



ECO-SUELOS: INVESTIGACIÓN PARA UN MANEJO MÁS PRODUCTIVO Y SOSTENIBLE DE SUELOS ANDINOS EN LA ECOREGIÓN CENTRO- NORTE DEL ECUADOR

PROPUESTA DE PROYECTO DE INVESTIGACION PROMSA ¹

1. TITULO

Eco-Suelos: Investigación para un manejo más productivo y sostenible de suelos andinos en la ecoregión centro- norte del Ecuador.

2. INSTITUCIONES PARTICIPANTES

2.1. Institución Base:

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Edificio Ministerio de Agricultura y Ganadería, 4to. Piso. Esquina de las Avenidas Amazona y Eloy Alfaro. Casilla Postal 17-012600, Quito, Ecuador, teléfono: 690-691, correo electrónico: barrera@cip.org.ec

2.2. Instituciones Colaboradoras:

- Centro Internacional de la Papa (CIP), Apartado 17-21-1977, Quito-Ecuador, teléfono: 690-363, correo electrónico: sherwood@cip.org.ec
- Land Resource Sciences, Guelph University, Ontario-Canadá, N1G 2W1, teléfono: (519) 824-4120 X 2481, fax: (519) 824-5730, correo electrónico: rprotz@lrs.uoguelph.ca
- Instituto Internacional para Alimentos, Agricultura y Desarrollo de la Universidad de Cornell (CIIFAD), Box 14 Kennedy Hall, Ithaca, NY 14853; teléfono: (607) 255-3035; fax: (607) 255-1005; correo electrónico: ks47@cornell.edu
- Instituto de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sustentable (ICADES), Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra (PUCE-I). Av. Aurelio Espinosa Pólit, Ciudadela “La Victoria”, Apartado Postal 10-01-734, teléfono: (593-6) 643-501, correo electrónico: larry@uio.satnet.net
- Universidad Estatal de Bolívar-Facultad de Ciencias Agropecuarias. Panamericana Norte, Km. 12., Guaranda, Bolívar.

¹ Aprobado.

3. PERSONAL PARTICIPANTE

3.1. Investigadores Principales:

Víctor Hugo Barrera: Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador. Maestría en Manejo de Sistemas de Producción Agropecuarios (Pontificia Universidad Católica de Chile); Responsable del Núcleo de Apoyo Técnico y Capacitación (NAT/C) y de las Unidades de Validación y Transferencia de Tecnología (UVTT) del INIAP; siete años de experiencia en desarrollo e implementación de proyectos de sistemas de producción agropecuarios. Experiencia en reciclaje de nutrientes en el sistema de producción papa-pastos.

Pedro Oyarzun: Ing., Ph.D., Wageningen Agricultural University (Países Bajos), Asesor Científico Regional, Co-Líder Programa Nacional de Raíces Tubérculos Rubro Papa y Proyecto FORTIPAPA, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. Experto en ecología de suelos, con énfasis en patología con más de 15 años de experiencia en Europa y América Latina. En la actualidad está estudiando la naturaleza y dinámica de poblaciones de patógenos comunes en suelos paperos del Carchi.

Stephen Sherwood, B.A. Desarrollo Internacional, Penn State; M.P.S. Agricultura Tropical, Cornell University. Experto Asociado, Centro Internacional de la Papa; Responsable del Programa de Capacitación Campesina y Colaboración Institucional en Ecuador; 10 años de experiencia con programas de manejo integrado de cultivos (MIP y conservación de suelos) en Centro América con Cornell University, la Escuela Agrícola Panamericana (Zamorano), y otras entidades. Su investigación se ha centrado en cómo fomentar aprendizaje ecológico e innovación agrícola en comunidades rurales, centrandose en temas de manejo de plagas y suelos.

3.2. Investigadores Asociados:

Juan José Córdova: Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador. Maestría en Nutrición de suelos (Colegio de Postgraduados de Chapingo-México); Responsable del Departamento de Suelos y Agua del INIAP; 20 años de experiencia en nutrición y conservación de suelos.

Carlos Marcial Monar, Ingeniero Agrónomo Escuela Politécnica de Chimborazo, Maestro en Ciencias en Agronomía (Universidad de Puerto Rico). Investigador Agropecuario y Responsable de la Unidad de Validación y Transferencia de Tecnología (UVTT) del INIAP-Bolívar. Investigador Principal en proyectos colaborativos de investigación y desarrollo con instituciones nacionales e internacionales. Profesor Titular de la Cátedra de Biometría, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Estatal de Bolívar.

Richard Protz: B.S. Agronomía (Saskatchewan); M.Sc. en Ciencias de Suelos (Saskatchewan); Ph.D. Ciencias de Suelos (Iowa State). Profesor de Pedología del Departamento de "Land Resource Sciences", Universidad de Guelph. Sus investigaciones en los últimos 20 años se han centrado en micro-pedología, con énfasis en procesos de formación de suelos usando imágenes de alta resolución para entender el impacto de prácticas agrícolas en la etapa manejable del suelo.

Ken Schlather, Ph.D., Coordinador, Programa de América Latina, CIIFAD, Ithaca, New York, USA. Experto en manejo integrado de nutrientes de suelos con más de 15 años de experiencia en el Sureste de Asia y América Latina. En los últimos años ha estado trabajando en sistemas de abonos verdes y cultivos de cobertura en Centro América para potenciar las dinámicas de fósforo y otros aspectos esenciales para el mantenimiento de fertilidad del suelo.

Jovanny Suquillo: Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador. Investigador Agropecuario y Responsable de la Unidad de Validación y Transferencia de Tecnología (UVTT) del INIAP-Carchi. Investigación y extensión en manejo del sistema papa-leche y manejo integrado de plagas en la región Norte del Ecuador. Acaba de graduarse en un curso intensivo de tres meses coordinado por la FAO en producción y manejo integrado del cultivo de la papa.

Larry Frolich, B.S., Paleontología, Universidad de California, Berkeley; Ph.D., Biología de Organismos, Universidad de Chicago; Profesor en Ciencias Ambientales, ICADES, Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Ibarra. Tres años de experiencia en alternativas agrícolas ecológicas en la provincia de Carchi. Diseñó e implementó el programa de fruticultura y diversidad de papas en la comunidad de Mariscal Sucre con la Estación Biológica Guandera. Diez años de experiencia en educación y capacitación comunitaria.

4. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

En Ecuador, el paradigma predominante para el mejoramiento de la producción agrícola ha sido limitado a manipular organismos (el cultivo y sus plagas) a través de tecnologías (fertilizantes sintéticos, plaguicidas, etc.) en vez de explotar las numerosas oportunidades y complementariedades biológicas que existen entre los organismos dentro de un sistema integral. En papa, por ejemplo, los científicos consideran que el potencial de producción dentro del ecosistema andino se acerca a las 100 T/ha y existen agricultores que en la actualidad producen 60 T/ha; sin embargo, el promedio nacional está cerca de 7.8 T/ha (Herrera *et. al.* 1999). Esta baja producción no solo se observa en la papa, sino también en otros cultivos como el trigo, la cebada, el maíz, etc, que forman parte de los sistemas de producción de la zona andina, y es atribuida a varios factores bióticos y abióticos, entre los que sobresalen la presencia de plagas y enfermedades, inestabilidad climática y aquellos relacionados con la fertilidad de los suelos.

La degradación de los suelos en Ecuador es considerada entre los problemas ambientales más serios del país (Byers 1990; White y Maldonado 1991). Un estudio realizado por De Noni y Trujillo en 1986, demostró que el 12% de los suelos del país (31.500 km²) estaban expuestos a erosión activa. Fuerzas múltiples han contribuido para la degradación de los suelos de la región, incluyendo la actividad agropecuaria, agricultura de monocultivo, alto uso de agroquímicos, labranza total y movimiento mecánico del suelo. Aunque las lluvias intensas que caen sobre los suelos expuestos comúnmente causan erosión, el alto contenido de materia orgánica de los suelos negros andinos facilita una gran infiltración; como consecuencia, el escurrimiento solo ocurre durante los eventos de lluvia más severos, es decir, entre una o dos veces por año (De Noni y Trujillo, 1986; Harden, 1991). El uso de tractores en pendientes relativamente moderadas a severas (25-35 grados) ha resultado en la traslocación hacia abajo de grandes cantidades de suelo (Kooistra y Meyles, 1997; Van Soest, 1998; Veen, 1999). En forma consistente y con tendencia a través de los andes ecuatorianos, el cultivo mecanizado en laderas ha aumentado dramáticamente en las últimas décadas, hasta el punto en que el uso de tractores ha logrado ser la causa primordial de erosión física y degradación de suelos.

El fenómeno de agotamiento sistemático de la capacidad productiva de los suelos explicado fundamentalmente por el deterioro de la micro-vida, es conocido universalmente como fatiga del suelo (Von Lenteren *et al.*, 1992). Mientras el concepto de degradación de suelos tiende a centrarse en pérdidas de calidad física de suelos, la preocupación en la fatiga del suelo se centra en su fertilidad o productividad, la cual incluye las cualidades físicas y químicas, pero también por los aspectos biológicos, como por ejemplo: la abundancia y diversidad de organismos (en particular las poblaciones de patógenos), y el poder regenerativo del suelo (es decir su capacidad de recuperarse después de períodos de cultivo, etc.).

Una revisión de la literatura sobre los suelos en Ecuador revela que los esfuerzos de conservación de suelos hasta la fecha se han centrado en aspectos físicos y químicos. El impacto de las prácticas agrícolas en los organismos del suelo y los efectos asociados no han sido considerados seriamente. Aunque todavía se desconoce los detalles, se sabe que prácticas como el multicultivo, la rotación de cultivos y el uso de enmiendas orgánicas tienden a favorecer la diversidad y abundancia de organismos; mientras otras prácticas, específicamente aquellas asociadas con la agricultura moderna de alta intensidad y cantidad de insumos, han causado problemas con la capacidad amortiguadora del suelo y por ende con la habilidad de producir alimentos y fibra (Abawi y Thurston, 1994; Coleman y

Crossley, 1996; Van Lenteren *et. al.*, 1992). Esta situación motivó a D. Hillel a escribir, "*El arado ha causado más destrucción a civilizaciones que la espada*".

El INIAP tiene la misión de proporcionar tecnología agropecuaria para mejorar la producción y productividad de los rubros más importantes de la ecoregión andina. Prueba de ello es la tecnología generada en papa, cebada, trigo, arveja, haba, fréjol, pastos y ganadería, con un enfoque reduccionista. Con este enfoque, el INIAP ha logrado importantes avances en favor del desarrollo agropecuario; sin embargo, carece de experiencia para llegar a una solución integral de problemas complejos que se presentan en esos sistemas de producción, menos aún cuando se integran aspectos de sostenibilidad de los suelos, donde es difícil entender los fenómenos a través de los componentes aislados, si no se correlacionan con el contexto en que operan.

Por otra parte, el CIP, las Universidades de Guelph y Cornell tienen experiencias en el manejo y aplicación de metodologías que permiten medir el impacto de las prácticas agropecuarias en la sostenibilidad de los suelos y colaboran en un programa de desarrollo de métodos para facilitar la investigación agro-ecoregional. Especialistas de esas tres instituciones van a transmitir esas experiencias y conocimientos a los profesionales del INIAP y de las Universidades de Bolívar y Católica de Ibarra, a través de trabajos colaborativos y de capacitación.

Con estos antecedentes, se propone el proyecto "Eco-Suelos", el cual nace de parte de las inquietudes de agricultores y técnicos sobre los efectos de las prácticas agrícolas en la productividad y la sostenibilidad del suelo en dos provincias donde el INIAP lidera proyectos para el mejoramiento de los sistemas agrícolas: Carchi y Bolívar. En estos sitios se ha notado un deterioro en el poder productivo de los suelos, especialmente debido a un manejo inadecuado y una frecuencia indebida del cultivo de la papa. Como consecuencia, el suelo es cada vez menos fértil y los agricultores enfrentan más problemas con patógenos y plagas insectiles del suelo, dejando una dependencia progresiva en los insumos externos, en particular los agroquímicos y plaguicidas que causan problemas ambientales y por lo tanto un incremento en los costos y el riesgo de producción.

