**, con la finalidad

de fortalecer el equipamiento especializado y adecuar la infraestructura necesaria, para proporcionar una alternativa viable, sustentable y compatible de manejo de este complejo de plagas, en el cultivo del arroz. No obstante, la necesidad de incrementar la cantidad de parasitoides oófagos, *T. pretiosum* y *Te. podisi*, como medida sustentable que regule la población de *S. frugiperda* y *O. insularis*, indica que el **producto final de la propuesta presentada es "Pre-Tecnológico"**. Este producto tendrá un alcance regional, abarcando zonas agroecológicas con un amplio rango de temperatura, considerando que Panamá es una región que se destaca por su variabilidad climática. Esto se explica en función de la plasticidad y adaptación de los parasitoides oófagos nativos en las diversas zonas agroecológicas de Panamá, cuya temperatura mínima de desarrollo es de 12°C, la óptima varía entre 30 y 32°C; y la máxima es de 34°C (Zachrisson et al., 2019; En Publicación).

## 2. JUSTIFICACIÓN Y PROBLEMA A INVESTIGAR

El carácter innovador de esta propuesta sugiere que la adquisición del equipamiento especializado y adecuación de la infraestructura, que pretende elevar la producción de los parasitoides oófagos, *T. pretiosum*, *Te. podisi*, para posteriormente evaluar su impacto en la reducción de la población de *S. frugiperda* y *O. insularis*, en el agroecosistema arroz. Es relevante la adecuación y ampliación de la infraestructura del laboratorio de Entomología del CIAOr-IDIAP, en vista de que se requiere de dos salas con condiciones abióticas controladas para incrementar significativamente la cantidad de *T. pretiosum* y *Te. podisi*, para evitar la mezcla de las especies de parasitoides estudiadas. Además, como anexo se requiere de una sala contigua para la manipulación de material y realizar las evaluaciones referentes al control de calidad de los parasitoides. En las mismas se colocarán los equipos solicitados, garantizando un ambiente ideal que preserve los mismos. Las modificaciones en el CIAC-Divisa, tiene la particularidad que las adecuaciones se realizarán dentro del espacio considerado en el laboratorio de protección vegetal, albergando los equipos ópticos y los relacionados con el componente molecular, considerando que cada una de las secciones descritas, presentan actividades específicas relacionadas con la naturaleza del proyecto.

La transformación de la producción a pequeña escala a la producción masiva de los parasitoides oófagos, solamente se alcanzará en la medida que se incremente la producción y se optimice el sistema de multiplicación de estas especies. Una vez se cumpla con esta etapa se podrá reducir la aplicación desmedida de insecticidas y evitar la contaminación de las fuentes hídricas y de los suelos de vocación agrícola; considerando principalmente la contaminación crónica y aguda en pobladores que habitan áreas aledañas a las áreas de producción; sin descartar los residuos tóxicos presentes en los productos una vez cosechados. Además, la oferta de esta "agrotecnología limpia", garantiza el equilibrio en los ecosistemas agrícolas, entre los que se destaca el arroz como rubro prioritario para Panamá, evitando la eliminación de las especies de parasitoides, resurgimiento de insectos-plagas, incremento de la población de insectos-plagas secundarias y la resistencia de estos a los insecticidas aplicados reiteradamente, en las áreas de producción. De esta manera, la implementación y establecimiento de los programas de control biológico dirigidos a la fase de huevos (oófagos) de los insectos-plagas, entre estos *T. pretiosum* y *Te. podisi*, representan un interés económico relevante para las empresas internacionales dedicadas a esta actividad. El especial interés en estas especies se destaca en función del elevado número de huéspedes de insectos-plagas claves que parasita, principalmente de la familia Noctuidae (Lepidoptera) y Pentatomidae (Heteroptera) y que causan mermas significativas en los rendimientos de rubros agrícolas de importancia económica, para la región del trópico. Además, ambas especies presentan una capacidad adaptativa a diferentes zonas agroecológicas de Panamá, caracterizadas por una elevada tasa de parasitismo y la adaptación a un amplio rango de temperatura.

No obstante, la reducción de los recursos financieros institucionales, producto de la depresión económica observada en la América Latina, ha afectado el avance programado para concluir las respectivas etapas necesarias, para la implementación de un programa de control biológico de insectos-plagas, en áreas de producción de arroz. Aunado, a esta limitante de orden económico se suma la carencia de fondos de los organismos donantes del CGIAR (organismo que rige los centros internacionales de investigación agrícola), evidenciándose la eliminación de programas de investigación y la reducción de personal especializado. De esta manera, se minimiza las opciones de instituciones/organizaciones donantes que tengan capacidad para financiar propuestas de "Investigación y Desarrollo" (I+D), para la obtención de este producto "pre-tecnológico".

El IDIAP, como ente rector de la investigación agropecuaria en el país, es una institución dedicada principalmente a la investigación y a la transferencia de tecnologías agrícolas, que tiene representación en la mayoría de las áreas productivas de Panamá. Además, el personal técnico especializado en las diferentes áreas de las ciencias agropecuarias, presentan la capacidad de interactuar con diferentes grupos de investigadores, agro-

empresarios y principalmente productores, lo que se refleja en el eficiente proceso de la transferencia de las agrotecnologías generadas para los diferentes rubros. Además, se destaca la incorporación y formación a nivel de maestría y doctorado de investigadores contratados por la institución, en áreas temáticas, disciplinas y especialidades, los cuales han sido beneficiados por los programas de SENACYT de "Reinserción de Talento Humano" y "Convocatorias de Becas" para realizar estudios de maestría y doctorado, en centros de excelencia académica en el exterior. El retorno del personal formado a la institución garantiza, la innovación tecnológica en sus áreas de especialidad y la evolución en cuanto al redireccionamiento institucional. La capacidad institucional para interactuar, con importantes organizaciones y centros de investigación internacional, ha permitido el intercambio tecnológico, formación a corto plazo del personal técnico y administrativo, provocando una sinergia positiva para las partes involucradas. En lo que concierne al desarrollo de los programas de control biológico de insectos-plagas, estos se han fortalecido por medio del intercambio y la participación de los especialistas del área de protección vegetal y entomología, en congresos, reuniones y simposios nacionales e internacionales, destacándose la calidad de las presentaciones, ponencias y conferencias por invitación. La incorporación de especialistas de estas disciplinas en grupos de investigación de centros y universidades en el exterior ha promovido el intercambio de conocimientos, potenciando la generación de agrotecnologías innovadoras, que redundan en el fortalecimiento de las actividades planteadas en la propuesta. La interacción registrada por la "Dirección de Cooperación Técnica", refleja esta sinergia en base diversas variables, como es el incremento de la producción científica, que sustenta la plataforma tecnológica institucional. Por último, es pertinente e importante destacar que investigadores especialistas en el área de protección vegetal del IDIAP, pertenecen al Sistema Nacional de Investigación (SNI-SENACYT), el cual se fundamenta en la elevada producción científica y tecnológica, que incluye la generación de patentes y de variedades de rubros prioritarios para el país. Además, se analizan diversos parámetros que evalúan el perfil del investigador, de manera integral.

El fortalecimiento de equipamiento especializado y la adecuación de la infraestructura necesaria para garantizar la preservación de estos, es una prioridad institucional, para alcanzar los productos presentados en la propuesta, que promueva el éxito de los programas de control biológico de insectos-plagas, que garantizarán la sustentabilidad económica, social y ambiental. Actualmente, la tendencia mundial, está dirigida a la producción de alimentos saludables, libres de residuos tóxicos.

### **3. PERTINENCIA EN RELACIÓN CON EL PLAN ESTRATÉGICO NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (PENCIYT) 2015-2019**

El desarrollo sostenible, contempla en el "Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCIYT, 2015-2019), aspectos relevantes como la conservación de la biodiversidad. Por lo que, la propuesta presentada contribuirá a la conservación de la biodiversidad y a la preservación del equilibrio natural de las interacciones tróficas en los ecosistemas agrícolas. En este sentido, se ofrece alternativas de manejo de los insectos-plagas claves, en el cultivo del arroz, considerando alternativas de manejo como el control biológico de insectos-plagas, que presenta implicaciones positivas para la conservación de los parasitoides evaluados en la propuesta. Además, se destaca la relevancia en cuanto a la problemática ambiental, que se relaciona con mejorar la calidad de vida de la población. A partir de lo enunciado en el PENCIYT (2015-2019), esta propuesta podrá mejorar la calidad de vida de los panameños, en función de la reducción de los residuos tóxicos almacenados en los alimentos y minimizando la contaminación de las fuentes hídricas y de los suelos de vocación agrícola; aspecto que a su vez guarda relación directa con las intoxicaciones crónicas y agudas, en población rural de Panamá. De esta manera, la reducción de los costos de producción utilizando el control biológico como método innovador de manejo para los insectos-plagas objeto de estudio de la propuesta, se reflejará en la medida de que los programas de control biológico se implementen. Por lo descrito anteriormente y en consideración al producto "pre tecnológico" que se obtendrá al concluir la propuesta, se podrá aportar a la seguridad alimentaria, mediante la reducción de los costos de este rubro al consumidor.

