

PERFIL DE PROYECTO DE LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN RECURSOS GENÉTICOS Y BIODIVERSIDAD

1. INFORMACION GENERAL:

1.1. Título del Proyecto

Cepas nativas de nematodos entomopatógenos y microorganismos benéficos para control de plagas insectiles y patógenos.

1.2. Responsable del Proyecto

Eric Manuel Candanedo Lay, Nematólogo, emcandanedo@gmail.com

1.3. Programa: Programa de Investigación e Innovación en Recursos Genéticos y Biodiversidad (PIIRGEB).

1.4. Sub Programa: Valoración y conservación de recursos genéticos.

1.5. Línea de investigación: Las líneas de investigación y sus desafíos en las cuales se enmarca el proyecto, en relación al PEI 2017-2030 son:

Prospección de la biodiversidad asociada a los sistemas productivos para ampliar la base genética animal y vegetal para la agricultura y la alimentación (Desafíos: R, SA, RP).

Prospección y valoración de enemigos naturales de organismos nocivos y de germoplasma animal y vegetal (Desafíos: CSA, SA, RP).

Prospección del recurso genético animal y vegetal y biodiversidad asociada de interés para la agricultura y la alimentación (Desafíos: SA, RP, CRGyB).

Conservación *in situ* y *ex situ* de recursos genéticos de interés para la agricultura y la alimentación (Desafíos: SA, RP, CRGyB).

Desarrollo de técnicas de conservación y multiplicación de germoplasma vegetal, animal y microorganismos a corto, mediano y largo plazo (Desafíos: SA, RP, CRGyB).

1.6. Ámbito agro ecológico: Según la clasificación de zonas agroecológicas del MIDA, el proyecto se desarrollará en las zonas 2 (sequía intermedia), 3 (sequía liviana) y 5 (exceso de lluvia).

1.7 Tipo de investigación: El proyecto realizará investigación **básica** (a fin de identificar las especies de las cepas nativas de NEPs y MBs halladas en múltiples prospecciones y estimar sus niveles de acción en el control de plagas y enfermedades), **aplicada** (para evaluar, probar y validar la eficacia biológica de las cepas y entregar los productos tecnológicos generados a los productores agropecuarios en general) y **estratégica** (para asegurar que la investigación del

proyecto contribuirá a alcanzar los objetivos institucionales de investigación plasmados en el PEI 2017 a 2030).

1.8 Duración: Cuatro (4) años.

1.9 Sede: Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr).

1.10 Equipo ejecutor: forman parte del equipo técnico multidisciplinario y tienen responsabilidad en la ejecución de actividades.

PhD Eric Candanedo, Nematólogo, Gerente e Investigador en Nematodos Entomopatógenos.

PhD José Yau, Agricultura Protegida, Investigador en Microorganismos Benéficos.

PhD Rito Herrera, Microbiólogo, Investigador en Microorganismos Benéficos.

Lic. Gregorio Aranda, Biólogo, Bioprospecciones, Procesamiento de Muestras y Mantenimiento de Cepas Nativas de NEPs.

Ing. Agrón. José Causadías, Investigador en Microorganismos Benéficos.

Lic. Luisa Daniela Reina, Admón. de Empresas Agropecuarias, Bioprospecciones.

Bach. Alci Cabezón, Asistente de Investigación en Nematología, Muestreos y Mantenimiento de Cepas Nativas de NEPs.

2. ANTECEDENTES:

El control biológico es eficaz, económico y seguro en el combate de plagas y enfermedades de los cultivos. Es inocuo a humanos, animales y al ambiente y compatible con estrategias de manejo integrado. Los nematodos entomopatógenos (NEPs) y los microorganismos benéficos (MBs) son bio controladores utilizados a escala global, con distintas especies de los géneros de NEPs *Heterorhabditis* y *Steinernema*, y con microorganismos benéficos (principalmente hongos y bacterias). El IDIAP realizó investigación formal con NEPs y MBs entre 2015 y 2019, en el marco del proyecto 501.F.2.13, presentado y seleccionado en la correspondiente convocatoria interna. Producto de estas investigaciones se cuenta con 43 cepas nativas de NEPs y MBs.