En Ecuador existe una gran necesidad de integrar el manejo de componentes abióticos y bióticos para lograr y promover prácticas más sostenibles que favorezcan las cosechas, el medio ambiente y la gente. Existen muchos estudios que se han generado para condiciones de países no-tropicales, y por lo tanto, no son necesariamente relevantes a los suelos y la situación socio-cultural Andina. Es necesario, entonces, desarrollar nuevas herramientas de análisis práctico y conducir estudios locales, a fin de determinar cómo nuestra agricultura puede favorecer más la productividad y sostenibilidad.

El Proyecto Eco-Suelos complementará proyectos de INIAP y CIP ya existentes, en particular los esfuerzos para promover el manejo integrado de cultivos en sistemas de papa, la evaluación de los costos de productividad, medioambiente y salud de las tecnologías agrícolas e influir en la toma de decisiones políticas (ver **Anexos 6 y 7**). Eco-Suelos contribuirá a integrar las diversas perspectivas de agricultores y técnicos en los campos de entomología, microbiología, fitopatología, ciencias del suelo y extensión para fomentar mayor conciencia y entendimiento sobre los principios y procesos requeridos para optimizar el manejo del recurso suelo. Los participantes, en este proyecto, desarrollarán nuevas herramientas para analizar prácticas alternas e identificarán los regímenes de manejo más adecuados y promisorios para la agricultura presente y futura. Por el carácter de las actividades y temas a investigar, los resultados y productos del proyecto serán de alta aplicabilidad a los diversos cultivos importantes de cada región, en particular a los sistemas con componentes de leguminosas y granos.

Los beneficiarios directos serán los agricultores participantes en los proyectos colaborativos INIAP/FORTIPAPA, INIAP/ILRI, INIAP/CIP, en Carchi (190 familias entre Santa Martha de Cuba, La Libertad y San Pedro de Piartal) y en Bolívar (más de 120 familias entre las comunidades de Pachacutic, Carbón Chinipamba, Totoras y Culebrillas). A través de intercambios de información y actividades de capacitación con organizaciones afines, se espera llegar a una población más amplia en la ecoregión andina.

La hipótesis nula (Ho) que se plantea en este proyecto es que la agricultura convencional no está disminuyendo la base productiva en la zona andina y que no existen alternativas viables para ajustar los sistemas y mejorar, en forma continua, la salud de suelos, y así la productividad y sostenibilidad de la agricultura.

5. OBJETIVOS

General:

- Incrementar la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción en la sierra ecuatoriana centro-norte mediante un manejo más intensivo e integrado del suelo.

Específicos:

- Identificar métodos de investigación más factibles para entender los impactos de prácticas agrícolas en la productividad y sostenibilidad de suelos negros andinos.
- Identificar alternativas agrícolas promisorias para mejorar el manejo integrado (productivo y sostenible) de los suelos en el sistema papa-leche y extrapolar los resultados a componentes de otros sistemas.
- Difundir los resultados sobre metodologías de investigación a técnicos ecuatorianos y sobre alternativas para mejorar el manejo integrado de los suelos a extensionistas y grupos de productores.

6. ACTIVIDADES Y METODOLOGIA PROPUESTA

6.1. Componente Científico

Primer Objetivo

Para cumplir con el primer objetivo, se prevé sintetizar y probar indicadores y métodos efectivos y factibles en el ámbito ecuatoriano para medir cambios biológicos y físicos en el suelo, y evaluar prácticas agrícolas para mejorar la productividad y sostenibilidad de los suelos. En los últimos 20 años ha ocurrido un notable desarrollo de métodos y conocimientos en los múltiples procesos ecológicos que ocurren en el suelo en otras regiones del mundo. Con el fin de aprovechar esta experiencia, el proyecto convocará, a través de un serie de talleres y trabajos en red, a una amplia gama de expertos, alistados como investigadores colaboradores, para ajustar los estudios propuestos. El **Cuadro 1** resume nueve estudios de campo y laboratorio a ser refinados, incluyendo un resumen sobre procedimientos generales, resultados y los respectivos líderes de las investigaciones.

Segundo Objetivo

Para cumplir con el segundo objetivo de identificar alternativas agrícolas promisorias para mejorar el manejo integrado de los suelos, el proyecto establecerá un estudio de línea base sobre el manejo de suelos. Se evaluarán prácticas alternativas para mejorar los sistemas. Para fortalecer el análisis, Eco-Suelos aprovechará investigaciones complementarias, en particular una extensiva base de datos dinámica de INIAP y CIP sobre diversos aspectos agronómicos (manejo del cultivo, uso de agroquímicos, etc.) y socio-económicos (conocimientos, gastos, etc.) de las fincas, que incluye visitas bimensuales por un período de tres años. Donde sea posible, las áreas de investigación de este proyecto serán escogidas dentro de los sitios de los proyectos Tradeoffs y Eco-Salud del INIAP-CIP (ver **Anexos 6 y 7**).