La propuesta que es considerada como de "Investigación y Desarrollo" (I+D) y se articula con la inversión del sector privado, debido a la tendencia mundial de producir alimentos libres de "agroquímicos" utilizando métodos inocuos para el manejo racional de los insectos-plagas de interés económico, lo que ha provocado que empresarios nacionales y extranjeros encontrarán un nuevo nicho de mercado, cónsono con las políticas sectoriales y gubernamentales. En este sentido, el PENCIYT (2015-2019) justifica y apoya la creación y el fortalecimiento de una infraestructura científica sólida, que sustente la plataforma tecnológica, que incluye el desarrollo y crecimiento del sector agropecuario, como componente importante de la economía de Panamá. La formación del "talento humano" especializado es una necesidad imperativa para que el sector privado se

fortaleza y es en este sentido que la oportunidad de capacitación del personal técnico se incorpora al mercado laboral, mejorando su calidad de vida y reduce la desigualdad. La vinculación del PENCYT (2015-2019) es coherente con los lineamientos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) y con el "Plan Estratégico Institucional 2017-2030" del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), en donde la competitividad del rubro de manera equitativa, que mediante la concertación de los sectores involucrados permiten a los productores y a la población panameña, reducir los índices de pobreza.

#### **4. BENEFICIOS Y PRINCIPALES BENEFICIARIOS**

La generación de una "agrotecnología limpia", como lo es el control biológico de insectos-plagas utilizando parasitoides oófagos (*T. pretiosum* y *Te. podisi*), inviabiliza el desarrollo del embrión de *S. frugiperda* y *O. insularis*, considerados insectos-plagas claves, en el cultivo del arroz. Razón por la cual, la multiplicación a gran escala garantiza una producción aproximada de 100,000 hembras de *T. pretiosum* por semana y 50,000 hembras de *Te. podisi* por semana, multiplicados en huevos de *Anagasta kuehniella* y de *O. insularis*, respectivamente. A partir del incremento, el ajuste de la producción y la sistematización del proceso de multiplicación de ambos parasitoides, se obtendrá el producto "pre-tecnológico", el cual antecede a la etapa de liberación de *T. pretiosum* y *Te. podisi*, en áreas comerciales de arroz. El beneficio de la propuesta redundará en la transformación de la escala de producción, aumentando la cantidad de parasitoides en condiciones abióticas controladas, a un costo significativamente inferior a la síntesis de un insecticida, que afecta el equilibrio del ecosistema agrícola, propiciando uso indiscriminado y provocando efectos colaterales a la salud humana, ambiente y mermas significativas, de la producción de arroz.

A partir de la implementación de la tecnología generada, mejorará la calidad de vida de por lo menos 1,381 productores, que siembran 60,824 hectáreas de arroz, a nivel nacional. Además, la población rural será favorecida por la implementación de esta tecnología, en vista de que la misma es inocua al hombre y cónsona con la preservación de los ecosistemas agrícolas. Los beneficios citados, se sustentan en función de la incorporación de esta agrotecnología, en los programas de manejo integrado de insectos-plagas (MIP), lo cual promueve la innovación tecnológica que fortalece la visión holística de los programas MIP. En este sentido, la compatibilidad de los diversos métodos de manejo, como la utilización de kairomonas para la atracción de los parasitoides, entre otras innovaciones, las cuales podrán integrarse de manera compatible. Por lo cual, se fortalecerá la plataforma científica y tecnológica de la ciencia y tecnología al servicio del sector agropecuario, mediante el fortalecimiento de los laboratorios de entomología (IDIAP-CIAOr) y protección vegetal (IDIAP-CIAC), por medio equipamientos especializados y de la adecuación de la infraestructura necesaria para generar el producto esperado. Las zonas de producción agrícola beneficiadas, de manera directa corresponde a Panamá Este y a las provincias de Herrera y Los Santos, Panamá. Sin embargo, por la proyección del producto pretecnológico, se tendrá la capacidad de ampliar el impacto en en las diversas áreas agroecológicas del país.

#### **5. IMPACTO ESPERADO**

La tecnología generada, es considerada innovadora en función de la capacidad adaptativa de ambas especies de parasitoides por efecto de la condición climática particular de Panamá, en donde las temperaturas alcanzan 34°C durante todos los meses del año y las estaciones se definen en función de la variación de la precipitación pluviométrica. Asociado a esta condición propia del país, el efecto del "Cambio Climático" o "Variabilidad Climática" ha alterado la periodicidad de la estación seca y la lluviosa, denominándose este fenómeno natural como el "Efecto de la "Niña" y del "Niño". A partir de estas consideraciones se espera un impacto positivo de la utilización de *T. pretiosum* y *Te. podisi*, dirigidas al manejo de *S. frugiperda* y *O. insularis*, dada la adaptación y plasticidad de ambas especies, en las áreas de producción arroceras del país.

##### **5.1. Impacto esperado, en el ámbito de la ciencia:**

El aporte de esta tecnología en el ámbito de la ciencia se sustentará por la transformación de la escala de producción, aumentando significativamente la multiplicación de parasitoides oófagos, aproximadamente 100,000 hembras de *T. pretiosum* por semana y 50,000 hembras de *Te. podisi* por semana, multiplicados en huevos de *Anagasta kuehniella* y de *O. insularis*, con la finalidad de reducir la población de *S. frugiperda* y *O. insularis*. Se destaca que ambas especies presentan un amplio rango de huéspedes, que son considerados insectos-plagas claves, como *Diatraea saccharalis*, *Eriniys ello*, *Heliothis virescens*, *Helicoverpa zea* y *Tuta absoluta*, entre otras especies que atacan diversos cultivos de importancia para Panamá y la región centroamericana. La plasticidad registrada por ambas especies de parasitoides reflejada a través de la asociación "parasitoide-huésped-cultivo", confirman su potencial como agentes prominentes de control biológico. La adaptación evidenciada por ambas especies

de parasitoides, con elevadas "tasa de parasitismo", en zonas agroecológicas que registran temperaturas elevadas que alcanzan 34°C y la temperatura mínima para su desarrollo es de 12°C, lo que sugiere su utilización en diversas zonas geográficas, ampliando el rango de distribución geográfica, en los trópicos. El potencial presentado por los biotipos nativos de *T. pretiosum* y *Te. podisi*, podría servir para establecer iniciativas regionales de investigación. A partir de lo descrito, la propuesta es de "Investigación y Desarrollo" (I+D), presenta un enfoque aplicado a solucionar un problema fitosanitario por medio de la generación de un producto "pre-tecnológico".

### **5.2. Impacto económico-social:**

En Panamá se importan aproximadamente 700 millones de toneladas de plaguicidas, de los cuales el 30% son aplicados en el cultivo del arroz. En donde la aplicación desmedida de estos productos ha provocado daños severos al agroecosistema, afectando a la salud de los pobladores de las áreas de rurales. Por lo que, el beneficio de la propuesta redundará en la transformación de la escala de producción, aumentando la cantidad de parasitoides en condiciones abióticas controladas, a un costo económico significativamente inferior a la síntesis de un insecticida. En donde, la aplicación desmedida de estos productos sintéticos afecta el equilibrio del ecosistema agrícola, propiciando la resistencia de estos insectos-plagas a los insecticidas. Además, de provocar efectos colaterales a la salud humana, la acumulación de residuos en las fuentes hídricas y en los suelos de vocación agrícola, **se destaca las mermas significativas en la producción de arroz**. A pesar del costo inicial de los equipamientos especializados y adecuación de la infraestructura, estos se justifican, como una inversión inicial rentable a mediano y largo plazo, con la finalidad de obtener el producto esperado. Además, de justificar su relevancia debido a la compatibilidad con otros métodos de manejo, inocuidad a humanos y la **rentabilidad económica**.

