

1. Productos programados: (máx. 3000 caracteres)

Entre los productos científicos, tecnológicos y de aceptación de tecnología que generara el proyecto para cumplir su cometido se describen por actividad:

- Producto de la actividad 1: Tipo de producto: Científico. Esta actividad va a generar un artículo científico y un informe técnico del estudio de suelos a nivel semi-detallado, lo que permitirá clasificar las distintas capacidades agrológicas de las principales unidades de suelos identificadas.
- Producto de la actividad 2: Tipo de Producto: Científico y Tecnológico. Esta actividad va a generar un artículo científico y un Informe Técnico identificando la mejor alternativa de preparación del terreno en el cultivo de piña.
- Producto de la actividad 3: Tipo de Producto: Científico y Tecnológico. Esta actividad va a generar un artículo científico y un informe técnico identificando la causa exacta, la fuente de la erosión y la magnitud a la que crece la erosión y estrategias de manejo sostenible de los recursos suelo y agua. Se va a generar un documento con buenas prácticas de manejo y conservación de suelos y uso eficiente del agua que serán utilizadas por los productores del área y en zonas degradadas del país. Un documento con mapas georeferenciados y planos de diseño de obras de conservación en las fincas participantes.
- Producto de la actividad 4: Tipo de Producto: Científico y Tecnológico. Esta actividad va a generar un artículo científico y un informe técnico identificando las mejores alternativas para la aumentar la captura de carbono en los suelos que serán utilizadas por los productores del área y en zonas degradadas del país
- Producto de la actividad 5: Tipo de Producto: Científico y Tecnológico. Esta actividad va a generar un artículo científico y un informe técnico donde se reflejen, bajo condiciones iniciales todos los resultados de campo obtenidos a partir de los indicadores físicos, químicos, biológicos, el índice de calidad y salud del suelo en las fincas participantes. Informes técnicos donde se presentan el Biochar y compost caracterizado, dosis y plan de fertilización.
- Producto de la actividad 6: Tipo de Producto: Científico y Tecnológico. Esta actividad va a generar un artículo científico y un informe técnico sobre alternativas de recomendaciones de fertilización de un cultivo, la cantidad que oferta el suelo para suplir esas necesidades, momento y forma de aplicación y la eficiencia del fertilizante a emplear.
- Producto de la actividad 7: Tipo de Producto: Científico y Tecnológico. Esta actividad va a generar un artículo científico y un informe técnico sobre frecuencias de riego para reducir la demanda y elevar la eficiencia del uso del agua, sin comprometer los rendimientos.
- Producto de la actividad 8: Tipo de Producto: Científico y Tecnológico. Esta actividad va a generar un artículo científico y un informe técnico identificando las plantas más eficientes para la fitorremediación para reducir la contaminación de suelos, sedimentos y agua.
- Producto de la actividad 9: Tipo de Producto: Aceptación y adopción. Esta actividad va a generar siete trípticos, siete carteles científicos para cada alternativa tecnológica generada. Al final del proyecto existirá un número de productores organizados, capacitados y utilizando la tecnología.

- Producto de la actividad 10: Tipo de Producto: Tecnológico. Esta actividad va a generar un Manual de buenas prácticas de conservación de suelos y agua para la adaptación productiva a la variabilidad climática en la Cuenca del Canal de Panamá.

2. Actividades: (máx. 5000 caracteres)

Los compromisos del proyecto para la obtención de los productos finales, se verificada a partir de tres etapas con un total de diez actividades. La primera etapa enfocada al establecimiento de una línea base con una actividad, la segunda etapa dirigida hacia la investigación con ocho actividades y la tercera enfocada a la divulgación y sistematización del conocimiento generado con dos actividades, que a continuación se detallan:

- Actividad 1: Caracterizar tierras agrícolas con fines de manejo y conservación de suelo y agua, en parcelas de uso agrícola, pecuario y forestal en la subcuenca del río Caño Quebrado.
- Actividad 2: Evaluar alternativas de desmonte y preparación del terreno en el cultivo de piña para evitar la degradación del suelo.
- Actividad 3: Evaluar medidas de conservación del suelo y agua para controlar la erosión y mejorar la calidad del suelo.
- Actividad 4: Evaluar alternativas de captura de carbono en sistema forestales, de pastoreo y producción agrícola de ladera.
- Actividad 5: Evaluar alternativas de reutilización de rastrojos de piña (Biochar, bocachi, compost) en suelos degradados.
- Actividad 6: Evaluar absorción de nutrientes y uso eficiente del nitrógeno en cultivos de arroz (SICA), piña y pastos.
- Actividad 7: Evaluar alternativas de uso eficiente del agua en cultivos de arroz (SICA), piña y pastos.
- Actividad 8: Evaluar alternativas de fitorremediación para eliminar contaminación en suelos y aguas por drogas veterinarias y agroquímicos en suelos con diferentes usos.
- Actividad 9: Realizar eventos de difusión y transferencia.
- Actividad 10: Sistematización de la información generada.

3. Estrategia metodológica: (máx. 3000 caracteres)

La estrategia que se utilizara para responder los objetivos del proyecto de investigación, aborda componentes básicos para toda acción de investigación y desarrollo de las metodologías correspondientes a cada actividad:

- Componente de Caracterización edáfica de los sistemas de producción forestal, agrícola y pecuaria en la subcuenca del río Caño Quebrado en Panamá Oeste.

➤ Metodología 1: con el objetivo de: Caracterizar cuatro usos de suelos en la subcuenca del río Caño Quebrado para conocer y mejorar la fertilidad del suelo. Se utilizarán las normas y criterios propuestas en el manual para la caracterización del suelo y del terreno del Soil Survey Staff (1993) y para la clasificación del suelo en orden, suborden, grande grupo, subgrupo y familia se realizará con la clave taxonómica del Soil Survey Staff (2010). En la investigación descriptiva se recurrirá a fuentes secundarias como: Atlas Ambiental de Panamá, Atlas de las tierras Secas y Degradadas de Panamá, Metas de Neutralidad de la Degradación de las Tierras-Panamá, la Zonificación de suelos de Panamá por niveles de nutrientes y el Mapa de clasificación de los Suelos de Panamá. Para el estudio de campo se utilizará la Metodología propuesta por Delgado (1997) y Jaimes (2009) para Estimación del Índice de Productividad (IP), Estimación del Índice de Riesgo de Erosión (IRE) y Calificación de los riesgos de erosión, en función de los valores del Índice de Riesgo de Erosión (IRE) en el primer año del proyecto. Las determinaciones analíticas se realizarán en los laboratorios de Suelos del IDIAP en Las Zanguengas y Divisa. Los indicadores que se utilizarán son: Porcentaje de diagnóstico de las categorías del suelo en la zona del proyecto y % de mejora en la calidad de los suelos, en el primer año y en el último año del proyecto.

• Componente de Innovaciones en el manejo y conservación del suelo y uso eficiente del agua a través de enfoques integrados de técnicas nucleares e isotópicas y agricultura de precisión.

➤ Metodología de la actividad 2: con el objetivo de: Evaluar la respuesta a diferentes técnicas de preparación del terreno en el cultivo de piña en la Subcuenca de Caño Quebrado. Se establecerá un experimento para determinar los efectos interactivos de sistema de labranza, rotación de cultivos y los rendimientos. Entre las técnicas de preparación del terreno se probarán cero labranzas, labranza con subsolador, labranza convencional con arado de vertedera y la labranza mínima con arado de cincel y se medirán los efectos sobre las propiedades físicas (textura, densidad aparente, densidad real, porosidad y compactación) y químicas (COS, MO, pH, macro y micronutrientes, y CIC del suelo). Se establecerán parcelas experimentales con sus respectivas repeticiones y diseño estadístico de acuerdo con el sistema de uso de la tierra. Se tomaron ocho submuestras de suelo en cada parcela entre las profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm de profundidad utilizando un barreno holandés. Las determinaciones analíticas se realizarán en los laboratorios de Suelos del IDIAP en Las Zanguengas y Divisa. Los indicadores que se utilizarán son: % de aumento de la relación C/N, % de reducción en los costos de preparación del terreno en el cultivo de piña, % de aumento en los rendimientos, % de estratificación de la MOS y COS al finalizar el cuarto año.