Cuadro 1. Resumen de estudios a ser realizados

Estudios	Descripción/propósito	Procedimientos	Productos	Responsable
Pruebas de métodos e indicadores de salud de suelos.	Adaptación y comparación en campo de dos procedimientos.	Aplicar y adoptar las metodologías establecidas por la Universidad de Wisconsin (Doran) y CIAT (Burpee).	Identificación de indicadores y métodos empíricos útiles para evaluar salud de suelos con agricultores.	K. Schlather S. Sherwood
Pruebas de fertilidad biológica de suelos.	Comparación entre muestras estériles y no estériles.	Cultivar papas en macetas conteniendo distintas muestras de suelo.	Indices de fertilidad de suelos.	P. Oyarzun
Bioensayos de patógenos	Determinación de poblaciones de patógenos predominantes (indicadores bacteria, hongos y nemátodos)	Sembrar plantas altamente susceptibles en macetas, para determinar incidencia y daño.	Niveles de población de patógenos y patogenicidad de un suelo.	P. Oyarzun
Análisis químico (elemental y completo).	N-P-K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, según pH (Al+H, C.E.), CE, Na, MO, CIC, Ca/Mg, Mg/K, (Ca=Mg/K), S, B, N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe.	Análisis químicos estándar del laboratorio de suelos de INIAP.	Nivel de oferta (presencia y disponibilidad) nutricional de un suelo.	2. Córdova C. Schlather
Conteo de macro y micro-artrópodos.	Clasificar grupos de animales del suelo.	Separación dinámica e identificación por grupos (colembola, ácaros, protura, diplura, pauropoda y symphyla)	Inventarios de abundancia y diversidad de organismos en un suelo; potencial por reciclaje de MO y amortiguamiento de balances nutricionales.	S. Sherwood P. Varoney
Análisis de micro-morfología.	Espacios (poros de suelo), agregación, estabilidad de los agregados.	Micro análisis de propiedades espectrales entre espacios y minerales anisotrópicos (i.e., quartz), seguido por análisis de agregados usando EASI/PACE.	Indices de espacios en un suelo, agregación y estabilidad de agregación como afecta el movimiento de agua y crecimiento de raíces.	R. Protz
Análisis físico.	Curva de retención, densidad aparente, punto de marchitez (PM), textura, balances limo-arena-arcilla, retención de agua (pF), fracciones de MO.	Análisis físicos estándar del laboratorio de suelos de INIAP.	Indices de calidades físicas.	Córdova P. Oyarzun
Análisis de microbiología benéfica y antagonista.	Evaluar poblaciones de mycorrizas, actinomycetes, nemátodos y bacterias.	Cultivos en medios selectivos, extracción e identificación.	Inventario de abundancia y diversidad de organismos en un suelo; potencial por aprovechamiento de nutrientes, reciclaje de MO y amortiguamiento.	P. Oyarzun
Comparación de distintos regímenes y prácticas agrícolas.	Determinación del impacto de distintas prácticas (rotaciones, labranzas, leguminosas, etc.) en la salud de suelos.	Comparación entre distintos regímenes de manejo (usando métodos anteriores); cronosecuencias para identificar efectos de mediano plazo (1 a 20 años)	Identificación de alternativas promisorias para mejorar la salud de suelos	V. Barrera P. Oyarzun K. Schlather 4. Sherwood J. Córdova

Factores del estudio y diseño experimental

El proyecto tomará en cuenta tres sistemas de cultivo y cuatro tipos de suelos típicos de la región:

Tres sistemas de cultivos

- S1= papa-pasto (no más de dos siembras de papa en secuencia)
- S2= sistema diversificado (papas, cereales, leguminosas, pastos en rotación)
- S3= papa intensivo (más de seis siembras de papa en secuencia).

Cuatro sub-classes de suelo de la clase Andept

- SC1= Dystrandeps
- SC2= Duruidoll
- SC3= Eutrandspts
- SC4= Arguidoll

Combinaciones en Estudio:

T1 = S1SC1

T2 = S1SC2

T3 = S1SC3

T4 = S1SC4

T5 = S2SC1

T6 = S2SC2

T7 = S2SC3

T8 = S2SC4

T9 = S3SC1

T10= S3SC2

T11= S3SC3

T12= S3SC4

Para ganar mayor entendimiento sobre el efecto de tiempo en un espacio relativamente corto de tres años, el diseño de investigación tomará en cuenta diferentes tiempos de manejo. Por ejemplo, se considerarán parcelas con un año de establecimiento de pastizal versus parcelas establecidas con pastizal hace 20 años. Se estudiarán dos parcelas por cada combinación, dando un total de 24 parcelas de observación. En estas se probarán los métodos e indicadores de salud de suelos para lograr una evaluación holística de la fertilidad y sostenibilidad de suelos.

Análisis

Los campos en observación estarán ubicados en altitudes entre los 2,600 a 3,200m. Esta región es considerada representativa del cultivo de la papa en la frontera agrícola inferior del páramo bajo. La pendiente promedio en la cual se ubicarán las parcelas será de 18%, la misma que representa a la mayoría de terrenos que están con el cultivo de papa. Las muestras dentro del sistema rotativo serán tomadas inmediatamente antes y después de preparar el suelo para la siembra del cultivo de papa, para uniformizar resultados y permitir comparaciones válidas. Para lograr una evaluación holística de la fertilidad y sostenibilidad de suelos, el proyecto considerará diversos indicadores biológicos (abundancia y diversidad de distintas poblaciones de organismos como micro y macro-artrópodos, micorriza y patógenos), físicos (fracciones de materia orgánica, agregación y su estabilidad y espacios) y químicos (micro y macro nutrientes, pH, CEC, etc.).

El análisis estadístico, para cada estudio propuesto (Cuadro 1), se basará en estadísticas descriptivas tanto de tendencia central como de desviación, mediante las cuales se podrán diferenciar los niveles e índices de cada combinación evaluada. En cada estudio se va a generar variables que caracterizan la fertilidad y sostenibilidad de las combinaciones en su conjunto; para ello se prevé realizar un análisis de componentes principales, el cual es un procedimiento de estadística multivariada, perteneciente a la familia de los análisis factoriales. Su utilidad radica en que permite reducir la dimensionalidad de un problema, a fin de facilitar la interpretación, visualización y la comprensión de las relaciones entre variables o entre observaciones. El agrupamiento de las combinaciones se puede lograr mediante métodos multivariados, como lo es el análisis de conglomerados o “cluster”. Este tipo de análisis permitirá agrupar combinaciones a partir de las variables tomadas en las muestras de las parcelas y dará mayores criterios para diferenciar o agrupar las combinaciones que presenten fertilidad y sostenibilidad o viceversa.

Tercer Objetivo

Para difundir los resultados sobre metodologías de investigación a técnicos ecuatorianos y sobre alternativas para mejorar el manejo integrado de los suelos a extensionistas y grupos de productores, se van a implementar talleres de capacitación, días de campo, giras de observación, boletines divulgativos y la creación de un medio de difusión (manual, CD-ROM) sobre metodologías de investigación sobre salud de suelo. En este CD-ROM, que contiene una plataforma dinámica de Sistema de Información Geográfica, se incorporará la información de las parcelas a ser estudiadas en el proyecto y aquella generada por varios proyectos en Carchi, como por ejemplo INIAP-CIP, Consorcio Carchi, el Proyecto MANRECUR II y el Proyecto Páramos. Los colaboradores están usando esta modalidad para poder capturar cambios a través de tiempo y para poder apoyar a políticos y comunidades en procesos más amplios de toma de decisiones sobre el manejo de los recursos naturales.