Aunado a este a este aspecto, la implementación del control de calidad, deben realizarse con la finalidad de obtener individuos multiplicados en condiciones abióticas controladas, presenten características biológicas, reproductivas y comportamentales, semejantes a los parasitoides encontrados en las parcelas comerciales de arroz. La deficiencia en la calidad de este producto "pre-tecnológico", repercutirá en la reducción de la eficiencia en el manejo racional del complejo de insectos-plagas evaluados en la propuesta. Por lo que, la presente propuesta pretende favorecer la rentabilidad de este rubro, reduciendo el número de aplicaciones dirigidas al complejo de insectos-plagas evaluados, lo que conlleva a mejorar la calidad de vida de los productores involucrados directa e indirectamente en esta actividad productiva. Aunado a esta condición de índole económico que impacta el componente social, se destaca la oferta de productos inocuos y de calidad, lo que es coherente con la tendencia mundial actual.

Los beneficios de este producto "pre-tecnológico" innovador, podrá favorecer a 1,381 productores que siembran 60,824 hectáreas y a 1,509 agro-empresarios. El auge adquirido por el control biológico de macro (depredadores y parasitoides) y micro-organismos (agentes entomopatógenos), en las últimas dos décadas se ha fortalecido en base a la generación de productos "pre-tecnológicos", enmarcadas dentro de las tecnologías en el contexto de la "Agricultura 4.0". Los avances citados han propiciado la creación de nuevos nichos de mercado dentro del sector productivo agrícola, tomando en consideración algunas iniciativas desarrolladas en Europa y América del Sur (Brasil y Colombia), como es el desarrollo de "Biofabricas" o empresas vinculadas a la producción de agentes biológicos, entre los que se destacan *T. pretiosum* y *Te. podisi*. Esta iniciativa debería implementarse en Panamá, con estas especies nativas y a través sinergias propiciar el establecimiento de empresas extranjeras y nacionales dedicadas a esta actividad y crear nichos de trabajo especializado.

### **5.3. Impacto Ambiental:**

La reducción de la contaminación de las fuentes hídricas, destacando los principales afluentes de Panamá, se localizan en las provincias de Chiriquí, Herrera, Veraguas, Coclé y Panamá, coincidiendo con las áreas de mayor producción del país. Además, la relevancia de la preservación de la macro y micro-fauna edáfica en los suelos destinados a la producción de arroz, que mantienen y preservan la calidad de los suelos. De esta manera, los impactos económicos y sociales no se desvinculan del ambiental, considerando la interacción directa e indirecta que existe entre ambos; y que a su vez redundará en la calidad de vida de 122,857 personas que habitan en el área de intervención del proyecto. No menos importante es el desequilibrio poblacional del complejo de insectos-plagas, entre estas *S. frugiperda* y *O. insularis*, las cuales interactúan con el complejo de "enemigos naturales" especialmente con los parasitoides oófagos, reportados en las áreas de producción de arroz. Otras consecuencias relevantes productos de la aplicación irracional de insecticidas, es la eliminación del complejo de especies de "enemigos naturales" y específicamente de los parasitoides oófagos, *T. pretiosum* y *Te. podisi*. La resurgencia de los insectos-plagas secundarios, que una vez se eliminan las que son consideradas claves o de importancia económica ocupan su nicho ecológico, reduciendo los rendimientos y como consecuencia de la aplicación de

insecticidas de amplio espectro, se incrementan los costos de producción. No menos importante es la resistencia de los insectos-plagas a los insecticidas, que son aplicados de manera reiterada en las áreas de producción arroceras.

#### **5.4. Fortalecimiento de la plataforma científica y tecnológica:**

La integración de la investigación básica para sistematizar la producción masiva de los parasitoides oófagos, ofrece alternativas eficientes e inocuas al hombre y que regulan la población de los insectos-plagas en los ecosistemas agrícolas, lo cual genera un producto "pre-tecnológico" que presenta un potencial y alcance regional, en función de sus características biológicas y reproductivas. La interdisciplinariedad evidenciada a través del soporte técnico de especialistas y profesionales con "expertise" en técnicas moleculares, facilita la interpretación adaptativa de los parasitoides oófagos a las diversas zonas agroecológicas, en Panamá y la región centroamericana. Esto es el resultado de la sinergia descrita anteriormente entre especialistas de la misma institución, como es el caso de la propuesta presentada. No obstante, el intercambio de conocimientos y tecnologías, por medio de grupos de investigación sean estos nacionales e internacionales, refuerza la base de la ciencia y la tecnología, por medio de la sinergia que resultará en grupos de investigación. El mejor ejemplo es la interacción de profesionales actuando con instituciones y centros de estudio superior internacionales, como la Universidad Estadual Paulista (UNESP) con sede en Botucatu, Brasil, Universidad Federal de Espirito Santo (UFES), con sede en Alegre, Brasil y organismos internacionales como CABI dedicado principalmente a la divulgación y transferencia de estrategias de control biológico, lo cual fortalece la investigación básica-aplicada y la innovación, en Panamá. Por lo que, estas iniciativas redundarán en la proyección internacional el alcance de la investigación y los productos generados, en beneficio del sector agropecuario nacional.

La capacidad instalada en el laboratorio de entomología del Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr) del IDIAP, ubicada en Chepo, Panamá y el laboratorio de protección vegetal, con sede en el Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC), en Divisa ha formado y capacitado personal especializado en el control biológico de plagas, promoviendo el entrenamiento de a estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá en la modalidad de "Práctica Profesional" y apoyar en el curso de control biológico de insectos de la maestría en entomología de la vicerrectoría de Investigación y Postgrado (VIP) de la Universidad de Panamá. La totalidad de las acciones citadas, se realizan periódicamente, como garantía de la actualización sistemática de la investigación e innovación, nacional.

## **6. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **Objetivo general**

Fortalecer por medio de equipamientos especializados la multiplicación y la evaluación del control de calidad de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi* en condiciones abióticas controladas, como alternativa biológica de manejo de *Spodoptera frugiperda* y *Oebalus insularis*.

### **Objetivos específicos**

- Fortalecer la multiplicación masiva de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi* en condiciones abióticas controladas, utilizando equipamientos especializados.
- Fortalecer por medio de equipamientos especializados, el control de calidad de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, multiplicados masivamente en condiciones abióticas controladas.
- Fortalecer los estudios de distribución geográfica y la interacción "parasitode-huesped" de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, en los ecosistemas agrícolas de Panamá, por medio de equipos especializados.
- Fortalecer por medio de equipos especializados la caracterización y variabilidad genética de los biotipos de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, en los ecosistemas agrícolas de Panamá.

## **7. COLABORADORES DEL PROYECTO**

### **Investigador principal (IP): Bruno Zachrisson**

Descripción de actividades a realizar, principales responsabilidades y vinculación institucional: Coordinar las acciones técnicas y administrativas, pertinentes a la ejecución del proyecto. Seguimiento de las actividades del proyecto. Ejecutar las actividades de investigación, planificarlas y desarrollarlas. (Multiplicar e incrementar la producción de los parasitoides oófagos, en condiciones abióticas controladas). Redacción del proyecto en extenso para la dirección nacional de planificación, en IDIAP. Redacción

del plan de trabajo de la propuesta, a la dirección de I+D de SENACYT. Redacción y entrega de informes trimestrales y técnicos anuales (ITA), a la dirección del programa PIIGERB. Redacción y entrega de informes anuales de avance, a la dirección de I+D de SENACYT. Redacción y entrega del informe final de proyecto, a la dirección de I+D de SENACYT. Redacción y presentación de ponencias y conferencias, en simposios y congresos internacionales. Divulgación formal e informal de los resultados generados en el proyecto. IDIAP: Investigar y transferir tecnologías agropecuarias, en las áreas de producción, Panamá.

Dedicación mensual: 40%.

**Co-investigador 1 (Co-IP 1): Anovel Barba**

Descripción de actividades a realizar, principales responsabilidades y vinculación institucional: Ejecutar las actividades de investigación asignadas. (recolección y georreferenciación en campo, identificación del huésped en condiciones de laboratorio, preparación, montaje y fotografiar las estructuras morfológicas que caracterizan las especies de los parasitoides oófagos (*T. pretiosum* y *Te. podisi*). Redacción y entrega de informes trimestrales y técnicos anuales (ITA), a la dirección del programa PIIGERB. IDIAP: Investigar y transferir tecnologías agropecuarias, en las áreas de producción, Panamá.