➤ Metodología de la actividad 3: con el objetivo de: Evaluar los niveles de redistribución de suelo (erosión/deposición) en sistemas forestales, de producción agrícola y pecuaria con medidas de conservación de suelos y aguas. Se establecerán parcelas experimentales con sus respectivas repeticiones y diseño estadísticos, para evaluar la eficacia de las medidas de conservación del suelo destinadas a controlar la erosión como terrazas y barreras vivas se emplearán técnicas nucleares basadas en el uso de radionúclidos de origen natural y artificial (FRN), para evaluar la erosión del suelo y la sedimentación. Analizando concentraciones (Cs 137) para detectar cambios en los patrones e índices de redistribución del suelo en la Subcuenca de Caño Quebrado. Se utilizará la técnica de los isótopos estables por compuesto (CSSI) para determinar dónde se originó el suelo erosionado y las zonas propensas a la degradación. Se utilizará la Hidrología Isotópica para conocer a cabalidad el nivel de sedimentación en el Río Caño Quebrado en un menor tiempo y costo. Esta actividad se realizará en conjunto con la UTP para la utilización de las técnicas nucleares y Cooperación técnica de la OIEA. Los indicadores que se utilizarán: % de Efectividad en la reducción de la pérdida de suelos, escorrentía, nutrientes y colmatación de aguas superficiales al tercer año del proyecto.

➤ Metodología de la actividad 4: con el objetivo de: Aumentar la captura de carbono en los suelos y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero relacionados con la agricultura y la ganadería. Se establecerán parcelas experimentales con sus respectivas repeticiones y diseño estadístico de acuerdo con el sistema de uso de la tierra, para estimar la biomasa aérea, determinación de la concentración de carbono en la parte aérea, cálculo de los almacenes de carbono en la biomasa, muestreo y medición de la concentración de carbono en el suelo.

Para evaluar la captura de carbono en los suelos y la reducción del volumen total de emisiones de gases de efecto invernadero, se utilizará la metodología de cromatografía de gases con detectores FID, ECD y TCD. Los Indicadores que se utilizarán son: % de aumento en la captura de carbono orgánico en los suelos al final del proyecto.

➤ Metodología de la actividad 5: con el objetivo de: Aumentar el ingreso de materia orgánica en el suelo, mejorar la CIC y aumentar su fertilidad. Se elaborarán mezclas de Biochar y compost utilizando restos de vegetales del cultivo de piña, y fuentes de carbono como aserrín, hojas secas en una relación de C/N de 30/1. El Biochar y compost producido serán analizados para conocer el contenido de macro y micro nutrientes. Luego se realizarán pruebas para determinar la dosis por cultivo. Se establecerán parcelas experimentales con sus respectivas repeticiones y diseño estadístico, para determinar el balance de nutrientes se mediante la salida y entrada de nutrientes al sistema. Se determinarán los indicadores de salud del suelo relacionados al cambio de manejo de la fertilidad con la herramienta SiDiCaSS para el establecer el índice de calidad inicial y final. Las determinaciones analíticas de realizarán en los laboratorios de Suelos del IDIAP en Las Zanguetas y Divisa. Los indicadores que se utilizarán: % de aumento en la reutilización de los residuos vegetales del cultivo de piña al finalizar el cuarto año del proyecto y % de aumento de la calidad del suelo al tercer año del proyecto.

➤ Metodología de la actividad 6: con el objetivo de: Mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes. Se establecerán parcelas experimentales con sus respectivas repeticiones y diseño estadístico. Los muestreos de campo para la elaboración de las curvas de absorción se realizarán con base en la metodología descrita por Ramírez y Bertsch (1998), Sancho (1999) y Bertsch (2009). Se realizarán muestreos cada quince días, y que coincidan con las etapas fenológicas más importantes del cultivo. Escoger plantas en excelentes condiciones dentro de la parcela. Las muestras secas se clasificarán en raíz, follaje y frutos, para determinar la extracción de nutrientes en cada una de ellas. Se determinará N mediante el método Kjeldahl. Se utilizará el proceso de mineralización vía húmeda y se determinará P por método fosfomolibdico, con el empleo de un espectrofotómetro de luz visible, y el K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu y Zn mediante absorción atómica de fuente continua. Además se utilizarán técnicas nucleares como: Ensayo de determinación de uso eficiente del nitrógeno en con isótopo estable N-15 con Cooperación Técnica de la OIEA. El Indicador de la actividad será el % de reducción del consumo de fertilizantes nitrogenados y foliares el cuarto año del proyecto.