6.2. Componente Logístico

Para poder implementar el proyecto en la parte logística, se considera necesario establecer tres niveles de funcionamiento: un Comité Coordinador, un Comité Técnico, y dos Unidades Ejecutoras a nivel provincial (principalmente en Carchi y secundariamente en Bolívar).

El Comité Coordinador estará conformado por INIAP (Víctor Barrera) y CIP (Stephen Sherwood) en enlace directo con las Unidades de Validación y Transferencia de Tecnología en Carchi (Jovanny Suquillo) y Bolívar (Carlos Monar). Esta entidad de coordinación ya conduce actualmente actividades de diversos proyectos en camino, como por ejemplo los proyectos de Eco-Salud, Tradeoffs, FORTIPAPA, ILRI, entre otros. En este proyecto, su función principal será la de coordinar las actividades técnicas, administrativas y financieras del proyecto para asegurar el logro exitoso de los objetivos.

El Comité Técnico estará compuesto por técnicos en aspectos diversos de ciencia de suelos, e incluirán INIAP (Pedro Oyarzun, Juan Córdova), Cornell (Ken Schlather) y la Universidad de Guelph (Richard Protz y Paul Varoney). El trabajo principal de este comité será el diseño de las investigaciones, los análisis de resultados y la identificación de alternativas viables para mejorar el manejo integrado de los suelos. El Comité Técnico participará en la supervisión de por lo menos seis tesis académicas nacionales a nivel de Ingeniería Agronómica, tanto como otras tesis a nivel de post-grado en los casos de Guelph y Cornell.

Cada provincia participará de una forma descentralizada como una Unidad Ejecutora del proyecto. A nivel de Carchi, se incluirá el equipo técnico de las UVTTs/INIAP y en Bolívar el equipo técnico de la UVTT/INIAP y egresados de la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Bolívar. Los equipos ejecutores proveerán apoyo directo a los estudios de campo y recibirán apoyo del Núcleo de Apoyo Técnico, y los Programas y Departamentos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP tanto como los proyectos del CIP en Ecuador, Perú y Bolivia, especialmente durante las investigaciones de laboratorio.

7. RESULTADOS ESPERADOS

La finalidad de Eco-Suelos es incrementar la producción y productividad de los sistemas de producción de la sierra ecuatoriana mediante un manejo más intensivo e integrado (productivo y sostenible) del suelo. El **Cuadro 2** representa el Marco Lógico del proyecto que resume los resultados específicos esperados y las actividades a ejecutarse durante el transcurso del proyecto. Aprovechando la experiencia existente en otras partes de las Américas, Eco-Suelos establecerá indicadores y una base metodológica de investigación que permitirá a los técnicos ecuatorianos entender mejor sobre la condición de un suelo, tomando una perspectiva más holística que incluye componentes químicos,

físicos, biológicos y sus respectivas interacciones. Adicionalmente, el proyecto buscará intervenir en forma inicial, pero directa, en acciones estratégicas para mejorar el manejo integrado de suelos.

Se producirá una línea de base sobre la condición actual de los suelos, la cual incluirá un inventario de un serie de organismos indicadores de fertilidad de suelo, seguido por unas investigaciones de tesis sobre el impacto de tres distintas modalidades de rotación y alternativas puntuales para mejorar el manejo integrado del suelo. Eco-Suelos difundirá los resultados a través de cursos y material divulgativo (manuales y boletines) para técnicos, sobre indicadores y métodos de investigación. Además, se incorporará los resultados sobre alternativas para fortalecer el manejo integrado de los suelos en las actividades de INIAP, CIP y sus colaboradores de capacitación campesina de las Escuelas de Campo e Investigación Participativa. Finalmente, los resultados de Eco-Suelos entrarán en los procesos de formulación de políticas entre los gobiernos locales y la sociedad civil sobre el manejo sostenible de los recursos naturales.

Cuadro 2. Marco Lógico de Eco-Suelos

Finalidad

Incrementar la producción y productividad de los sistemas de producción de la sierra ecuatoriana mediante un manejo intensivo e integrado (productivo y sostenible) del suelo.

Resumen narrativo	Indicadores verificables	Medios de verificación	Supuestos	Responsables
Propósito: Fortalecer el manejo integrado del recurso suelo	20% de incremento en la productividad y sostenibilidad del suelo con la adopción de alternativas de manejo integrado en comparación con manejos convencionales.	Informes del Proyecto Publicaciones	Condiciones ambientales adversas	Comité Coordinador y Técnico.
Resultado 1				
R.1. Identificación de métodos factibles para la investigación de impactos de prácticas agrícolas en la salud y productividad de suelos andinos.	10 técnicos conocen y aplican nuevos métodos de evaluación holística (química, física y biológica) del suelo.	Informe del Proyecto. Personal capacitado.		Comité Coordinador y Técnico.
Actividades				
1.1. Integración de proyectos relevantes en Carchi y Bolívar.	Recursos técnicos y económicos integrados.	Informes de reuniones inter-institucionales	Celos institucionales	Comité Coordinador y Unidad Ejecutora
1.2. Planificación de actividades colaborativas.	Colaboración interinstitucional.	Memorias de eventos colaborativos. Planes operativos.	Celos institucionales	Comité Coordinador y Técnico. Unidad Ejecutora
1.3. Selección de parcelas de observación.	24 parcelas de observación seleccionadas.	Parcelas de observación.		Comité Técnico y Unidad Ejecutora
1.4. Integración y	Un conjunto de	Informes del	Condiciones	Comité Técnico