La investigación básica se enfocó, inicialmente, en la prospección de la biodiversidad, con múltiples búsquedas de estos bio controladores. Culminó con el importante hallazgo de 16 cepas nativas de NEPs (del género *Heterorhabditis*) y 27 de MBs (distintos géneros de hongos y bacterias), para posterior identificación de especies y evaluación de eficacia en el control de plagas insectiles y patógenos de distintos cultivos.

Las cepas nativas encontradas se conservan e incrementan en ceparios o bancos de cepas del Laboratorio de Nematología del CIAOr, en Tanara, El Naranjal, Chepo (NEPs) y el Laboratorio de Microbiología del CIARGB, en Río Hato, Coclé (MBs). El tercer estadio juvenil infectivo (J3) de las cepas nativas de *Heterorhabditis* sp. alberga, en su interior, la bacteria simbiote patógena (*Photorhabdus* sp.) que mata larvas de plagas insectiles del suelo, por septicemia. Para conservar viva la bacteria patógena y mantener la eficacia del J3 en el control de plagas insectiles, se estableció un programa de producción de larvas de *Galleria mellonella*, polilla mayor de los apiarios, usadas para multiplicación masiva *in vivo* de las cepas nativas de NEPs y sus bacterias

patógenas simbiotes, partiendo de pies de cría de apiarios de la provincia Colón. Las cepas nativas de MBs fueron conservadas y multiplicadas en medios de cultivos selectivos.

Quedaron pendientes las identificaciones de especies de las cepas nativas de NEPs y MBs, la evaluación de eficacia biológica sobre plagas insectiles y enfermedades de distintos cultivos de las cadenas agroalimentarias y la protección intelectual de las cepas nativas (mediante patentes) para potenciales usos comerciales y cobro de regalías.

3. JUSTIFICACIÓN:

En Panamá, la protección de cultivos a escala comercial se centra en la aplicación de plaguicidas químicos para controlar plagas y enfermedades que amenazan las plantaciones y la inversión realizada. Los plaguicidas químicos, además de costosos por su síntesis, pagan altas tasas de importación y tienen un elevado costo de aplicación por la cotización del jornal panameño, una de las más altas en América Latina. Específicamente, las aplicaciones de insecticidas, fungicidas y bactericidas para control de plagas y enfermedades de los cultivos comerciales, reducen grandemente la rentabilidad de la producción y contaminan los agroecosistemas, incluyendo, además del suelo, las aguas subterráneas y ríos. Además, pueden dejar residuos tóxicos de sus ingredientes activos en los productos de consumo humano o animal, especialmente si son mal utilizados al aplicar dosis superiores a las recomendadas, por la tendencia de intolerancia a las plagas y enfermedades de muchos agricultores y la errónea creencia de que a mayor dosis de aplicación, mejor control.

Por lo anterior, es prioritario investigar en **alternativas no químicas** para controlar las plagas y enfermedades de los cultivos. El fin es mantener o incrementar la productividad y la rentabilidad de la producción, la eficacia en el control de plagas y enfermedades, la capacidad para competir en los mercados locales e internacionales y la sostenibilidad ambiental, social y económica de la producción agropecuaria en el tiempo.

El control biológico de **plagas insectiles** de suelo y follaje, así como de **patógenos** de la rizosfera, la filosfera y la espermosfera de los cultivos, con cepas de nematodos entomopatógenos (NEPs) y microorganismos benéficos (MBs) es una alternativa viable comprobada que se aplica con éxito en muchos países. Sin embargo, en vez de importar cepas de NEPs y MBs producidas en otros países es más ventajoso y económico disponer y utilizar cepas nativas, mejor adaptadas a las condiciones agroecológicas de Panamá, y con costos de producción más bajos. Incluso, es factible hallar cepas locales en las distintas zonas de producción, lo cual mejoraría la eficacia local en el control.

4. FINALIDAD:

Contribuir al perfeccionamiento de la soberanía alimentaria y al desarrollo nacional y del sector agropecuario, propiciando el establecimiento de una producción agropecuaria sostenible, sin impacto ambiental negativo, y en concordancia con las políticas sectoriales, la Misión Institucional y los objetivos del PIIRGEB de "contribuir a la valoración, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos y la biodiversidad". Esto se logrará con la generación, validación, prueba y desarrollo de alternativas tecnológicas eficaces, económicas e inocuas, para el control biológico de plagas insectiles y patógenos de importancia económica en distintos cultivos, con cepas nativas de nematodos entomopatógenos y microorganismos benéficos. Se reducirá la aplicación de

plaguicidas químicos y la contaminación de agroecosistemas y cuencas, beneficiando las cadenas agroalimentarias prioritarias, la sociedad panameña y las generaciones futuras.