Dedicación mensual: 25%.

**Co-investigador 2 (Co-IP 2): Jose Angel Herrera Vasquez**

Descripción de actividades a realizadas, principales responsabilidades y vinculación institucional: Ejecutar las actividades de investigación asignadas. (Caracterización molecular y análisis de la variabilidad genética de los biotipos de los parasitoides oófagos estudiados (*T. pretiosum* y *Te. podisi*). Redacción y entrega de informes trimestrales y técnicos anuales (ITA), a la dirección del programa PIIGERB. IDIAP: Investigar y transferir tecnologías agropecuarias, en las áreas de producción, Panamá.

Dedicación mensual: 25%.

**Asistentes de Laboratorio CIAOr:**

*Pedro Osorio*

Apoyo a las actividades de investigación asignadas. (Recolección de material en campo, mantenimiento de la colonia de insectos-plagas /*Anagasta kuehniella*, *Oebalus insularis*/, en condiciones abióticas controladas). IDIAP: Investigar y transferir tecnologías agropecuarias, en las áreas de producción, Panamá.

Tiempo de dedicación al proyecto tanto en campo, como en laboratorio. (30% de dedicación).

*Guadalupe Gutierrez*

Apoyo a las actividades de investigación asignadas. (Recolección de material en campo, mantenimiento de la colonia de insectos-plagas /*Anagasta kuehniella*, *Oebalus insularis*, en condiciones abióticas controladas). IDIAP: Investigar y transferir tecnologías agropecuarias, en las áreas de producción, Panamá.

Tiempo de dedicación al proyecto tanto en campo, como en laboratorio. (30% de dedicación).

*Onesio Martínez*

Apoyo a las actividades de investigación asignadas. (Recolección de material en campo, mantenimiento de la colonia de insectos-plagas /*Anagasta kuehniella*, *Oebalus insularis*/, en condiciones abióticas controladas). IDIAP: Investigar y transferir tecnologías agropecuarias, en las áreas de producción, Panamá.

Tiempo de dedicación al proyecto tanto en campo, como en laboratorio. (30% de dedicación).

## **8. METODOLOGÍA**

### **Materiales y métodos**

Actividad 8.1. Multiplicación de *Trichogramma pretiosum* y *Oebalus insularis*, en condiciones abióticas controladas. (Unidad Laboratorio de Entomología-CIAOr)

#### 8.1.1. Multiplicación de *Trichogramma pretiosum*

A partir de tres biotipos de *T. pretiosum*, fueron recolectados en posturas de *Diatraea saccharalis* y *Spodoptera frugiperda*, en áreas libres de la aplicación de insecticidas en parcelas de arroz, ubicadas en las localidades de Tanara, Panamá, Río Hato y El Coco, Coclé, se estableció la fase inicial de la multiplicación en cámaras climatizadas reguladas a 28°C de temperatura, 80% de humedad relativa y fotofase de 12 horas, manteniendo constante los factores abióticos mencionados. Posterior a la emergencia de los parasitoides a los 11 días, se ofrecieron huevos de *Anagasta kuehniella*, los cuales fueron multiplicados en dieta seca a base de harina de trigo y levadura, en una proporción de 90:10, de acuerdo a la metodología citada por Parra (1997). Sin embargo, el proceso de pesaje de la dieta seca no era preciso y la producción de huevos y posteriormente de adultos de *A. kuehniella* variaba significativamente lo que impedía la sistematización del proceso de multiplicación del parasitoide. Razón por la cual se requiere de una balanza de precisión de 16,200 g. aunado a este aspecto la cantidad de cámaras climatizadas debidamente reguladas con los factores abióticos constante, lo que limitó el incremento de la producción de huevos de *A. kuehniella* que es el huésped alternativo utilizado para la multiplicación de *T. pretiosum*. De esta manera, la escala de la producción solo permitió realizar experimentos para determinar los parámetros biológicos, reproductivos y de comportamiento del parasitoide, con la finalidad de que los resultados obtenidos sustentarán técnicamente el protocolo de multiplicación de *T. pretiosum*, como consecuencia la sistematización, la producción es considerada a pequeña escala, cuya producción promedio por mes es de 6 g, que corresponde aproximadamente 96,000 huevos por mes. Por esta razón, se justifica la adecuación y ampliación del laboratorio de entomología, en donde uno de los cubículos de producción con dimensiones de 12 m<sup>2</sup>, el cual se regulará a los factores abióticos considerados previamente, permitiendo alcanzar la producción establecida de 100,000 adultos *T. pretiosum* por semana. En consideración al protocolo establecido periódicamente se controlará la asepsia del sistema de multiplicación con la dieta seca, que podría infestarse con ácaros, lo cual reduce la cantidad de huevos de *A. kuehniella*, por lo que es primordial la utilización de deshumidificadores en cada uno de los cubículos de multiplicación, así como en el área de manipulación de insectos y parasitoides. Las regulaciones de seguridad de los usuarios del laboratorio de entomología, exige para el manejo de reactivos una campana de extracción de gases.

A partir de las sinergias con los diferentes colaboradores externos al IDIAP, entre estos los estudiantes de pre y posgrado de la Universidad de Panamá, que realizan tesis de grado en el laboratorio de entomología se requiere de equipos ópticos (1 microscopio y 2 estereoscopios); además de material descartable de uso diario como botellas de lavado, papel filtro, rollos de Parafilm para sellar las placas Petri de plástico y de vidrio, en donde se colocan las masas de huevos de los insectos-plagas, parasitados por *T. pretiosum* una vez estos son recolectados en campo. El cubículo para la manipulación de insectos es reducido, por lo que se considera la adecuación de un cubículo que tenga acceso directo a la sala de multiplicación de *A. kuehniella* y *T. pretiosum* (Ver croquis anexo a las cotizaciones). El mobiliario del área de manipulación de insectos y parasitoides fue requerido y los anaqueles que servirán para colocar las bandejas *A. kuehniella* y las jaulas de adultos de *T. pretiosum*, en el interior del cubículo de multiplicación.

#### 8.1.2. Multiplicación de *Oebalus insularis*, en condiciones abióticas controladas.

A la fecha se han registrado en el laboratorio seis biotipos de *O. insularis*, provenientes de Juan Hombrón, Coclé y de Chepo, Panamá, las cuales se recolectaron en parcelas de arroz, libre de la aplicación de insecticidas y de herbicidas y se estableció la fase inicial de la multiplicación en cámaras climatizadas reguladas a 28°C de temperatura, 80% de humedad relativa y fotofase de 12 horas, manteniendo constante los factores abióticos mencionados. Posterior a la recolección de huevos de *O. insularis* en campo, se procedió al traslado de estos al laboratorio de entomología del IDIAP-CIAOr y se transfirieron a placas Petri selladas con Parafilm y posteriormente a las cámaras climatizadas con condiciones abióticas reguladas a 28°C de temperatura, 80% de humedad relativa y 12 horas de fotofase de 12 horas. Los insectos son alimentados con dietas artificiales del tipo "merídica", que contienen dextrosa, sucrosa y lactosa, aminoácidos, anticontaminantes y granos de arroz liofilizados, entre otros componentes (Zachrisson, 2014). Por lo citado y debido a los requerimientos para la preparación de la dieta artificial se requiere de agua destilada. El proceso de oviposición se realiza en envases de plásticos con papel filtro en su base, en donde se coloca cintas de papel toalla como sustrato de oviposición y el alimento suministrado a los adultos, es una solución a base de miel y maní. El protocolo de multiplicación de adultos de *O. insularis* requiere de la obtención de huevos del insecto, ofrecidos a *Te. podisi* durante 24 horas y en función de esta metodología se ha alcanzado 47,000 adultos por mes. De manera semejante a la

multiplicación de *T. pretiosum*, para aumentar la cantidad de adultos de *Te. podisi* a los niveles requeridos para realizar liberaciones en campo, es necesario un cubículo destinado tanto a la multiplicación del insecto-plaga como del parasitoide, para este fin se requiere de un cubículo de producción con dimensiones de 12m<sup>2</sup>, en donde se regulará los factores abióticos considerados previamente (Ver croqui-Lab. Entomología-IDIAP-CIAOr / en cotizaciones). Las áreas de manipulación de insectos son comunes y se destacan dos cubículos de producción masiva, el de *T. pretiosum* y *Te. podisi*.