validación de métodos de investigación usados en múltiples proyectos.	métodos de investigación validados.	Proyecto. Materiales de métodos de investigación.	ambientales adversas.	y Unidad Ejecutora
1.5. Establecimiento de estudios de laboratorio en base a muestras tomadas en las parcelas de observación.	Al menos 8 estudios ejecutados.	Análisis de laboratorio.		Comité Técnico
1.6. Sistematización y análisis de la información recopilada por los técnicos y estudiantes en los estudios efectuados.	Se ha establecido comparaciones entre los tres sistemas de cultivo evaluados en el proyecto.	Tesis académicas. Publicación de los resultados de investigación.		Comité Técnico
Resultado 2				
R.2. Identificación de alternativas agrícolas promisorias para mejorar el manejo integrado de los suelos.	6 estudios cumplidos sobre el impacto de distintos sistemas y prácticas agrícolas en la salud de suelo.	Informes del proyecto. Tesis		Comité Coordinador y Técnico.
Actividades				
2.1. Establecimiento de una red de agricultores colaboradores.	se ha establecido una red de 20 agricultores colaboradores	Agricultores organizados	Colaboración local	Unidad Ejecutora.
2.2. Implementación de la línea base sobre el manejo de suelo, conocimientos y criterios detrás de toma de decisiones y condición de suelo.	2 encuestadores capacitados. 20 agricultores encuestados.	Línea de base	Colaboración de agricultores	Comité Técnico y Unidad Ejecutora
2.3. Identificación de prácticas alternativas para mejorar los sistemas desde la perspectiva de manejo integrado del suelo.	Al menos 3 prácticas seleccionadas	Línea Base. Estudios efectuados.		Comité Técnico y Unidad Ejecutora
2.4. Establecimiento de parcelas experimentales con prácticas alternativas manejadas por técnicos y agricultores colaboradores.	Al menos 9 parcelas experimentales establecidas en 3 sitios.	Parcelas instaladas en el campo.	Condiciones climáticas adversas	Comité Técnico y Unidad Ejecutora.
2.5. Sistematización y análisis de la información recopilada por los técnicos y estudiantes en las parcelas experimentales.	Se ha establecido comparaciones entre las prácticas alternativas evaluados en el proyecto.	Tesis académica. Publicación de los resultados de investigación.		Comité Técnico
Resultado 3				
R.3. Difusión de los resultados sobre metodologías de	50 técnicos informados sobre metodologías de	Informe del Proyecto, Memorias y		Comité Coordinador y Técnico.

investigación a técnicos y sobre alternativas para mejorar el manejo integrado de los suelos a extensionistas y grupos de productores.	investigación y 100 agricultores informados sobre prácticas para mejorar el manejo sostenible de suelos.	evaluaciones de las capacitaciones.		
Actividades				
3.1. Talleres de capacitación para técnicos sobre metodologías de investigación.	2 talleres. 10 técnicos capacitados.	Informes de eventos. Lista de participantes		Unidad Ejecutora
3.2. Talleres de capacitación para agricultores innovadores.	2 talleres 20 agricultores capacitados en conceptos básicos de salud de suelo e investigación participativa.	Memoria del taller. Evaluación de capacitación.		Comité Coordinador y Técnico.
3.3. Días de campo y giras de observación para técnicos y agricultores.	2 días de campo 2 giras de observación 40 agricultores y 10 técnicos capacitados.	Lista de participantes		Comité Coordinador y Técnico. Unidad Ejecutora
3.4. Elaboración de boletines divulgativos para agricultores.	1000 boletines divulgativos	Boletines		Comité Coordinador
3.5. Creación de medios de difusión (manual, CD-ROM) sobre metodologías de investigación sobre salud de suelo.	50 ejemplares divulgados.	Manual. CD-ROM.		Comité Coordinador y Técnico.

8. RECURSOS A EMPLEARSE

8.1. Recursos Humanos

A través de una integración de Eco-Suelos con otras iniciativas complementarias, por ejemplo las de Eco-Salud, Tradeoffs, ILRI y otros esfuerzos de CIIFAD, ICADES, INSTRUCT, WAU y CONDESAN, se espera optimizar el uso de recursos y lograr un impacto más allá de la inversión de PROMSA. De acuerdo con los Comités de Coordinación, Técnica y Ejecución, las organizaciones colaboradoras proveerán los aportes humanos para poder realizar las actividades y los objetivos del proyecto:

- El INIAP participará con nueve técnicos, uno a nivel de Ph.D., cinco a nivel de maestría, dos a nivel de Ingenieros Agrónomos y un Agrónomo.
- El CIP participará con dos técnicos, uno a nivel de Ph.D. y otro a nivel de maestría.
- Las universidades de Guelph y Cornell participarán con tres técnicos, los tres a nivel de doctorado.
- La PUCE y la Universidad de Bolívar participará con estudiantes egresados y supervisión de tesis.
- El PROMSA participará con la contratación de un técnico a nivel de Ingeniería Agronómica y egresados para apoyar la ejecución de la investigación.

8.2. Recursos materiales

Las organizaciones colaboradoras contribuirán con los siguientes recursos materiales para lograr la ejecución del proyecto:

- El INIAP aportará con las instalaciones de las Unidades de Validación y Transferencia de Tecnología en Carchi y Bolívar, los laboratorios de suelos y fitopatología de la Estación Experimental Santa Catalina, tres vehículos y herramientas de campo.
- El CIP aportará con las instalaciones de los laboratorios de fitopatología y un vehículo.
- La Universidad de Guelph aportará con las instalaciones de los laboratorios de micromorfología, y Guelph y Cornell aportarán equipos para mediciones de campo.
- La PUCE y la Universidad de Bolívar aportarán con espacio de laboratorios y equipos para mediciones de campo.
- El PROMSA aportará con insumos, materiales, reactivos para laboratorio, computadora con impresora, materiales para capacitación y difusión, costos directos de movilización (combustible, viáticos y subsistencias).

10. PRINCIPALES IMPACTOS Y SU SOSTENIBILIDAD

En los sitios del proyecto, los impactos principales serán: una nueva forma de pensar sobre el suelo y un mayor entendimiento sobre cómo lograr un manejo más sostenible del recurso. El proyecto contribuirá a dar una mayor capacidad a los técnicos ecuatorianos, comunidades y políticos en las zonas, para analizar alternativas para el manejo sostenible de los recursos naturales y acciones concretas al respecto. Interacciones con organizaciones afines a nivel nacional y regional asegurarán la amplia aplicación de los resultados del proyecto.