5. PROPÓSITO:

Evaluar la eficacia biológica de 16 cepas nativas de NEPs y 27 cepas nativas de MBs, en el control de plagas insectiles del suelo y follaje y patógenos de la filosfera, la rizosfera y la espermosfera, en cultivos de la canasta básica en las respectivas cadenas agroalimentarias de las áreas de influencia del proyecto.

6. IDENTIFICACION DE LOS BENEFICIARIOS DEL PROYECTO:

Beneficiarios directos: pequeños y medianos productores agropecuarios colaboradores (preferiblemente organizados) y sus trabajadores, participando en actividades de generación, validación, prueba y desarrollo de los productos tecnológicos programados y en capacitaciones que ofrecerá el equipo de investigadores.

Beneficiarios indirectos: familias de productores colaboradores y de sus trabajadores, así como productores agropecuarios a nivel nacional, que adopten las tecnologías desarrolladas, y sus familias. Consumidores en general y sus generaciones futuras, consumiendo alimentos sanos e inocuos, producidos con pocas o ninguna aplicación de agroquímicos, en agroecosistemas estables, libres de contaminación por aplicaciones constantes y excesivas de plaguicidas. Actores de las cadenas de distribución de alimentos, que ofrecerán productos alimenticios sanos.

7. PRODUCTOS PROGRAMADOS:

Concluido el proyecto, se habrán obtenido los siguientes Productos Tecnológicos:

- Identificadas las especies de las cepas nativas de nematodos entomopatógenos (NEPs), pertenecientes al género *Heterorhabditis*, más eficaces para el control de plagas insectiles del suelo y follaje de cultivos de las cadenas agroalimentarias, de un total de 16 halladas.
- Identificadas las especies de las cepas nativas de Microorganismos Benéficos (MBs), hongos y bacterias, más eficaces para el control de patógenos de la rizosfera, la filosfera y la espermosfera de cultivos de las cadenas agroalimentarias, de un total de 27 halladas.
- Evaluada la eficacia biológica de 16 cepas nativas de NEPs sobre plagas insectiles del suelo asociadas a distintos cultivos de las cadenas agroalimentarias.
- Evaluada la eficacia biológica de 27 cepas nativas de MBs sobre patógenos de la filosfera, la rizosfera y la espermosfera de distintos cultivos de las cadenas agroalimentarias.
- Seleccionadas, al menos, cuatro (4) cepas nativas de NEPs eficaces en el control de distintas plagas insectiles del suelo en cultivos de las cadenas agroalimentarias.
- Seleccionadas, al menos, cuatro (4) cepas nativas de MBs eficaces en el control de distintos patógenos de la filosfera, la rizosfera y la espermosfera de cultivos de las cadenas agroalimentarias.

8. ACTIVIDADES:

Para alcanzar los productos tecnológicos programados se realizarán las actividades que se describen a continuación.

- 8.1 Identificación convencional y molecular de las especies de 16 cepas nativas de Nematodos Entomopatógenos (NEPs), identificadas previamente dentro del género *Heterorhabditis*, para el control de plagas insectiles del suelo en cultivos de las cadenas agroalimentarias prioritarias.
- 8.2 Confirmación molecular, a nivel de especie (identificación molecular, gen ITS 16s y rpoB1698f), de 27 cepas nativas de Microorganismos Benéficos (MBs) previamente aisladas, para control de patógenos de la filosfera, la rizosfera y la espermosfera en cultivos de las cadenas agroalimentarias prioritarias.
- 8.3 Evaluación preliminar, en laboratorio y casa de cultivo, de la eficacia biológica de 16 cepas nativas de NEPs sobre distintas plagas insectiles del suelo y del follaje asociadas a distintos cultivos de las cadenas agroalimentarias prioritarias.
- 8.4 Evaluación preliminar de la eficacia biológica de 27 cepas nativas de MBs sobre patógenos de la filosfera, la rizosfera y la espermosfera de distintos cultivos de las cadenas agroalimentarias prioritarias, a nivel de macetas en casa de cultivo.
- 8.5 Evaluación de la eficacia biológica de 16 cepas nativas de NEPs en fincas de productores colaboradores en las áreas de influencia del proyecto.
- 8.6 Evaluación de la eficacia biológica de 27 cepas nativas de MBs en fincas de productores colaboradores en las áreas de influencia del proyecto.
- 8.7 **Registro de Propiedad Intelectual para IDIAP (Patente)**, ante la DIGERPI del MICI, de las cepas nativas de NEPs y MBs sobresalientes, luego de diez (10) años de investigaciones básicas y aplicadas.

