

REGULACION DE LA FERTILIDAD EN AGROECOSISTEMAS DE LOS ANDES TROPICALES: EFECTO DE LA DIVERSIDAD ECOLOGICA, BIOLÓGICA Y CULTURAL ¹

MOSANDES

Manejo **O**ptimizado de **S**uelos de los **A**ndes

Materia **O**rgánica de **S**uelos de los **A**ndes

Modelos de **S**uelos de los **A**ndes

Micro-**O**rganismos de **S**uelos de los **A**ndes

Micorrizas de **S**uelos de los **A**ndes

Macro-**O**rganismos de **S**uelos de los **A**ndes

1. RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto asocia, en un enfoque interdisciplinario, científicos de varios países andinos, Cuba y España en torno al tema del manejo de la fertilidad del suelo en agroecosistemas andinos. El objetivo central es ampliar los conocimientos existentes sobre los mecanismos biológicos que regulan la fertilidad del suelo, especialmente en relación a la disponibilidad de nutrientes, buscando definir estrategias que permitan una modernización más racional y más sustentable de la agricultura. El proyecto está diseñado para abarcar una parte representativa de la diversidad ecológica y cultural de la región andina. Una escala de análisis interregional incluye la variabilidad climática, edáfica y de tipos de manejo (Andes centrales secos vs Andes del norte húmedos, suelos volcánicos vs no volcánicos, etc.). Otra escala, regional, considera los gradientes altitudinales y la heterogeneidad topográfica, factores de gran peso en ambientes de montaña. En cuanto a tipos de manejo se incluyen los tradicionales, de origen milenario, los intermedios y los modernos de altos insumos. El enfoque propuesto consiste por una parte en estimar los requerimientos potenciales de los cultivos (principalmente papa pero también trigo, maíz, frijol y yuca) en cada área de estudio a través del uso de modelos de simulación. Estos modelos (DSSAT) calculan el crecimiento potencial del cultivo y su dinámica de absorción de nutrientes en base a datos de radiación solar y temperatura, considerando que no hay limitaciones hídricas ni nutricionales. Por otra parte, los requerimientos potenciales así calculados se compararán con la absorción real por el cultivo, detectándose

¹ Proyecto presentado en enero del 2000 al CYTED y aprobado como proyecto XII.4 del Subprograma XII de Diversidad Biológica. Co-jefes del proyecto: María José Acea, Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (CSIC), correo electrónico: acea@cesga.es; y Lina Sarmiento, Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales (CIELAT), Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, correo electrónico: lsarmien@ciens.ula.ve.

los períodos en que ocurre déficit de nutrientes y la magnitud de este déficit bajo diferentes sistemas de manejo. Simultáneamente se estudiarán algunos de los procesos que regulan la disponibilidad de nutrientes, tales como actividad microbiana, la inmovilización-mineralización, el lavado de nutrientes, la dinámica de descomposición de abonos orgánicos, las asociaciones micorrizicas, etc. El proyecto gira alrededor de cinco grandes temas que son el manejo integrado de nutrientes (abonos orgánicos y fertilizantes minerales), los sistemas agrícolas con descansos largos, la rotación de cultivos, el reemplazo de sistemas (vegetación natural por cultivos o sistemas tradicionales por intensivos) y el desarrollo de ecotecnologías (biofertilizantes, barbechos mejorados, bioremediación).

SUMMARY

This project associates, into an interdisciplinary approach, scientists of several Andean countries, Cuba and Spain, within the topic of soil fertility management in Andean agroecosystems. The main goal is to extend the existent knowledge on the biological mechanisms that regulate the soil fertility, especially with respect to nutrients availability. This knowledge can help to define strategies that allow a more rational modernization and a more sustainable agriculture. The project design includes a representative part of the ecological and cultural diversity of the Andes. An inter-regional scale of analysis includes the climatic and edaphic variability (Central dry Andes vs. North humid Andes, volcanic soils vs. not volcanic, etc.). A regional scale considers gradients of altitude and topographical heterogeneity, both factors of great importance in mountain environments. The types of management included are the traditional (of millennial origin), the intermediate and the modern high inputs systems. The proposed approach consists in estimating the potential requirements of the crops (mainly potato but also wheat, maize, beans and manioc) in each of the study areas through the use of simulation models. These models (DSSAT) calculate the potential growth of the crop and their nutrient uptake dynamics using the information of daily solar radiation and temperature, and considering that there are neither water nor nutrient limitations. These potential requirements will be compared with the real uptake of the crop, detecting the magnitude and the periods when nutrient deficit occurs and the extent of this deficit under several management systems. Simultaneously, some of the processes that regulate nutrient availability will be studied, like microbial activity, immobilization-mineralization, nutrient leaching, decomposition dynamics of organic manures, micorrizal associations, etc. Five main topics are defined: long fallow agricultural systems, crop rotation, integrated nutrient management (organic manures and mineral fertilizers), substitution of systems (natural vegetation by crops or traditional by intensive management) and development of ecotechnologies (biofertilizers, improved fallow, bioremediation).

2. DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETIVOS CONCRETOS DEL PROYECTO

Objetivo general

Desarrollar las bases teóricas y el conocimiento empírico necesario para entender los mecanismos ecológicos que regulan la fertilidad de los suelos andinos tropicales y como éstos mecanismos son modulados por los ejes de variación propios de la región (gradientes climáticos, altitudinales, edáficos, topográficos, de intensidad de manejo, etc.). El objetivo final es contribuir a la formulación de una estrategia de manejo agroecosistémica adecuada para la región andina, basada en la optimización del uso de insumos y en la sustentabilidad de los sistemas de producción

Objetivos específicos

- Sentar las bases para un manejo integrado de nutrientes que permita una modernización más racional de los sistemas agrícolas.
- Analizar los sistemas agrícolas con descansos largos, que constituyen la forma tradicional más común de manejo agrícola en los Andes, dilucidando las causas de la pérdida de la fertilidad durante el periodo de cultivo y los mecanismos de su recuperación durante el descanso, así como las posibles estrategias para optimizar el funcionamiento de estos sistemas en cuanto al uso de nutrientes.
- Analizar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y los requerimientos del cultivo a lo largo de las rotaciones más comúnmente practicadas en la zona, con el fin de proponer estrategias de optimización.
- Analizar el efecto del reemplazo de sistemas naturales por agroecosistemas o de los cambios de uso sobre el funcionamiento del suelo y sus posibles consecuencias sobre la estabilidad funcional y estructural de los suelos.
- Validar, mejorar y adaptar algunos los modelos de la serie DSSAT a las condiciones andinas, recolectando información a lo largo de una serie de gradientes ambientales.
- Desarrollar y evaluar ecotecnologías tales como el uso de biofertilizantes, el mejoramiento de barbechos por la introducción de leguminosas y otras especies y el uso de bioremediadores, que permitan resolver algunos de los problemas de la agricultura andina.

3. JUSTIFICACION Y RELEVANCIA DE LOS OBJETIVOS

En los trópicos las montañas tienen un rol primordial en la producción de alimentos ya que una serie de rubros agrícolas solo pueden obtenerse en estos climas. Al mismo tiempo constituyen ambientes frágiles, cuya degradación tiene no sólo un efecto local sino consecuencias sobre las zonas bajas aledañas y sobre el ciclo hidrológico de grandes regiones. Prácticamente toda la zona andina está densamente poblada, ya sea por campesinos que practican una agricultura tradicional o semi-tradicional o por pequeños productores que realizan una agricultura de mayores insumos. Por otra parte, en los Andes está contenida una fracción muy significativa de la diversidad del planeta, tanto en lo que se refiere a tipos de ecosistemas, diversidad de especies y también diversidad genética de algunas especies cultivadas de gran importancia (como la papa). Por todo lo anterior consideramos que es de carácter prioritario encontrar formas de hacer más sustentable la agricultura en estos ambientes y evitar que continúen los procesos de degradación del suelo y desertificación. Para cumplir con este objetivo es necesario entender mejor los procesos que regulan la fertilidad del suelo y evaluar la eficiencia de los sistemas agrícolas actuales y que cambios pueden hacerse para aumentarla.

En cuanto a los objetivos específicos, éstos implican ampliar los conocimientos en algunos de los temas más relevantes en la zona andina. El creciente uso de abonos orgánicos y minerales se ha hecho sin una buena base científica generando problemas de uso excesivo y contaminación. Por otra parte, los sistemas con descansos largos, que constituyen una de las formas tradicionales de manejo más extendidas en la región, han entrado en crisis por presión poblacional y/o fraccionamiento de fincas, lo cual hace que el tamaño y número de parcelas tienda a disminuir y por lo tanto el tiempo de posible barbecho también. El uso de la tierra antes de que se recupere promueve una degradación acelerada del recurso suelo. El proyecto analiza posibles formas de prevenir esto, acortando el tiempo de regeneración de la fertilidad con sistemas que incorporan plantas de rápido crecimiento tanto leguminosas como no leguminosas. Se propone también profundizar los estudios en el tema de rotación de cultivos, práctica que permite aumentar el número de años bajo cultivo y lograr una optimización del uso de los nutrientes. El efecto del reemplazo de ecosistemas naturales por agroecosistemas o de agroecosistemas tradicionales por modernos es también un tema muy actual en la región, donde estas transformaciones se producen de forma