Basados en experiencias previas de participantes en el proyecto, se espera lograr mayor entendimiento sobre la interacción de alternativas tecnológicas en suelos andinos para mejorar en forma continua la fertilidad del suelo. Además de tener un mayor entendimiento sobre el costo verdadero de tecnologías comunes en la fertilidad del suelo, como por ejemplo, plaguicidas, el proyecto comenzará a identificar alternativas más viables, por ejemplo, los cultivos de cobertura y abonos verdes, labranza limitada y la intensificación de uso de leguminosas en pastos para rehabilitar la fertilidad de suelos.

Más específicamente, en las zonas de ejecución y de influencia del proyecto, los principales contribuciones para garantizar un impacto de largo plazo serán:

- Mayor capacidad nacional investigativa en suelos, en particular en áreas biológicas.
- Mayor conocimiento sobre el impacto de la agricultora en la salud de suelos, tomando en cuenta aspectos químicos, físicos y biológicos.
- Mayor cantidad de tecnologías disponibles para determinar salud de suelos, proceso de recuperación y aumentar la productividad.
- Identificación de componentes tecnológicos para el manejo más integrado de suelos.
- Prácticas regenerativas validadas.
- Nuevas acciones políticas a nivel local en Carchi y Bolívar a favor de la productividad y sostenibilidad de los suelos.

11. SUPUESTOS Y RIESGOS

El proyecto asume que la agricultura tiene un impacto notable en el corto plazo sobre los aspectos biológicos de los suelos negro andinos de Ecuador; que métodos relativamente fáciles de investigación pueden capturar estos impactos; y que alternativas de manejo pueden ajustar estas condiciones en la salud de suelos a favor de los agricultores y la sociedad en general. Se debería

reconocer que Eco-Suelos es una iniciativa joven que representa en si un proyecto mucho más ambicioso para el Ecuador y una zona de investigación casi inexplorada en el país; por lo tanto, con todos los tipos de carencias y riesgos. Sin embargo, basados en la experiencia de los investigadores con diversos suelos en otras partes de las Américas, y en particular en los suelos volcánicos de Centro América, los colaboradores esperan una alta probabilidad de éxito con los métodos, procesos y tecnologías a ser probados.

Existen varios factores externos que pueden afectar la consecución de los resultados del Proyecto. Primeramente, la situación económica y social de Ecuador puede afectar la ejecución normal de las actividades de campo. Por ejemplo, los múltiples paros de 1999 a nivel de la sierra causaron una pérdida de por lo menos seis semanas de trabajo, y la explosión de volcanes con cierre de aeropuertos, pueden interrumpir los viajes de personas provenientes del exterior. Además, la inflación en costos de gasolina y los agroquímicos ha causado cambios notables en la agricultura. Por ejemplo, la siembra de papa en Carchi durante la campaña de septiembre a noviembre bajó un 30%, cambiando dramáticamente la dinámica agronómica de la zona y dificultando las investigaciones al respecto. Sin embargo, aunque tales condiciones han causado serias pérdidas económicas y de tiempo, hasta la fecha el compromiso y la creatividad de nuestros colaboradores han permitido una continuación exitosa de las actividades de campo y avances satisfactorios de los proyectos.

Como siempre presente en la agricultura, las condiciones climáticas desfavorables son los principales riesgos que el proyecto no podría prevenir y por lo tanto podría retrasar la obtención de los resultados. Por otro lado, como se van a validar métodos, existe la posibilidad de que estos no se acoplen a las condiciones de la sierra ecuatoriana. La experiencia de los colaboradores y la modalidad de ejecución que utilizará el proyecto permitirá tener un control eficiente de sus actividades.

12. PLAN DE MONITOREO Y EVALUACION

Un sistema de monitoreo y evaluación proveerá la información necesaria para dirigir el proyecto y medir impactos sobre el mediano y largo plazo. El Marco Lógico (**Cuadro 2**) contiene las actividades a cumplirse e indicadores de éxito, y el cronograma (**Anexo 2**) muestra el avance esperado a través del transcurso de tiempo para lograr los objetivos. La retroalimentación desde el campo será continua, y las evaluaciones internas ocurrirán cada tres meses. Un equipo compuesto por representantes del Comité Coordinador y la Unidad Ejecutora conducirá los estudios de línea de base y las evaluaciones intermedia y final del proyecto. El Comité Técnico evaluará los resultados en base de los objetivos establecidos.

13. PLAN DE DIFUSION DE RESULTADOS

Por su diseño, el proyecto que se centra en la colaboración multi-sitio e inter-institucional y la generación de conocimientos y prácticas en conjunto entre agricultores experimentadores y técnicos, la difusión será un componente integral. Las actividades informativas y de capacitación a nivel de comunidades y políticos municipales (alcaldes y proyectos de desarrollo agrícola) y provinciales (gobernadores y consejos agrarios) contribuirán a una difusión de los resultados aún más amplia. Los talleres de capacitación y un manual sobre métodos para cuantificar el impacto de prácticas agrícolas en la salud de suelo servirán a otros proyectos de agricultura sostenible, en particular los esfuerzos de programas como el de Manejo Sostenible del Recurso Suelo (PROMAS).

Inmediatamente, las investigaciones y los resultados de Eco-Suelos apoyarán a la iniciativa de Escuelas de Campo para Agricultores (ECAs), una nueva modalidad de capacitación e investigación participativa ya en camino en Ecuador, Perú y Bolivia. Hoy en día en Ecuador, existen nueve ECAs entre las provincias de Carchi y Chimborazo, con un efecto multiplicador planificado para Bolívar y Cañar. Eventualmente, se espera que la modalidad de ECAs apoye procesos de innovación agrícola en papas y otros cultivos a través de los Andes. Mientras que las ECAs actualmente enfocan en el

manejo integrado de plagas, el Proyecto Eco-Suelos ayudará a los facilitadores y participantes de ECAs a incorporar nuevos métodos de investigación participativa y enseñanza acerca del manejo integrado de suelos.

Un discurso sobre el manejo de los recursos naturales entre los gobiernos locales y la sociedad civil ya está en camino, como evidencia de una reunión reciente sobre el impacto de plaguicidas en la productividad, el medioambiente y la salud humana. El **Anexo 8** representa una declaración que resultó de este proceso que actualmente está apoyando acciones políticas a nivel de la Provincia de Carchi y el Congreso Nacional. Con el apoyo de Eco-Suelos, se espera ampliar este diálogo e incluir el tema de manejo de salud de suelos. Eventualmente, se espera nuevas políticas locales que apoyarán el manejo más integrado del suelo.