9. ESTRATEGIA METODOLÓGICA:

Identificación convencional y molecular de especies de NEPs:

En el Laboratorio de Nematología (NEMALAB) del CIAOr, con el estereoscopio, el microscopio compuesto de luz y claves de identificación taxonómica actualizadas, se aplicarán técnicas morfológicas para medir 15 hembras, 10 machos y 15 juveniles de cada una de las 16 cepas nativas de nematodos entomopatógenos encontradas e identificadas previamente, por taxonomía convencional, dentro del género *Heterorhabditis*. Se medirán unos 20 caracteres taxonómicos por espécimen, 800 mediciones microscópicas por cepa nativa y un gran total de 12800 mediciones.

La identificación molecular de las 16 cepas se hará utilizando la técnica de la PCR (**Polymerase Chain Reaction**, por sus siglas en inglés). Para identificar las especies se analizarán las secuencias **ITS rDNA**, a fin de corroborar la identificación de las especies por taxonomía convencional.

Identificación molecular de las especies de MBs:

La identificación molecular de las 27 cepas se hará utilizando la técnica de secuenciación de amplicones. Para identificar las especies se obtendrán amplicones de los genes 16s de ARN ribosomal ITS (hongos) y rpoB1698f (bacterias) mediante reacción en cadena de la polimerasa y posteriormente se secuenciarán en el Laboratorio de Biología Molecular del IDIAP en Ciudad del Saber (Clayton).

Evaluación preliminar de la eficacia biológica de 16 cepas nativas de NEPs:

Se trabajará a nivel del NEMALAB, en las evaluaciones preliminares de la eficacia de las cepas nativas sobre larvas de distintas plagas insectiles de importancia económica en el suelo y algunas

de las partes aéreas, en platos de PETRI y casa de mallas, para realizar un tamizado de las más eficaces (mínimo 80% de mortalidad en las pruebas preliminares). Las cepas seleccionadas serán evaluadas posteriormente bajo condiciones de campo.

Evaluación en campo de la eficacia biológica de 16 cepas nativas de NEPs:

La eficacia de las cepas seleccionadas en la fase preliminar será evaluada en campo, bajo condiciones experimentales, con diseño experimental y análisis estadístico de los datos, con manejo total de los investigadores y participación de los productores colaboradores. Las cepas seleccionadas en esta evaluación, se probarán experimentalmente hasta obtener resultados consistentes, antes de entregar la tecnología a los productores.

Evaluación en campo de la eficacia biológica de 27 cepas nativas de MBs:

La eficacia de las cepas seleccionadas en la fase preliminar *in vitro*, será evaluada en casa de mallas, bajo condiciones experimentales, con diseño experimental y análisis estadístico de los datos, con manejo total de los investigadores y participación de los productores colaboradores. Las cepas seleccionadas en esta evaluación se probarán experimentalmente y se harán ajustes hasta tener resultados consistentes, antes de entregar la tecnología a los productores.

Prueba de las cepas de NEPs y MBs en campo, en fincas de productores colaboradores:

Luego de realizar las pruebas experimentales de campo y los ajustes a la tecnología, las cepas nativas de NEPs y MBs, seleccionadas como las más promisorias, se probarán en fincas de productores colaboradores con distintos cultivos y problemas de plagas insectiles y patógenos, con manejo total de los productores, pero con supervisión de los investigadores.

10. ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN DE AVANCES Y RESULTADOS:

Posterior a la realización de la prueba de las cepas promisorias de NEPs y MBs en fincas de productores colaboradores se hará la difusión de avances y resultados obtenidos, a extensionistas, productores y público en general. Esto se logrará a través de parcelas demostrativas, días de campo, entrevistas radiales y televisivas, un mínimo de cuatro publicaciones técnicas, plegables, afiches y charlas. El fin es promover la adopción de los productos tecnológicos obtenidos y, así, contribuir al establecimiento de una agricultura sostenible en Panamá.

También se realizará la publicación de, al menos, dos artículos científicos, uno en la revista científica Ciencia Agropecuaria del IDIAP y otro en una revista científica indexada con factor de impacto.

El desarrollo de capacidades se abordará dando apoyo a la formación de futuros investigadores a través de la orientación de investigaciones de Tesis de Maestrías y/o Doctorados. Los extensionistas del MIDA, de distintas ONG y de otras instituciones, al igual que los productores, serán incorporados a distintas etapas de los procesos de generación, prueba y validación de las tecnologías para facilitar los procesos de empoderamiento y adopción.

11. COSTOS DEL PROYECTO:

Se adquirirá equipamiento básico para complementar el existente y cubrir las necesidades que demandarán las distintas actividades del proyecto. Se requerirá de muchos insumos y reactivos especializados para: preparar las dietas y medios de cultivo específicos para multiplicar las cepas nativas de NEP's y MB's, para corroborar las identificaciones convencionales de las cepas nativas (género y especies) con técnicas moleculares y para la evaluación de la eficacia biológica (diseño y construcción de dos casas de vegetación en Chepo y Río Hato). Se programa un recurso para cubrir los gastos de las publicaciones científicas en revistas científicas indexadas, con factor de

impacto. Por último, se incluye el renglón de viáticos para las giras de prospecciones para recuperación de cepas nativas contaminadas y para las evaluaciones de eficacia biológica en campo.

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ							
DIRECCIÓN NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y SOCIOECONOMÍA							
COSTO GLOBAL/AÑO/ACTIVIDAD PROYECTO							
PROYECTO: Cepas nativas de nematodos entomopatógenos y microorganismos benéficos para control de plagas insectiles y patógenos.							
Programa: Investigación e Innovación en Recursos Genéticos y Biodiversidad (PIIRGEB)							
Subprograma: Valoración y conservación de recursos genéticos							
No. de Actividad	TÍTULO DE LA ACTIVIDAD	COSTO GLOBAL/AÑO (B/.)					TOTAL (B/.)
		2020	2021	2022	2023	2024*	
1	Identificación de las especies de 16 cepas nativas de Nematodos Entomopatógenos (NEPs)	5000.00	2000.00	2000.00	1000.00	1000.00	11000.00
2	Identificación de las especies de 27 cepas nativas de Microorganismos Benéficos (MBs)	5000.00	2000.00	2000.00	1000.00	1000.00	11000.00
3	Evaluación de la eficacia biológica de 16 cepas nativas de NEPs sobre plagas insectiles del suelo	0.00	6500.00	6500.00	1500.00	1000.00	15500.00
4	Evaluación de la eficacia biológica de 27 cepas nativas de MBs sobre patógenos de la filosfera, la rizosfera y la espermofera	0.00	6500.00	6500.00	1500.00	1000.00	15500.00
5	Prueba de las cepas nativas de NEPs en campo, en fincas de productores colaboradores	0.00	8500.00	8500.00	5500.00	1000.00	23500.00
6	Prueba de las cepas nativas de MBs en campo, en fincas de productores colaboradores	0.00	8500.00	8500.00	5500.00	1000.00	23500.00
7							

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ
DIRECCIÓN NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y SOCIOECONOMÍA
COSTO GLOBAL/AÑO/OBJETO DE GASTO