*Actividad 8.2. Control de calidad de Trichogramma pretiosum y Telenomus podisi, multiplicados masivamente en condiciones abióticas controladas. (Unidad Laboratorio de Entomología-CIAOr)*

En función del confinamiento por más de siete y catorce generaciones, para *T. pretiosum* y *Te. podisi*, la reducción de la capacidad de copula, el numero de la progenie, la longevidad de las hembras, la capacidad de locomoción y de vuelo, son afectadas reduciendo también la tasa de parasitismo. Razón por la cual, se requiere periódicamente evaluar los parámetros biológicos y reproductivos de ambos parasitoides, con esta finalidad se requiere de un área de manipulación de insectos y de cámaras climatizadas reguladas a las condiciones abióticas citadas anteriormente. Además de los insumos descartables diarios y la cristalería ya mencionada, como lo son los tubos de ensayos, placas Petri de vidrio, entre otros.

*Actividad 8.3. Identificación y distribución geográfica de especies e/o biotipos de Trichogramma pretiosum y Telenomus podisi, asociados a los cultivos de tomate, arroz y maíz, en la región de Azuero, Panamá. (Unidad Laboratorio de Entomología-CIAC)*

Es importante destacar que los equipos adquiridos tendrán un cubículo definido, para su ubicación dentro del laboratorio de protección vegetal del CIAC. Por lo tanto, todas las modificaciones se realizarán en la infraestructura ya construida y solo se realizarán modificaciones en los espacios descritos en el croquis (CIAC-en cotizaciones). Los diversos ecosistemas agrícolas del país podrán influir en la distribución geográfica de los parasitoides oófagos evaluados en esta propuesta. En donde la interacción "parasitoide-huesped" podría depender del cultivo y de las características de los huevos; además de la etapa fenológica que asocia a cada uno de los insectos-plagas. Por tal motivo, es imperativo la identificación correcta de la especie del parasitoide, mediante un equipo óptico que reúna las condiciones ideales. Por las regulaciones internacionales, es prohibido por ley enviar insectos a algunos países, situación que impide la confirmación de las especies de insectos y en este caso de parasitoides, por parte de las autoridades en los grupos taxonómicos de su dominio. Por esta razón, la necesidad de incorporar a los equipos ópticos cámaras fotográficas de alta resolución, de manera que las estructuras requeridas para la identificación de la especie se observé con precisión.

A partir de lo comentado, se determinará la identificación de especies nativas *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y se obtendrán las muestras en función del protocolo definido posteriormente.

Obtención de muestras: Provenientes de huevos parasitados por *Trichogramma* y/o *Telenomus podisi*, en los principales cultivos de la región de Azuero, entre estos, arroz, maíz, tomate. Las muestras de huevos parasitados se trasladarán al laboratorio de Protección Vegetal, del Centro de Investigación Agropecuaria Central, para posteriormente observarse en el estereomicroscopio Leica M125, LAS, Software versión 4.12.0. Los huevos parasitados serán colocados en la cámara climatizada (Panasonic MLR – 352) regulados a 25 ± 1° C de temperatura, humedad relativa de 70 ± 10% y fotoperiodo de 12:12 h L: O (Cabezas et al 2013), hasta que ocurra la emergencia del parasitoide para ser transferidos a viales con alcohol al 70 %.

Montaje de especímenes: Se utilizará el protocolo de montaje de García y colaboradores (2005). El cual consiste en la clarificación de los insectos con KOH al 10 % durante tres horas, se enjuagaran en agua destilada, se colocaran en portaobjeto y deshidrataran colocando cuatro avispietas en forma ventral sobre la mitad de un portaobjetos con un trocito de papel saturado con alcohol al 10 % más Tritón X 100, colocando un cubreobjetos 11.0 x 11.0 mm, posteriormente se deshidrataran en gradiente de alcoholes 20, 40, 60, 80, 95 %. Luego se transferirán a un pequeño recipiente de vidrio con esencia de aceite de clavo. El pre- montaje de los especímenes se realizará sobre portaobjetos sobre una pequeña gota de bálsamo de Canadá diluido (seis partes de bálsamo de Canadá más cuatro partes de esencia de aceite de clavo). Las preparaciones se transferirán a una estufa a 40°C para secarlas. Cada preparación se le colocará otra pequeña gota de bálsamo de Canadá y un cubreobjetos de 5.5 x 5.5 mm y se transferirán a una estufa a 40°C, secadas durante cinco días y posteriormente utilizar la determinación de la especie.

Determinación de especies: las laminillas de cada muestra se revisaran detalladamente por medio de un microscopio Leica DM 3000 con objetivo de 40 x, se considerarán las características morfológicas distintivas de las especies, principalmente del macho, la

cápsula genital, antenas y alas posteriores, siguiendo las claves de Pinto (1998), Pinto et al. (1993 y 1986). Se tomarán fotografías digitales de especímenes representativos con Cámara MC170 HD diseñada para microscopia con sensor Aptina 1/2.3" CMOS de 5.0 megapíxeles 2592x1944 y un pixel de 2.35µm x 2.35µm. Los insectos de *Trichogramma* serán depositados en la Colección de Insectos Benéficos del laboratorio de Protección Vegetal del Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC).

*Actividad 8.4 Caracterización y variabilidad genética de las especies y biotipos de Trichogramma pretiosum y Telenomus podisi, en los ecosistemas agrícolas de Panamá. (Unidad Laboratorio de Entomología-CIAC)*

La discriminación de las razas ó haplotipos de las especies de *Trichogramma* y, serán realizada por medio de técnicas moleculares descritas a seguir y definidas en las siguientes etapas:

*a. Extracción de ADN*

En principio, la extracción de ADN de los parasitoides se realizará con la ayuda del método de Chelex (Almeida, 2004).

*b. Amplificación por PCR*

En principio, se utilizarán los iniciadores ITS2-d (5'-TGTGAACTGCAGGACACATG-3') y ITS2-r (5'-GTCTTGCCTGCTCTGCTCTGAG-3'), los cuales amplifican un fragmento de la región de los espaciadores internos transcritos 2 (ITS2) (Stouthamer et al., 1999). Adicionalmente, se prevé utilizar los iniciadores LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') y HCO2198 (5'-TAACTTCAGGGTGACCAAAAATCA-3'), los cuales amplifican un fragmento del gen mitocondrial de la citocromo oxidasa c subunidad I (COI) (Folmer et al., 1994). Los productos de PCR serán separados mediante la técnica de electroforesis en geles de agarosa, mientras que los fragmentos de ADN serán visualizados con la ayuda de un transiluminador de luz UV.

*c. Secuenciación y análisis*

Para confirmar la identidad de los parasitoides, los productos de PCR serán secuenciados por la empresa MacroGen. Las secuencias obtenidas serán comparadas con secuencias de parasitoides disponibles en la base de datos del GenBank del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI) (<http://ncbi.nlm.nih.gov/>), con la ayuda del instrumento de búsqueda de alineamientos locales básicos (BLAST) (Altschul et al., 1997). Las secuencias serán alineadas con el programa CLUSTAL (Larkin et al., 2007), mientras que los árboles filogenéticos serán generados con el programa MEGA (Kumar et al., 2018).

## **9. Actividades a desarrollar por etapa**

Para efectos del desarrollo de los estudios propuestos, este proyecto se ha dividido en 2 etapas, tal como se describe a continuación:

### **9.1. Actividades de la Etapa I (duración en meses: 12)**

- 9.1.1. Multiplicación de *Trichogramma pretiosum* y *Oebalus insularis*, en condiciones abióticas controladas: Multiplicar masivamente los parasitoides *Trichogramma pretiosum* y *Oebalus insularis*, considerando sus respectivos huéspedes, para alcanzar la población necesaria a liberarse en campo.
- 9.1.2. Control de calidad de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, multiplicados masivamente en condiciones abióticas controladas: Evaluar la capacidad biológica, reproductiva y de dispersión, de ambos parasitoides. De manera, que se asemejen a los encontrados en las parcelas experimentales y de producción.
- 9.1.3. Identificación y distribución geográfica de especies e/o biotipos de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, asociados a los cultivos de tomate, arroz y maíz, en la región de Azuero, Panamá: Identificar biotipos de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, asociados a los cultivos de tomate, arroz y maíz, adaptados a otras zonas agroecológicas. Se amplía la distribución de ambos parasitoides, los cuales podrán presentar variaciones biológicas y reproductivas, representativas de otros biotipos. Por lo que, se posibilita su uso en otros rubros agrícolas.
- 9.1.4. Caracterización y variabilidad genética de las especies y biotipos de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, en los ecosistemas agrícolas de Panamá: Discriminar por medio de la caracterización y variabilidad genética

de ambos parasitoides y/o biotipos, en función de las zonas agroecológicas evaluadas. Esto complementará la capacidad de ofrecer una respuesta eficiente, para el manejo de los insecto-plagas consideradas en la propuesta.