LITERATURA CITADA

- Abawi, G. and Thurston, H., 1994. Efecto de las coberturas y enmiendas orgánicas al suelo y de los cultivos de cobertura sobre los patógenos del suelo y las enfermedades radicales: Una revisión. In: Tapado: Los sistemas de siembra con cobertura. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, and Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development, Ithaca, NY pp. 97-108.
- Barrera, V. 1996. Factores que afectan la sostenibilidad del sistema de producción de pequeños productores de Carchi, Ecuador. Un modelo de Simulación. Tesis de Maestro en Ciencias. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago-Chile. 130 p.
- Bezdicsek, D. F., R. I. Papendick, and Lal, R., 1996. Importance of soil quality to health and sustainable land management. In: Methods for Assessing Soil Quality, J. W. Doran and A. J. Jones (Editors). Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp. 1-8.
- Byers, A.C. 1990. Erosion processes in tropical watersheds: A preliminary assessment of measurement methods, action strategies, and information availability in the Dominican Republic, Ecuador, and Honduras. Development Strategies for Fragile Lands. Agency for International Development, Washington, DC.
- Coleman, D. C., and Crossley, Jr., D.A., 1996. Fundamentals of Soil Ecology. Academic Press, San Diego, CA.
- Crissman, C.; Antle, J. y Capalbo, S. 1998. Economic, environmental, and health tradeoffs in agriculture: Pesticides and the sustainability of Andean potato production. Kluwer Academic Publisher. 281. Pp.
- De Noni, G. y Trujillo, G. 1986. La erosión actual y potencial en Ecuador: Localización, manifestaciones y causas. En CEDIG: La erosión en el Ecuador. Documentos de Investigación No. 6. Quito-Ecuador. pp. 1-14.
- Harden, C. 1991. Andean soil erosion. National Geographic Research and Exploration. 7(2):216-231.
- Herrera, M.; H. Carpio y G. Chávez. 1999. Estudio sobre el subsector de la papa en el Ecuador. INIAP/PNRT-Papa. Quito, Ecuador. 140 pp.
- Kooistra, L. y Meyles, E. 1997. A novel method to describe spatial soil variability: A case study for a potato-pasture area in the northern Andes of Ecuador. Laboratory of soil Science and Geology, Wageningen Agricultural University, The Netherlands. 65 p.
- MAG-ORSTOM. 1980. Mapas de suelos. Quito, Ecuador.

- Merril-Sands, D. y Kaimowitz, D. 1990. The technology triangle: Linking farmers, technology transfer agents, and agricultural researchers. The Hague: International Service for National Agricultural Research.
- Sherwood, S. 1998. Soil health. Linking research and action for more regenerative agriculture. Paper presented at the International Symposium on Soil Health, Entomological Society of America and American Phythological Society Joint Meeting. Las Vegas, Nevada. 9-11 November. 25 pp.
- Shaxson, T. Conservation at the crossroads in tropical countries (Commentary). Journal of the soil and water conservation society. January-February. P. 2.
- Soil Survey. 1978. Keys to soil taxonomy. SMSS technical monograph No. 6. Blacksburg, Va.
- Veen, M. 1999. The development of land use and land management, and their effects upon soils in processes of mechanical erosion and compaction: A case study for a potato-production area in the northern Andes of Ecuador. Wageningen Agricultural University/Centro Internacional de la Papa. 66 pp.
- Von Lenteren, J.C.; A.K. Mineks y D.M.B. De Ponti. 1991. Biological control and integrated crop protection: Towards environmentally safer agriculture. Pudoc Scientific Publisher. Wageningen. 225 pp.
- White, S. and F. Maldonado. 1991. The use and conservation of natural resources in the Andes of southern Ecuador. In: Mountain Research and Development. 11 (1): 37-55.

**RESUMEN DEL PROYECTO DE INVESTIGACION
PERFIL No. 1103-5**

Nombre de la Institución Principal	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
Tipo de Institución Principal	INIAP
Nombre de las Instituciones Ecuatorianas Asociadas	Pontificia Universidad Católica de Ibarra Universidad de Bolívar
Tipo de Instituciones Asociadas	Universidades Públicas y Privadas Organización No Gubernamental
Nombre de las Instituciones Colaboradoras en el Exterior	Centro Internacional de la Papa (CIP) Universidad de Guelph de Canadá Universidad de Cornell
Tipo de Instituciones Colaboradoras en el Exterior	Centro Internacional Universidad Pública
Area Principal	Generación de nuevas metodologías de investigación Manejo de recursos naturales en la producción agrícola
Rubro Principal	Suelos Uso de la tierra
Propósito principal	Incrementar la seguridad alimentaria y el manejo sostenible de los recursos productivos.
Objetivos inmediatos	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar métodos factibles para la investigación de impactos de prácticas agrícolas en la productividad y sostenibilidad de suelos negro andinos. • Identificar alternativas agrícolas promisorias para mejorar el manejo integrado (productivo y sostenible) de los suelos. • Difundir los resultados sobre metodologías de investigación a técnicos ecuatorianos y sobre alternativas para mejorar el manejo integrado de los suelos a extensionistas y grupos de productores.
Zona de Ejecución	Provincias: Carchi y Bolívar Cantones: Carchi (Espejo, Tulcán y Montúfar) Bolívar (Salinas)
Zona de Efecto Esperado	Provincias: Cotopaxi, Cañar, Chimborazo Cantones: Cotopaxi (Latacunga y Salcedo) Cañar (Cañar, El Tambo) Chimborazo (Riobamba)
Grupo Meta	Carchi (120 familias entre Santa Martha de Cuba, La Libertad y San Pedro de Piartal) y en Bolívar (más de 90 familias entre las comunidades de Pachacutic, Carbón Chinipamba, Totoras y Culebrillas).
Monto Total de Financiamiento Solicitado USD	72.870
Monto de Contraparte Propuesto USD	67.000
Duración del Financiamiento Solicitado	36 meses
Fecha de inicio	marzo de 2000