PROYECTO: Cepas nativas de nematodos entomopatógenos y microorganismos benéficos para control de plagas insectiles y patógenos.							
Programa: Investigación e Innovación en Recursos Genéticos y Biodiversidad (PIIRGEB)							
Subprograma: Valoración y conservación de recursos genéticos							
Objeto de Gasto	DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE GASTO	2020	2021	2022	2023	2024*	TOTAL (B/.)
120	Impresión, Encuadernación y Otros	0.00	0.00	0.00	0.00	1600.00	1600.00
141	Viáticos dentro del país	640.00	500.00	2000.00	500.00	300.00	3940.00
182	Reparación de Maquinaria y Equipos	0.00	2000.00	0.00	0.00	0.00	2000.00
201	Alimentos para consumo humano (dietas artificiales)	300.00	200.00	390.00	200.00	200.00	1290.00
239	Otros productos de papel y cartón	0.00	0.00	500.00	420.00	240.00	1160.00
242	Indecididas, fumigantes y otros	0.00	0.00	300.00	240.00	0.00	540.00
264	Compra de agua	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	300.00
265	Materiales y Suministros de Computación	0.00	0.00	350.00	0.00	200.00	550.00
269	Otros productos varios	0.00	200.00	600.00	0.00	0.00	800.00
273	Útiles de aseo y limpieza	0.00	100.00	100.00	80.00	0.00	280.00
274	Útiles y Materiales Médicos de laboratorio	9000.00	4000.00	4000.00	3000.00	3000.00	23000.00
277	Instrumental médico y quirúrgico	0.00	300.00	700.00	0.00	400.00	1400.00
332	Equipo de laboratorio	0	25000.00	25000.00	11500.00	0.00	61500.00
380	Equipo de computación	0.00	1640.00	0.00	0.00	0.00	1640.00
		10000.00	34000.00	34000.00	16000.00	6000.00	100000.00

*La generación tecnológica se desarrollará entre los años 2020 y 2023. En 2024 se asignarán fondos para publicaciones científicas y técnicas de los resultados del proyecto, durante el primer semestre.

11. IMPACTO:

Los productos tecnológicos del proyecto, una vez adoptados, tendrán importantes **impactos económicos** pues proponen el uso del control biológico de plagas insectiles del suelo con cepas nativas de NEPs y de patógenos de la filosfera, la rizosfera y la espermosfera con MBs, en un sistema de producción centrado en la aplicación de plaguicidas químicos altamente contaminantes, en su mayoría importados y costosos. A escala global, se produjeron cerca de 3 billones de kilogramos de plaguicidas que se aplican anualmente, con un precio de compra estimado en 40 billones de dólares estadounidenses anuales, según datos del año 2005. Se estima que el 19% de esta producción (570 millones de kg) se utiliza en países en desarrollo, con un costo estimado de 7.6 billones de dólares estadounidenses. Solo en los Estados Unidos se aplicaron, anualmente, alrededor de 500 millones de kilogramos de más de 600 diferentes tipos de plaguicidas, a un costo estimado de 10 billones de dólares estadounidenses. En Panamá, en el quinquenio comprendido entre los años 2005 y 2009, se importó un promedio de 502 toneladas métricas de ingredientes activos de plaguicidas en general por año. Ya para el año 2014, la importación *per cápita* de plaguicidas fue estimada en 2.2 kg. Datos actuales del MIDA indican importaciones por el orden de 650 toneladas métricas por año, un incremento del 29.48%, con respecto al promedio anual durante el quinquenio 2005-2019.

El impacto económico del costo de los plaguicidas en los **costos de producción de alimentos**, para consumo humano y de los animales domésticos, es altamente significativo a los niveles mundial, regional y nacional y, por consiguiente, en el **costo de vida de la población**. De aquí, la importancia de sustituir, aunque sea parcialmente, la aplicación de plaguicidas de origen químico

por plaguicidas de origen no químico, entre ellos los bio plaguicidas, como los basados en cepas nativas de NEPs y MBs, que son significativamente más económicos (80 a 90% más baratos) y completamente inocuos a humanos y animales en general. Con tan solo sustituir en 1.0 % la aplicación de plaguicidas a escala global con bio plaguicidas, se reduciría la aplicación de plaguicidas químicos en unos 30 millones de kilogramos, con el consecuente impacto positivo en los agroecosistemas, la sostenibilidad de la producción y la salud de los consumidores en las áreas en que se apliquen los bio plaguicidas (5.7 millones de kg en los países en desarrollo).