acelerada. Los biofertilizantes y bioremediadores pueden considerarse alternativas tecnológicas apropiadas y prometedoras para una agricultura sustentable. Entre los objetivos figura también validar los modelos DSSAT, para los cultivos y condiciones andinas, modelos que puede llegar a ser una herramienta útil de manejo y toma de decisiones

4. SEÑALAR LA OPORTUNIDAD EXISTENTE O FUTURA PARA DESARROLLAR EL PROYECTO

En el taller sobre Prioridades de Investigación en la Ecoregión Andina, realizado en Mérida (Nov. 1997) bajo los auspicios de CYTED, se constituyó una mesa de trabajo sobre fertilidad. El resultado de las discusiones es este proyecto, formulado conjuntamente por investigadores de varios países andinos, Cuba y España. La mayoría de los participante ya está trabajando en la temática de fertilidad del suelo, ya sea en los Andes o en otras regiones. En el taller se hizo énfasis en la necesidad de unificar el marco conceptual e integrar los esfuerzos individuales en un contexto más amplio. Pensamos que este proyecto es realizable porque ya existen recursos básicos en los diferentes países, tanto en lo que se refiere a investigadores y técnicos entrenados (ver punto 11) como a la existencia de laboratorios, equipos e infraestructura en general (ver punto 12). Además existen una serie de resultados previos que permiten plantearse el problema con una base sólida y sin partir desde cero (ver punto 5). Este proyecto permitiría articular el trabajo de los diferentes investigadores en un marco integrador, aunando esfuerzos y cubriendo entre todos un amplio rango de condiciones andinas. Sumando las zonas de trabajo de los distintos participantes se obtiene una buena representación de la diversidad ecológica y cultural existente en la región andina y por otra parte sumando los enfoques y especialidades de los diferentes investigadores se constituye un grupo interdisciplinario con mayor capacidad para abordar este tema complejo.

Desde el punto de vista del financiamiento, algunos grupos ya tienen proyectos aprobados o han solicitado fondos. Otra parte del financiamiento se solicitará progresivamente, a medida que se definan subproyectos específicos (tesis de maestría o doctorado, por ejemplo).

4 BIS. SEÑALAR POSIBLE IMPACTO (CORTO, MEDIO O LARGO PLAZO), (CIENTIFICO, TECNOLOGICO, TRANSFERENCIA AL SECTOR EMPRESARIAL, ETC) DE LOS RESULTADOS ESPERADOS

A nivel general se espera obtener resultados científicos que permitan entender el problema de la fertilidad a una escala andina, considerando los diferentes ejes de variabilidad existentes en la región. Estos resultados tendrán interés para la gestión de los agroecosistemas, pudiendo servir de orientación para un mejor ordenamiento del territorio y para las políticas de desarrollo sostenible.

A nivel específico se espera que la información obtenida tenga impacto sobre las estrategias de uso de abonos orgánicos y fertilizantes, permitiendo mejorar el problema del exceso de uso y sus consecuencias contaminantes. Así mismo se espera generar recomendaciones para mejorar los sistemas agrícolas con descansos largos y para optimizar las rotaciones de cultivos, utilizando las secuencias de especies más apropiadas. Por otra parte, la generación de ecotecnologías, como biofertilizantes y bioremediadores, puede tener un impacto importante sobre la sustentabilidad económica y ecológica de estos sistemas de producción.

Las posibles transferencias están principalmente orientadas hacia el sector campesino y de pequeños productores agrícolas. El sector empresarial podría tener interés en la producción de biofertilizantes y en el área de bioremediación.

Por otra parte, la validación de algunos de los modelos de la familia DDSAT y su adaptación a las condiciones andinas, puede ayudar a poner a punto una metodología de evidente interés aplicado para el manejo de cultivos.

5. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LOS ASPECTOS CIENTIFICO-TECNICOS, INCLUYENDO LA BIBLIOGRAFIA MAS RELEVANTE

En la temática de fertilidad de suelos tropicales es necesario hacer referencia al proyecto TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) patrocinado por la Unión Biológica Internacional y MAB-UNESCO en el marco de la década de los trópicos. Este proyecto dedicó mucho tiempo a establecer tanto sus bases conceptuales como sus líneas y estrategias de investigación, sus hipótesis y diseño experimental (Swift, 1984, 1985, 1987, 1991; Ingram & Swift, 1989). Parte de los resultados obtenidos se encuentran recopilados en Woomer et al. (1994). El proyecto TSBF fue implementado en el trópico bajo, MOSANDES intenta extenderlo y adaptarlo a la región andina, considerando las especificidades de los sistemas montañosos, como su gran diversidad ecológica, la existencia de gradientes altitudinales, las bajas temperaturas, etc. Para realizar esta adaptación seguimos los lineamientos de otro de los programas de la década de los trópicos Comparative Studies on Tropical Mountain Ecosystems (Monasterio et al., 1984, 1987).

La agricultura andina tradicional ha permitido mantener la gran diversidad de cultivos que caracteriza a uno de los grandes centros de domesticación de plantas y animales (Brush, 1995; Altieri, 1996) y sus prácticas de conservación de suelos (terrazas, sistemas de labranza y de riego) han demostrado ser altamente sustentables (Erickson & Chandler, 1989; Treacey, 1989). Sin embargo, las bases agroecológicas de su funcionamiento son poco conocidas, en especial en lo que se refiere a la fertilidad del suelo. Diversos autores han investigado los mecanismos que permiten la recuperación de la fertilidad durante los descansos largos que se practican en la agricultura tradicional andina (Ferwerda, 1987; Montilla et al., 1992; De Robert, 1993; Hervé, 1993, 1994; Sarmiento et al., 1990, 1993; Sarmiento, 1995; Sivila & Hervé, 1994; Blanco, 1994; Llambí & Sarmiento, 1998). Estos autores no encuentran cambios sucesionales en el contenido de nutrientes del suelo que pudieran asociarse directamente con la recuperación de la fertilidad. La única tendencia sucesional clara que ha podido detectarse hasta ahora es a un aumento de las micorrizas vesiculo-arbusculares. Para aclarar el problema de la recuperación de la fertilidad en suelos de montaña se requieren nuevos estudios que enfaticen en el análisis de la ecología y microbiología del suelo y que consideren la heterogeneidad espacial de las parcelas (intra e inter-parcelas), la cual es probablemente una de las principales causas de que con métodos sincrónicos de análisis de la sucesión no logren detectarse tendencias claras (Llambí & Sarmiento, 1998).

Otra práctica muy utilizada en la agricultura andina es la rotación de cultivos (Lescano & Zeballos, 1982; Tapia, 1994; Altieri, 1996; Nieto et al., 1997). Estas rotaciones son muy ricas e incluyen especies como papa (*Solanum tuberosum*) / quinoa (*Chenopodium quinoa*) / oca (*Oxalis tuberosa*) / ulluco (*Ullucus tuberosum*) / chocho (*Lupinus mutabilis*) / maíz (*Zea mays*) y otros como cebada, habas y arvejas, que se rotan en diversas secuencias en periodos de 4 a 5 años seguidos por descansos largos o intermedios. En un trabajo reciente, Nieto et al., 1997, demuestran la importancia de la rotación de cuatro cultivos andinos para mantener el rendimiento y controlar la producción de malezas. En general, el problema de la rotación ha sido analizado utilizando un enfoque agronómico clásico, sin hacer énfasis en los mecanismos ecológicos que permiten optimizar la utilización de los recursos a lo largo de la rotación.

De lo anterior puede concluirse que los estudios sobre fertilidad del suelo desde una perspectiva agroecológica son escasos en la región andina, ignorándose en gran medida en que se basan la mayoría de las prácticas tradicionales antes descritas así como el efecto de la intensificación agrícola sobre la

estabilidad y sustentabilidad de la agricultura andina. Por esta razón consideramos que MOSANDES es un proyecto prioritario para la ecoregión Andina.