## **9.2. Actividades de la Etapa II (duración en meses: 12) (Actividades de Continuidad)**

- 9.2.1. Multiplicación de *Trichogramma pretiosum* y *Oebalus insularis*, en condiciones abióticas controladas: Multiplicar masivamente los parasitoides *Trichogramma pretiosum* y *Oebalus insularis*, considerando sus respectivos huéspedes, para alcanzar la población necesaria a liberarse en campo.
- 9.2.2. Control de calidad de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, multiplicados masivamente en condiciones abióticas controladas: Evaluar la capacidad biológica, reproductiva y de dispersión, de ambos parasitoides. De manera, que se asemejen a los encontrados en las parcelas experimentales y de producción.
- 9.2.3. Identificación y distribución geográfica de especies e/o biotipos de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, asociados a los cultivos de tomate, arroz y maíz, en la región de Azuero, Panamá: Identificar biotipos de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, asociados a los cultivos de tomate, arroz y maíz, adaptados a otras zonas agroecológicas. Se amplía la distribución de ambos parasitoides, los cuales podrán presentar variaciones biológicas y reproductivas, representativas de otros biotipos. Por lo que, se posibilita su uso en otros rubros agrícolas.
- 9.2.4. Caracterización y variabilidad genética de las especies y biotipos de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, en los ecosistemas agrícolas de Panamá: : Discriminar por medio de la caracterización y variabilidad genética de ambos parasitoides y/o biotipos, en función de las zonas agroecológicas evaluadas. Esto complementará la capacidad de ofrecer una respuesta eficiente, para el manejo de los insecto-plagas consideradas en la propuesta.

## **10. RESULTADOS**

Como resultado de la ejecución de las actividades descritas en la sección anterior, se espera obtener los siguientes productos:

### **10.1. Resultados de la Etapa I**

- 10.1.1. Disponer de por lo menos 50,000 adultos por semana de *Trichogramma pretiosum* y de *Telenomus podisi* por semana, para las liberaciones del parasitoide oófago de *Spodoptera frugiperda* y *Oebalus insularis*, respectivamente, en parcelas experimentales de arroz.
- 10.1.2. Disponer de por lo menos 50,000 adultos por semana de *Trichogramma pretiosum* y de *Telenomus podisi* por semana, para las liberaciones del parasitoide oófago de *Spodoptera frugiperda* y *Oebalus insularis*, respectivamente, con características biológicas, reproductivas y de dispersión semejantes a las encontradas en las parcelas experimentales de arroz.
- 10.1.3. Identificar y georreferenciar la localización de por lo menos 10 especies y/o biotipos de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, asociados a los cultivos de tomate, arroz y maíz.
- 10.1.4. Caracterizar y definir la variabilidad genética de por lo menos 10 especies e/o biotipos de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, asociados a los cultivos de tomate, arroz y maíz.

### **10.2. Resultados de la Etapa II (Representativos de las actividades de continuidad)**

- 10.2.1. Disponer de por lo menos 50,000 adultos por semana de *Trichogramma pretiosum* y de *Telenomus podisi* por semana, para las liberaciones del parasitoide oófago de *Spodoptera frugiperda* y *Oebalus insularis*, respectivamente, en parcelas experimentales de arroz.
- 10.2.2. Disponer de por lo menos 50,000 adultos por semana de *Trichogramma pretiosum* y de *Telenomus podisi* por semana, para las liberaciones del parasitoide oófago de *Spodoptera frugiperda* y *Oebalus insularis*, respectivamente, con características biológicas, reproductivas y de

dispersión semejantes a las encontradas en las parcelas experimentales de arroz.

- 10.2.3. Identificar y georreferenciar la localización de por lo menos 10 especies y/o biotipos de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, asociados a los cultivos de tomate, arroz y maíz.
- 10.2.4. Caracterizar y definir la variabilidad genética de por lo menos 10 especies e/o biotipos de *Trichogramma pretiosum* y *Telenomus podisi*, asociados a los cultivos de tomate, arroz y maíz.

## **11. ESTRATEGIA DE DIVULGACIÓN DEL PROYECTO**

La divulgación de los resultados obtenidos en cada una de las etapas de investigación, descritas anteriormente en la metodología, se realizará semestralmente a través de charlas informales y formales, dirigidas a productores y agro-empresarios, en la sede del IDIAP-CIAOr, como beneficiarios directos de esta agrotecnología. La iniciativa planteada también considera pasantías cortas de estudiantes de la facultad de Ciencias Agropecuarias, tesistas de pregrado de la facultad de Ciencias y de la maestría en entomología de la Universidad de Panamá, que utilizando el método "Aprender-Haciendo" adquieren los conocimientos necesarios para la implementación de las técnicas generadas para la multiplicación de parasitoides oófagos de insectos-plagas en el cultivo del arroz. Estos eventos permitirán difundir, popularizar y sensibilizar a los actores involucrados directamente en la actividad productiva del rubro del arroz. Además, anuente de la necesidad de crear una conciencia crítica en la academia y fortalecer la plataforma científica y tecnológica del país, se pretende interactuar con otros centros de investigación agropecuaria internacionales (EMBRAPA) y universidades nacionales y extranjeras utilizando mecanismos de cooperación institucional. Las acciones que involucran el intercambio entre docentes e investigadores nacionales se realizarán aprovechando los congresos y simposios, entre estos el "Congreso de Ciencia y Tecnología" a celebrarse en octubre de 2020, "Congreso Científico" organizado por la Universidad de Panamá periódicamente una vez por año. El intercambio a nivel internacional, que involucra la interacción con investigadores y docentes internacionales, se dará dentro del marco del "Congreso Brasileiro de Entomología" que se realizará Fortaleza, Brasil del 31 de agosto al 3 de septiembre de 2021. La participación de eventos de divulgación de los resultados de proyecto dirigido a la comunidad científica para el 2021, contempla la participación en el "Simposio de Control Biológico" (SICONBIOL) organizado por la Sociedad Brasileira de Entomología (SEB), la cual se realizará en Petrolina, Brasil y el "Congreso Americano de Entomología" se realizará en Denver, Colorado, Estados Unidos, del 31 de agosto al 3 de noviembre de 2021.

La interacción entre la actividad de investigación y docente, ha facilitado la vinculación con ambos sectores, fortaleciendo la plataforma tecnológica y científica, por medio de la divulgación de los resultados de investigación como material de aula y de esta manera crear una masa crítica en los estudiantes de maestría en entomología de la Universidad de Panamá. De manera semejante, como profesor de control biológico de la Universidad Paulista "Mesquita Filho" con sede en Botucatu, São Paulo, Brasil, permite mantener la relación directa con colegas de la especialidad y empresarios de Koppert S.A. considerada la mayor compañía del mundo en la producción de agentes biológicos y la principal sede en América Latina se encuentra ubicada en Piracicaba, São Paulo, Brasil. La sinergia existente entre Koppert S.A. y la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), que corresponde al campus de agronomía de la Universidad de São Paulo, ha permitido que Brasil sea considerado como una potencia en esta especialidad. Por lo cual la participación de especialistas panameños en esta área temática es fundamental para el fortalecimiento del control biológico, como una alternativa eficiente e inocua para el manejo de los insectos-plagas, en diversos cultivos de interés económico para el país y la región centroamericana. El evento de conclusión del proyecto consiste en la presentación de los resultados finales del proyecto, en donde se invita a los actores involucrados en el tema y representante del organismo donante, en este caso representantes de SENACYT. La relevancia de estas actividades es la de promover el debate y divulgar el conocimiento y la tecnología generada, confirmando su alcance a la sociedad; que también deberá interactuar con grupos de investigación nacionales. El impacto de esta agrotecnología, además de ampliar su ámbito geográfico y de acción, que comprende Panamá Este, las provincias de Herrera y Los Santos, podrá proyectarse en las diversas áreas de producción en donde se presenten ataques severos de *S. frugiperda* y *O. insularis*. Debido a la sustentabilidad de la el producto final alcanzado en esta propuesta, se tendrá la capacidad de utilizar de los agentes macrobiológicos (*T. pretiosum* y *Te. podisi*) para el manejo de la población de individuos de la familia Noctuidae y Pentatomidae, las cuales agrupan un número elevado de insectos-plagas de otras especies. Por lo que, se promoverá y difundirá la aplicación de ambos agentes macrobiológicos (*T. pretiosum* y *Te. podisi*), en el manejo sustentable de importantes rubros agrícolas para Panamá. El alcance de los productos finales obtenidos, coincide con una nueva era para el manejo de