Las cepas de NEPs y MBs del proyecto, además de ser nativas y bien adaptadas, pueden producirse artesanal o industrialmente y su producción es muy económica. Por estas razones, el proyecto presenta enormes **impactos sociales y ambientales** debido a que el control biológico que se plantea, a diferencia de los agroquímicos, es 100% inocuo a seres humanos, animales y al agroecosistema. Por un lado, se reduciría la incidencia de enfermedades crónicas que pueden estar relacionadas con las aplicaciones de plaguicidas (cánceres de mama y próstata, diabetes y enfermedades del sistema respiratorio), lo que representa un enorme beneficio social. Por otro lado, con los bio plaguicidas a base de estas cepas nativas no existen riesgos para la salud de los trabajadores que los aplican ni para los pobladores de las comunidades vecinas a las áreas de producción. Tampoco existen los riesgos de contaminación de los agroecosistemas, inherentes a los plaguicidas.

12. ARTICULACIÓN CON OTROS ACTORES:

En este proyecto de investigación e innovación en recursos genéticos y biodiversidad **los productores colaboradores** -de las cadenas agroalimentarias de las áreas de influencia- serán participantes importantes ya que las bioprospecciones (para recuperación de las cepas que se contaminen, en los sitios geo referenciados de los hallazgos originales) y las pruebas de eficacia biológica (de las cepas de NEP's y MB's con mayor potencial como Agentes de Control Biológico), se realizarán en sus fincas. Esta articulación facilitará la adopción de los productos tecnológicos generados y validados, por los productores en general.

Este proyecto multidisciplinario e interdisciplinario logrará la interacción científica entre los especialistas del IDIAP y **especialistas externos**, dentro y fuera del país, en las disciplinas de Nematología (nematodos entomopatógenos), microbiología y biología molecular. Tendrán la oportunidad de intercambiar informaciones sobre los avances de la investigación, los ajustes a realizar en las tecnologías y los resultados o productos tecnológicos obtenidos. Esta articulación enriquecerá las experiencias de los investigadores del proyecto, trayendo nuevas ideas que podrían cristalizar en nuevos proyectos de investigación en esta línea.

Los **extensionistas del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA)** serán, también, actores externos importantes que participarán en algunas etapas de la investigación, empoderándose de la tecnología, y colaborando en los procesos de difusión y adopción tecnológica.

13. POSIBLES RIESGOS:

El logro de los objetivos planteados en el proyecto, pudiera verse afectado debido a la ocurrencia de uno o más de los siguientes eventos:

- 1) Que los recursos asignados para ejecutar el proyecto no estén disponibles oportunamente y en las cantidades requeridas.
- 2) Ineficacia o extemporaneidad en la compra de insumos y materiales requeridos para la ejecución del proyecto.

3) Que no haya apoyo logístico oportuno para la ejecución de las actividades del proyecto.

4) Que los investigadores del proyecto sean retirados, reemplazados o reasignados a otras actividades o proyectos y sus reemplazos, si es que se asignan, cumplan con el perfil, conocimiento y experiencia necesarios.

14. VINCULACIÓN CON ÁREAS PRIORITARIAS NACIONALES E INSTITUCIONALES:

El proyecto se alinea perfectamente con los Ejes Estratégicos del Gobierno Nacional, destacados en el Plan de Gobierno quinquenal, específicamente con los de **sostenibilidad, impulso a la agrotecnología y competitividad y agricultura familiar**. Estos ejes estratégicos son la hoja de ruta del Sector Agropecuario Nacional -hasta el año 2024- hacia el perfeccionamiento de la **seguridad alimentaria**, con inclusión de todos los panameños, y la **sostenibilidad** de los recursos naturales del país.

Dado que los Ejes Estratégicos del Gobierno Nacional están todos contemplados en las dieciocho (18) líneas de investigación priorizadas en el **Plan Estratégico Institucional del IDIAP (años 2017-2030)**, hay una total concordancia entre los planes y acciones del Sector Agropecuario y los planes y Programas de Investigación e Innovación Agropecuaria del IDIAP. Al respecto, este proyecto impactará cinco (5) de las líneas de investigación y desafíos que abordará el IDIAP hasta el año 2030.

Finalmente, el ámbito agroecológico en que se desarrollaría el proyecto abarca las zonas agroecológicas 2, 3 y 5, del sistema de clasificación de la Dirección Nacional de Ganadería del MIDA, que son representativas de la mayor parte de la superficie nacional. Es decir, las cepas nativas de NEPs y MBs podrían adaptarse muy bien en la mayoría de los agroecosistemas nacionales.