REFERENCIAS

- Altieri, M. 1996. Enfoque agroecológico para el desarrollo de sistemas de producción sostenibles en los Andes. CIED. Perú.
- Blanco, O (1994): Efecto del descanso del suelo sobre el número y la viabilidad de quistes de *Globodera* spp. de la papa. In: *Dinámicas del descanso de la tierra en los Andes*. (Eds: Hervé, D; Genin, D; Riviere, G) IBTA-ORSTOM, La Paz, 171-174.
- Brush, S. 1995. In situ conservation of landraces in centers of crop diversity. *Crop. Sci.* 35: 346-354.
- De Robert, P (1993): *Prácticas campesinas en el Paramo de Apure: Fundamentos ecológicos, económicos y sociales de un sistema de producción andino (Cordillera de Mérida, Venezuela)*. PHD Thesis, Postgrado de Ecología Tropical, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Erickson, C.L. & Chandler, K.I. 1989. Raised fields and sustainable agriculture in the Lake Titicaca basin of Perú. In: *Fragile lands of Latin America*. pp:230-243. J.O. Bowder (ed). Westview Press, Boulder.
- Ferwerda, W. 1987. The influence of potato cultivation on the natural bunchgrass paramo in the Colombian Cordillera Oriental. Internal Report no. 220. Hugo de Vries Laboratory. University of Amsterdam. 83 p.
- Hervé, D (1993): *Dynamique de la pratique des jachères longues pâturées dans les Andes*. In: *La jachère en Afrique de l'Ouest*. (Atelier International, Montpellier, du 2 au 5 décembre 1991) (Eds: Floret, C; Serpantie, G) Editions de l'ORSTOM, Paris, 193-206.
- Hervé, D (1994): *Respuesta de los componentes de la fertilidad del suelo a la duración del descanso*. In: *Dinámicas del descanso de la tierra en los Andes*. (Eds: Hervé, D; Genin, D; Riviere, G) IBTA-ORSTOM, La Paz, 155-169.
- Ingram, J.S.I. & Swift, M.J. (1989). *Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) programme: Report of the fourth TSBF interregional workshop*. Biology International. Special Issue 20.
- Lescano, R.J. & Zeballos, J.A. 1982. *Secuencia de rotación de cultivos andinos*. Memorias del 3er Congreso Internacional de Cultivos Andinos. La Paz, Bolivia, pp. 93-99.
- Llambí, L.D. & Sarmiento, L. 1998. *Dinámica sucesional de la biomasa microbiana y de otros parámetros edáficos en un agroecosistema con descansos largos de los páramos venezolanos*. Enviado a *Ecotropicos*.
- Monasterio, M., Sarmiento, G. & Solbrig, O. 1984. Comparative studies on tropical mountain ecosystems: a proposal for a collaborative programme of research. *Biology International*. Special Issue 8.
- Monasterio, M., Sarmiento, G. & Solbrig, O. 1987. Comparative studies on tropical mountain ecosystems: Planning for research. *Biology International*. Special Issue 12.
- Montilla, M., Herrera, R. & Monasterio, M. 1992. Micorrizas vesículo-arbusculares en parcelas que se encuentran en sucesión-regeneración en los Andes tropicales. *Suelo y Planta*, 2:59-70.
- Nieto-Cabrera, C., Francis, C., Caicedo, C., Gutierrez, P. & Rivera, M. 1997. Response of four andean crops to rotation and fertilization. *Mountain Research and development* 17: 273-282.
- Sarmiento, L. (1995): *Restauración de la fertilidad en un sistema agrícola a jachera larga de las altas Andes de Venezuela*. PHD Thesis, Université de Paris XI. 237 p.
- Sarmiento, L.; Monasterio, M.; Montilla, M. (1990): Succession, regeneration and stability in high andean ecosystems and agroecosystems: The rest-fallow strategy in the Paramo de Gavidia, Mérida, Venezuela. *Geographica Bernesia, African Studies Series A8*, 151-157.
- Sarmiento, L.; Monasterio, M.; Montilla, M. (1993): Ecological bases, sustainability, and current trends in traditional agriculture in the Venezuelan high andes. *Mountain Research and development* 13(2), 167-176.

- Sivila,R; Hervé,D (1994): El estado microbiológico del suelo, indicador de la restauración de la fertilidad. In: Dinámicas del descanso de la tierra en los Andes. (Eds: Hervé,D; Genin,D; Riviere,G) IBTA-ORSTOM, La Paz, 185-197.
- Swift, M.J. (Ed). 1991. Soil fertility and global change: the role of TSBF studies in the IGBP. Biology International. Special Issue 25.
- Swift, M.J. (Ed). 1984. Soil Biological processes and tropical soil fertility: a proposal for a collaborative programme of research. Biology International. Special Issue 5.
- Swift, M.J. (Ed). 1985. TSBF, Tropical Soil Biology and Fertility: Planning for research. Biology International. Special Issue 9.
- Swift, M.J. (Ed). 1987. Tropical Soil biology and Fertility (TSBF). Inter-regional research planning workshop. Biology International. Special Issue 13.
- Tapia, M. 1994. Rotación de cultivos y su manejo en los Andes del Perú. In: Dinamicas del descanso de la tierra en los Andes. (Eds: Herve,D; Genin,D; Riviere,G) IBTA-ORSTOM, La Paz, 37-53.
- Treacey, JM. 1989. Agricultural terraces in Peru's Colca Valley: promises and problems of an ancient technology. In: Fragile lands of Latin America. pp:209-229. J.O. Bowder (ed). Westview Press, Boulder.
- Woomer, P.L & Swift, M.J. 1994. The biological Management of Tropical Soil Fertility. Jhon Wiley and Sons.

6. METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO SUFICIENTEMENTE DETALLADO, CON DESGLOSE DE TAREAS, INDICACION DE LAS UNIDADES PARTICIPANTES EN CADA UNA DE ELLAS Y DIAGRAMA DE TIEMPOS

6.1. Estructura del proyecto (fig. 1)

Se utilizarán tres escalas espaciales de análisis (fig. 1): interregional, regional y agroecosistémica. Las dos primeras permiten la selección de las áreas de trabajo en base a un planteamiento conceptual, permitiendo interpretar e integrar los resultados obtenidos con el análisis agroecosistémico, que es la escala de trabajo principal del proyecto.

Escala interregional

A esta escala se busca comparar situaciones contrastantes dentro de los Andes Tropicales, con un área de estudio que abarca desde los 20° de latitud Sur hasta los 10° de latitud Norte e incluye una gran diversidad de condiciones naturales y de estrategias de manejo. Se plantea escoger los sitios de trabajo para las comparaciones interregionales en función de tres ejes:

- Eje Interregional 1: Clima (Andes secos→ Andes húmedos): Una de las principales diferencias entre los Andes del Norte y los Centrales es climática, siendo estos últimos más secos. Por consiguiente difieren también la biomasa y la diversidad vegetal, así como la cantidad de materia orgánica del suelo y la dinámica de los procesos edáficos. Todos estos aspectos pueden determinar diferencias importantes en la regulación de la fertilidad del suelo. Por ejemplo, la menor cantidad de materia orgánica asociada a condiciones de bajas precipitaciones influye sobre la capacidad de retener nutrientes y sobre otras propiedades del suelo relacionadas con la fertilidad y la susceptibilidad a la erosión.
- Eje Interregional 2: Tipo de suelo (volcánicos → no volcánicos): En el área de estudio existen ecosistemas y agroecosistemas sobre andosoles y sobre suelos de otros ordenes. El origen volcánico tiene una gran influencia sobre los procesos que regulan la fertilidad del suelo por lo que consideramos importante realizar un análisis comparativo. Una de sus características es la presencia de alófono,

componente mineral que interactúa fuertemente con las moléculas orgánicas del suelo y por lo tanto también afecta la dinámica de la materia orgánica..

- Eje Interregional 3: Sistema productivo (ancestral endógeno → moderno exógeno). Existen diferentes modalidades de gestión de la fertilidad en el mundo andino tropical, las cuales están determinadas por diferencias históricas, ecológicas y socio-económicas. En los Andes Centrales la actividad agrícola es mucho más antigua y en consecuencia las prácticas tradicionales de manejo son más elaboradas, incluyendo rotaciones más complejas, mayor número de especies cultivadas, mayor integración entre la agricultura y el pastoreo, prácticas ancestrales de irrigación y terracéo, etc. En los Andes Colombianos y Venezolanos la ocupación de los Andes Altos, sobre todo de los páramos, es reciente. Las diferencias de manejo plantean la posibilidad de efectuar intercambios tecnológicos interregionales, algunos de los cuales podrían ser evaluados en el marco de este proyecto.

Escala regional

Esta escala se refiere a como escoger los sitios de trabajo dentro de cada país. Se propone que los problemas sean planteados utilizando al menos alguno de los siguientes ejes:

- Eje regional 1: Altura (1000 m → 4000 m): Una característica fundamental de las montañas es la presencia de gradientes altitudinales con variaciones continuas de la temperatura. Como los procesos biológicos que regulan la dinámica de los nutrientes están intimamente relacionados con la temperatura es posible plantear muchas hipótesis sobre como adaptar el manejo de la fertilidad a estos gradientes (ej.: la velocidad de descomposición de los abonos orgánicos varía con la altitud y el manejo de estos abonos debería considerar este efecto).
- Eje regional 2: Topografía (Valle→Ladera): La gran heterogeneidad topográfica, que genera a su vez variabilidad microclimática y edáfica, es otra de las características de los sistemas montañosos. Esta heterogeneidad tiene mucha influencia sobre la fertilidad y el funcionamiento del suelo. Conocer el efecto de la heterogeneidad y saber manejarla es un tema ineludible en las montañas.
- Eje regional 3: Estrategias de manejo (Tradicional → Intensivo): La coexistencia de sistemas agrícolas de tipo tradicional, que utilizan bajos insumos, con otros más intensivos, de mayores insumos y rentabilidad es común en los Andes. Se propone comparar sistemas con diferente intensidad de manejo, analizando los mecanismos que intervienen en la regulación de la fertilidad del suelo. Se propone así mismo hacer una valoración de diferentes sistemas de manejo en términos de su sustentabilidad.