insectos-plagas, decorrente de la reducción de insecticidas tradicionalmente aplicados en Panamá y en el mundo, cuya acción afecta a la población de las abejas como agentes polinizadores. Restricciones por parte de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), han confirmado la exclusión de insecticidas comerciales e ingredientes activos de los mercados Internacionales, comúnmente aplicados en cultivos de importancia económica. Por lo que, la divulgación de estas innovaciones agrotecnológicas, en reuniones, simposios, foros de discusión y días de campo, entre otros eventos, promueven y fortalecen la formación de productores líderes y estudiantes de pre y posgrado. El escenario es propicio para la apertura de nuevos nichos de mercado y oportunidades para especialistas en esta área temática, considerando alianzas estratégicas con importantes empresas dedicadas a la multiplicación y soporte técnico del control biológico (agentes macrobiológicos, microbiológicos). Lo cual justifica la divulgación de los logros en el tema. El impacto del producto generado, también tiene la capacidad de fortalecer la plataforma científica y tecnológica, por medio de la publicación de **dos (2) artículos científicos en revistas indexadas con factor de impacto elevado y alcance internacional**. Aunado a esta actividad de divulgación de los productos pre tecnológicos y tecnológicos generados, se podrá sustentar y justificar a mediano plazo, la implementación de un centro de referencia regional de control biológico de insectos-plagas. El alcance de este centro de investigación e innovación, considerará la producción de macro y microbiológicos ampliando su portafolio de opciones sostenibles; además de ofrecer charlas técnicas y asesorías a productores, agroempresarios y usuarios. No menos importante, es la generación de productos científicos y tecnológicos, para el manejo racional de insectos-plagas invasoras, por medio de macrorganismos nativos (parasitoides y depredadores) o importados, este último por medio de programas de control biológico clásico. A partir de las actividades realizadas, se obtendrán plegables y boletines técnicos, que sustenten los productos finales de la investigación e innovación generadas.

## 12. CONSIDERACIONES ESPECIALES (SI APLICA)

La propuesta no presenta consideraciones especiales, debido a los objetivos y productos planteados, en donde la implementación del control biológico dirigido a insectos-plagas claves para el cultivo del arroz, es considerado un método inocuo, que no interfiere en el equilibrio de este ecosistema agrícola y que utiliza especies de parasitoides oófagos nativos, *T. pretiosum* y *Te. podisi*, los cuales presentan una amplia distribución en el continente americano.

## 13. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Para la implementación de este proyecto, se propone el siguiente cronograma:

ANEXO 2												
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES												

ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Etapa I (2020)</b>												
Compra/Equipos <sup>1</sup>												
Actividad 9.1.												
Actividad 9.2.												
Actividad 9.3.												
Actividad 9.4.												
<b>Etapa II (2021)</b>												
Actividad 9.1.												
Actividad 9.2.												
Actividad 9.3.												
Actividad 9.4.												

## 14. PRESUPUESTO COMPLETO

ANEXO 3												
PRESUPUESTO												

Para la implementación de este proyecto, se propone el siguiente presupuesto (en Balboas):

<b>Rubro</b>	<b>Etapa I montos en Balboa (B/.)</b>	<b>Etapa II montos en Balboa (B/.)</b>	<b>Contraparte montos en Balboa (B/.)</b>
1. Equipos, maquinarias, recursos bibliográficos, insumos científicos, materiales de consumo de laboratorio, didácticos o de oficina e impresiones. <b>Lab. CIAOr (Chepo, Panamá)</b>	263,813.00	----	263,813.00
2. Equipos, maquinarias, recursos bibliográficos, insumos científicos, materiales de consumo de laboratorio, didácticos o de oficina e impresiones. <b>Lab. CIAC (Divisa, Herrera)</b>	81,890.00	34,836.00	116,726.00
3. Subcontratos para personal no disponible	-----	-----	-----
4. Capacitación de corta duración ( <b>Inscripción Congreso ESA-B. Zachrisson</b> )	850.00	850.00	1,700.00
5. Seguros previamente sustentados y debidamente aprobados por la Dirección gestora de la convocatoria	-----	-----	----
6. Permisos y trámites gubernamentales previamente sustentados y debidamente aprobados por la Dirección gestora de la convocatoria	----	----	----
7. Construcciones indispensables para la ejecución del proyecto: pequeñas ampliaciones o modificaciones indispensables a las instalaciones existentes, siempre que el terreno donde se realicen estas construcciones sea propiedad del proponente <b>Lab. CIAC</b>	39,000.00	-----	39,000.00
8. Construcciones indispensables para la ejecución del proyecto: pequeñas ampliaciones o modificaciones indispensables a las instalaciones existentes, siempre que el terreno donde se realicen estas construcciones sea propiedad del proponente <b>Lab. CIAOr</b>	31,000.00	-----	31,000.00
9. Gastos de transporte aéreo ( <b>B. Zachrisson-Congreso ESA</b> )	3,000.00	3,000.00	6,000.00
10. Viático parciales o totales, nacionales o para viajes al extranjero, según las tablas de viáticos incluidas en la Ley que aprueba el Presupuesto del Estado ( <b>B. Zachrisson-Congreso ESA</b> )	5,400.00	5,400.00	10,800.00
11. Gastos de transporte requerido	----	----	----
12. Promoción y difusión de actividades	----	----	----
13. 11. Publicación y/o difusión de resultados	----	----	----
14. Gastos de operación no disponibles y que sean imprescindibles para alcanzar los objetivos del proyecto	----	----	----
15. Gastos administrativos <b>3%</b>	14,344.00	-----	14,344.00

16. Cualquier otro gasto establecido en el anuncio de la convocatoria	----	----	----
SUBTOTAL	439,297.00 (90.87%)	44,086.00 (9.12%)	<b>0.00</b>
TOTAL FINANCIADO POR LA SENACYT		<b>483,383.00</b>	

**Sustentación de rubros:**

<b>EQUIPOS Lab. CIAC-Divisa: J.A. Herrera</b>	
<b>Descripción:</b>	<b>Uso</b>
Campana de bioseguridad clase II A2 de 4' con base	Preparación de tampones utilizados en la extracción de ADN de parasitoides y en la técnica de electroforesis para la separación de fragmentos de ADN de estos insectos
Gabinete de flujo laminar clase I Purifier 4'	Preparación de mix de reactivos para realizar la técnica de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) para la amplificación genética de parasitoides
pHmetro/ionómetro SevenCompact™, S220-kit	Medición de pH de tampones utilizados en la técnica de electroforesis
Ultracongelador U501 B-Medical Systems 577 L	Preservación de reactivos utilizados en la amplificación de ADN de parasitoides
Congelador F700 B-Medical 636 L	Preservación de ADN de parasitoides
Centrífuga 5420 con rotor incluido	Extracción de ADN de parasitoides
Purificador de agua Smart2Pure 3 UV/UF Barnstead	Purificación de agua utilizada en la preparación de tampones de la técnica de electroforesis y para la preparación de mix de reactivos para realizar la técnica de PCR para la amplificación de ADN de parasitoides
MiniAmp™ Plus Thermal Cycler	Realización de los ciclos de temperaturas necesarios para la técnica de PCR para la amplificación de ADN de parasitoides
<b>REACTIVOS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Uso</b>
Taq DNA Polymerase, Recombinant	Utilización en la técnica de PCR para la amplificación de ADN de parasitoides
10 mM dNTP Mix (100 ul)	Utilización en la técnica de PCR para la amplificación de ADN de parasitoides
SYBR® Safe DNA Gel Stain (400 uL)	Visualización de ADN de parasitoides mediante la técnica de electroforesis con geles de agarosa
Agarosa Ultra Pura 500 g	Utilización en la técnica de electroforesis para la separación de fragmentos de ADN de parasitoides
<b>MOBILIARIO DE LABORATORIO</b>	
<b>Descripción (Áreas)</b>	<b>Uso</b>
Toma de muestras	Recepción de muestras de campo
Preservación de muestras	Ubicación de los congeladores para la preservación de reactivos utilizados en la amplificación de ADN de parasitoides y para la preservación de ADN de estos insectos
Lavado	Lavado de cristalería
Extracción de ADN	Extracción de ADN de parasitoides
PCR	Amplificación de ADN de parasitoides