➤ Metodología de la actividad 7: con el objetivo de: Determinar la eficiencia en el uso del agua en las parcelas de arroz (SICA), cultivo de piña y pastos en las provincias de Panamá Oeste. Se establecerán parcelas experimentales con sus respectivas repeticiones y diseño estadístico. Después de finalizar la temporada de riego, serán sumadas las láminas de cada riego utilizadas, para obtener la lámina total aplicada durante todo el ciclo del cultivo. La eficiencia en el uso del agua relaciona la productividad o rendimiento obtenida por el cultivo y el consumo total de agua durante el ciclo del cultivo y se determina con la siguiente fórmula (Michael, 1981). $EUA = Rg/CTA$ Donde; EUA; corresponde a la eficiencia en el uso del agua $Kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$, Rg rendimiento del cultivo en $Kg\ ha^{-1}$, CTA; es el consumo total de agua (mm). Para el ensayo de determinación de uso eficiente de agua se usarán los isótopos estables como H-2 y O-18 y la Cooperación técnica de la OIEA. El Indicador de la actividad será: % de reducción del consumo de agua por los cultivos sin comprometer los rendimientos.

➤ Metodología de la actividad 8: con el objetivo de: Determinar metales pesados en suelos, aguas y sedimentos; identificando su fuente y monitoreando los contaminantes del suelo y agua. Se establecerán sitios de muestreo por conveniencia a partir de la observación en campo en una área de 10 m x 30 m, utilizando el método sistemático o de rejilla de acuerdo del uso del suelo (agrícola, forestal y ganadería bovina) en la época lluviosa y seca. Para evaluar el grado de contaminación se tomarán muestras en biomasa de los cultivos presentes, suelo, sedimentos y agua. La evaluación de los metales pesados como Cobre, Hierro, Zinc, Manganeseo, Cadmio, Cromo, Arsénico, Plomo y Níquel se realizará de acuerdo a la norma 30.50B-USEPA y determinación con espectrofotómetro de absorción atómica en los laboratorios de suelos del IDIAP-Divisa. El Indicador de esta

actividad será: % en la reducción de la contaminación en los suelos y aguas por metales pesados el cuarto año del proyecto.

- Componente de Gestión del conocimiento y fortalecimiento de capacidades en innovaciones de manejo y conservación de suelos en los sistemas de producción de arroz (SRI), piña y la ganadería bovina.

➤ Metodología de la actividad 9: con el objetivo de: Lograr que los beneficiarios del proyecto adquieran las técnicas básicas, identifiquen y desarrollen las competencias necesarias; a través de la gestión integrada del conocimiento. Se establecerá una relación triangular entre investigadores, extensionistas y agricultores para producir un flujo de comunicaciones en las tres direcciones con un enfoque de adaptación al cambio climático. A partir de esto, se realizarán talleres utilizando recursos autodidácticos cada año para la socialización del proyecto, concertación y sistematización de la experiencia de innovación. Además, se realizarán adiestramiento y conferencias en manejo de suelos degradados, Formación de Formadores utilizando las técnicas de demostración de métodos y aprendiendo haciendo, en las fincas de los productores colaboradores. El indicador de esta actividad es el Número de productores con servicios de transferencia tecnológica el último año del proyecto.

- Componente de Sistematización de la información generada

➤ Metodología de la actividad 10: con el objetivo de: Sistematizar las buenas prácticas de conservación de suelos y aguas con un enfoque de adaptación al cambio climático. Se analizarán todas las experiencias en campo y se elaborará un documento ajustando la metodología de la Base Internacional de Tecnologías y Aproximaciones de Conservación de Suelos y Agua de la FAO y el PNUMA-WOCAT (World Overview of Conservation Approaches and Technologies - Panorama Mundial de Enfoques y Tecnologías de la Conservación). El indicador de esta actividad es el Número de documentos con sistematización de las experiencias realizadas y lecciones aprendidas al finalizar el cuarto año del proyecto