Escala agroecosistémica

A esta escala se analizarán las bases ecológicas de la regulación de la fertilidad y su modulación por los ejes de variación identificados a las otras dos escalas. Se considera que la fertilidad es la capacidad del suelo, bajo un sistema de manejo dado, de proveer nutrientes al cultivo de acuerdo a sus requerimientos (fig 1). Esta capacidad va a estar determinada por las interacciones entre los componentes bióticos, la materia orgánica del suelo y su matriz mineral o física. Se analizarán los requerimientos potenciales de nutrientes por los cultivos y como estos requerimientos varían en función de las coordenadas ecológica (altitud, clima). Al mismo tiempo se analizará la disponibilidad de nutrientes y los procesos edáficos que la regulan. A continuación se especifica la metodología que se utilizará a escala agroecosistémica.

6.2 Metodología

Para el planteamiento de la metodología es necesario considerar que cada participante no solo tiene posibilidades técnicas distintas sino que también difieren sus especialidades e intereses. Para concertar estos aspectos en un proyecto realizable y coherente se han establecido cinco grandes temas de trabajo, que reflejan las principales líneas de investigación de los participantes y tres niveles de análisis de complejidad creciente.

Temas de trabajo y sus bases metodológicas

1. Manejo integrado de nutrientes: Se analizará el efecto de la aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos sobre la disponibilidad de nutrientes, la cantidad y estabilidad de la materia orgánica y la microbiota del suelo. Para este análisis se considerarán procesos como la inmovilización-mineralización microbiana, la dinámica de descomposición de diferentes tipos de abonos orgánicos, el lavado y otras pérdidas de nutrientes, los cambios en cantidad y calidad de la MOS producidos por la adición regular de abonos orgánicos, la actividad de diferentes grupos taxonómicos y funcionales de la microbiota edáfica y la abundancia y diversidad de micorrizas vesículo-arbusculares. Se probarán combinaciones de abonos orgánicos de diferentes calidades que permitan mejorar la sincronización de la liberación de los nutrientes con los requerimientos de los cultivos.
2. Sistemas agrícolas con descansos: Se analizan una serie de compartimientos y procesos que permitan aclarar cuales son los mecanismos de recuperación y pérdida de la fertilidad en los periodos complementarios de descanso y uso agrícola. Se considerarán las variaciones de la cantidad y calidad de residuos incorporados al suelo, las tasas de descomposición de esos residuos, la actividad de diferentes grupos microbianos, la abundancia y diversidad de micorrizas vesículo-arbusculares, etc.
3. Rotación de cultivos: El análisis a escala agroecosistémica se realizará siguiendo las secuencias de rotaciones de cultivos características (maíz, frijol, yuca en las laderas del Cauca, o papa-cereales-quinoa en los Andes centrales) y evaluando en cada caso los requerimientos del cultivo y la disponibilidad de nutrientes del suelo. Se analizará la posibilidad de alterar estas rotaciones para mejorar la sincronización entre disponibilidad y demandas de nutrientes.
4. Reemplazo de sistemas: En muchas áreas andinas los ecosistemas naturales están siendo progresiva y aceleradamente reemplazados por sistemas agrícolas. Así mismo, sistemas tradicionales de manejo son reemplazados por sistemas de mayores insumos. Se plantea analizar el impacto de estas transformaciones sobre los compartimientos y procesos edáficos y su efecto sobre la estabilidad del sistema.
5. Desarrollo de ecotecnologías: Se trabajará con tres tipos de ecotecnologías, los biofertilizantes, los barbechos mejorados por introducción de leguminosas o especies de crecimiento rápido y la bioremediación (uso de microorganismos para degradar sustancias contaminantes).