Electrophoresis	Separación de fragmentos de ADN de parasitoides
Microscopía y cría de insectos	Identificación morfológica y cría de parasitoides
<b>EQUIPOS Lab. CIAOr-Chepo: B. Zachrisson</b>	
Deshumidificador	Control de la humedad en los cubículos de multiplicación de parasitoides)
Termohigrometro	Registra la temperatura y humedad relativa, en la cámara climatizada. (Medida de control de factores abióticos).
Destilador de agua (Purificador de agua)	Agua destilada utilizada para la preparación de la dieta artificial de <i>O. insularis</i> .
Campana de extracción de gases	Se utiliza para el manejo de reactivos.
Mesa de laboratorio (con instalación)	Se incorpora como mesa de trabajo en el área de manipulación de los insectos, en las nuevas adecuaciones de infraestructura.
Anaqueles (para sala de multiplicación de parasitoides)	Utilizadas para colocar las bandejas utilizadas en la multiplicación de parasitoides y huespédes.
Liofilizador	Elimina el contenido de agua en los granos de arroz en la fase lechosa, usada en la preparación de la dieta artificial de <i>O. insularis</i> .
Congelador	Se preserva material de dieta y se inactiva los huevos de insectos parasitados inviabilizados.
Cámara climatizada	Utilizado en los estudios de control de calidad de los parasitoides.
Equipo óptico (Microscopio y estereoscopio)	Identificación de parasitoides y de sus estructuras morfológicas.
Balanza de precisión de 16 200 g	Se utiliza para pesar los componentes de la dieta seca de <i>A. kuehniella</i> .
Cristalería (Placas Petri, tubos de ensayos)	Utilizada para los estudios biológicos y de control de calidad de los parasitoides.
Placas Petri (Plástico) Insumos de laboratorio (Botellas de lavado de plástico, cajas de papel de filtro, Parafilm)	Utilizada para los estudios biológicos y de control de calidad de los parasitoides.
<b>Equipo Lab. CIAC-Divisa: A. Barba (Equipo Óptico)</b>	
<b>Descripción:</b>	<b>Uso</b>
Handwheel – Motor Focus(Adaptado para estereomicroscopio Leica M125 y Cámara MC170 H.)	Utilizado para controlar las funciones de foco, velocidad de foco, y función de memoria para duplicar escenario ambiente de trabajo con el Software multifocal y medición de material biológico.
Columna Motorizada 420 mm, para estereomicroscopio Leica M125 y Cámara MC170 HD (Adaptado para estereomicroscopio Leica M125 y Cámara MC170 H.)	Para ajustes de detalles de la imagen.
Microscopio con tubo triocular	Se utilizará para observación de muestras de genitales de parasitoides, objetivos N Plan de 5x, 10xPH1, 20xPH1, 40xPH2 y 100xPH3 (Oil), Sistema Koehler. mejora el contraste y observación de la muestra. Además, tiene la capacidad de ajustar la intensidad de luz respecto al objetivo que se está utilizando, adicional es capaz de almacenar los res de luz ajustados para cada objetivo. Calibradores Vernier para

## 15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, RP. 2004. *Trichogramma* and its relationship with *Wolbachia*: identification of *Trichogramma* species, phylogeny, transfer and costs of *Wolbachia* symbionts. Netherlands: Wageningen University. 142 p. Doctoral thesis.
- Altschul SF, Madden TL, Schäffer AA, Zhang J, Zhang Z, Miller W, Lipman DJ. 1997. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Research* 25:3389–3402.
- Cabezas G. F.; Melo M, García M.; Rodríguez D. G. I.; Nava E D., 2013. Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sobre *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) a diferentes temperaturas. *Revista Colombiana de Entomología* 39 (2): 216-220.
- García, G, F.; González, H, A.; España, L. M. P. 2005. Especies de *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) presentes en centro reproductores de México. *Acta Zoologica Mexicana*. 21:125 – 135.
- Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R, Vrijenhoek R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3:294–299.
- Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C, Tamura K. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. *Molecular Biology and Evolution* 35:1547–1549.
- Larkin MA, Blackshields G, Brown NP, Chenna R, Mcgettigan PA, Mcwilliam H, Valentin F, Wallace IM, Wilm A, Lopez R, Thompson JD, Gibson TJ, Higgins DG. 2007. Clustal W and Clustal X version 2.0. *Bioinformatics* 23:2947–2948.
- Parra, J.R.P. 1997. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. P. 121-150. In: Parra, J.R.P.; Zucchi, R.A. (eds.), *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. Piracicaba, FEALQ, 324 p.
- Pinto, J. D.; Oatman, R. E.; Platner, R. G. 1983. The identity of two closely related and frequently encountered species of new world *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 85: 588-593.
- Pinto, J. D.; Oatman, R. E.; Platner, R. G. 1986. *Trichogramma pretiosum* and a new cryptic species occurring sympatrically in Southwestern North America (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79: 1019-1028.
- Pinto, J. D. 1998. Systematics of the North American species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Memoirs of the Entomological Society of Washington*. 22. 287 p.
- Pinto, J. D.; Jeremiah, G. 2004. *Kyuwia*, a new genus of Trichogrammatidae (Hymenoptera) from Africa. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 106: 531-539.
- Pinto, J. D.; Owen, K. A. 2004. *Adryas*, a new genus of Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from the new world tropics. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 106: 905-922.
- Querino, R.B.; Zucchi, R.A. 2011. Guia de identificação de *Trichogramma*, para o Brasil. EMBRAPA, Brasília. p.103
- Stouthamer R, Van Kan FJPM, Platner GR, Pinto JD. 1999. The utility of internally transcribed spacer 2 DNA sequences of the nuclear ribosomal gene for distinguishing sibling species of *Trichogramma*. *BioControl* 43:421–440.
- Zachrisson, B. 2014. Protocolo de multiplicación de *Ooebalus insularis* Stal (Heteroptera: Pentatomidae), en condiciones abióticas controladas: Subsidio para la cría masiva de

*Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae). 1da Edición, Publicación IDIAP, 18 p., ISBN: 978-9962-677-37-5

Zachrisson, B., Costa, V.; Bernal, J. A. 2014. Natural incidence of eggs parasitoids of *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae), in Panama. IDESIA, 32 (2): 119-121, 2014. Scopus Doi: 10.4067/SO 718-342920 /4000200016

Zachrisson, B., Margaría, C. B., Loíacono, M. & Martínez, O. 2014. Parasitismo de huevos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae), en arroz (*Oryza sativa* L) en Panamá. Revista Colombiana de Entomología, 40 (2): 189-190, Scopus, JCR

Zachrisson, B., Polanco, P. & Martínez, O. 2014. Desempeño biológico y reproductivo de *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae), en diferentes plantas hospedantes. Revista de Protección Vegetal, 29 (2): 77-81, 2014. Latindex, SciELO

Zachrisson, B. 2014. Protocolo de multiplicación de *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae), en condiciones abióticas controladas: Subsidio para la cría masiva de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae). 1da Edición, Publicación IDIAP, 18 p., ISBN: 978-9962-677-37-5

Zachrisson, B. y Polanco, P. y Martínez, O. 2014. Desempeño biológico y reproductivo de *Oebalus Insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) en diferentes plantas hospedantes. Revista Protección Vegetal. 29(2):77-81.

Zachrisson, B.; Barba, A. 2020. Biological Control in Panamá. In: Van Lenteeren, J.; Bueno, V.H.P.; Luna, M.G.; Colmenarez, Y. Biological Control in Latin America and Caribbean: Its Rich History and Bright Future. (eds.). CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK, 345-353. ISBN-13: 9781789242430.