Niveles de análisis a escala agroecosistémica

Nivel 1: Paquete mínimo

El nivel 1 consiste en las mediciones mínimas a efectuar en cada área de estudio. A este nivel se analizarán los sistemas agrícolas tal como son practicados por los productores, pudiendo realizarse el trabajo directamente en sus parcelas. El paquete mínimo incluye la estimación de la producción y requerimientos de nutrientes potenciales del cultivo y la medición de la producción y absorción real. El

cociente entre producción real y potencial puede ser utilizado como medida de la fertilidad. Se trabajará siempre con nitrógeno y de ser posible también con fósforo y otros macronutrientes. Dada la dificultad metodológica de medir los valores potenciales éstos serán estimados utilizando los modelos de cultivos de la serie DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), que tiene modelos específicos para papa, maíz, frijol, trigo y yuca entre otros cultivos. La estimación se basa en simular el crecimiento del cultivo y la absorción de nutrientes en las condiciones de radiación y temperatura de cada sitio pero suponiendo que no hay limitaciones de nutrientes ni de agua. A este nivel el modelo requiere, además de datos climáticos, información referente a la variedad cultivada (características genéticas principalmente). Los valores potenciales así calculados serán comparados con el crecimiento real de los cultivos y con la acumulación de nutrientes en su biomasa, utilizando esta última medición como indicadora de la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Comparando los valores potenciales con los reales se puede hacer una evaluación de la fertilidad en cada uno de los sitios de estudio y evaluar la magnitud y tiempo de ocurrencia del déficit nutricional, en caso de que lo hubiese. En forma complementaria puede simularse, utilizando los mismos modelos, el crecimiento del cultivo considerando la disponibilidad de agua y de nutrientes. Con este fin se requiere de datos adicionales de entrada, referentes al balance hídrico, al nitrógeno mineral inicial del suelo y a otras variables edáficas. De esta forma el paquete mínimo permitiría no solo evaluar la fertilidad en cada sistema estudiado sino también poner a prueba los modelos DSSAT bajo una serie de condiciones ambientales diferentes.

La dinámica de crecimiento y de acumulación de nutrientes por los cultivos deberá medirse en un mínimo de 3 parcelas, de tamaño suficiente para que las cosechas sucesivas no modifiquen la densidad del cultivo. Por lo menos cinco cosechas sucesivas deberán realizarse a intervalos regulares a lo largo del crecimiento del cultivo. En las parcelas deberá garantizarse un adecuado suministro de agua y un buen control de plagas, de forma que pueda evaluarse únicamente el aspecto nutricional de la fertilidad.

Nivel 2: Prueba experimental de hipótesis

A este nivel se ubica el trabajo que requiere de una manipulación experimental para probar hipótesis referentes a la regulación de la fertilidad, lo cual se realizará solo en algunas de las áreas de estudio.

Ejemplo de hipótesis:

La sincronización entre requerimientos de nutrientes del cultivo y disponibilidad de nutrientes en el suelo puede lograrse mezclando abonos orgánicos de diferentes calidades.

Para probar esta hipótesis se trabajaría al menos con dos abonos orgánicos, uno de alta y otro de baja relación C/N, utilizando un diseño de bloques con los siguientes tratamientos: cada abono por separado, mezcla de ambos, ningún abono. Esto deberá hacerse con abonos disponibles en la zona, de forma que los resultados puedan fácilmente convertirse en recomendaciones agronómicas viables.

Nivel 3: Análisis de procesos y compartimientos edáficos

Este nivel consiste en analizar en detalle aspectos del subsistema edáfico que se consideren claves para la regulación de la fertilidad, como por ejemplo el tamaño, la estructura y la actividad de la comunidad microbiana, la descomposición de los abonos orgánicos, el lavado de fertilizantes, la fijación de nitrógeno, la nitrificación, la inmovilización-mineralización, la infección micorrízica, etc. Las mediciones a realizar en cada área pueden ser diferentes, en función de los intereses y capacidad técnica de cada grupo. Sin embargo, se intentará hacer algunas mediciones en todos los sitios, para obtener información comparativa. En este nivel se incluye también la realización de incubaciones de los suelos en el laboratorio. Estas incubaciones, de diferente duración, permiten determinar la actividad metabólica

específica para determinados sustratos y los factores operativos de la actividad microbiana (temperatura, humedad, pH, fuente de energía, etc.).

6.3 Sitios de trabajo y justificación (tabla 1)

En la tabla 1 se indican los sitios de trabajo que han sido seleccionados hasta ahora. Estos sitios representan buena parte de la variabilidad a escala interregional y regional. Están representados los Andes secos y húmedos, suelos volcánicos y no volcánicos, sistemas tradicionales y modernos de producción, rangos altitudinales entre 1000 y 4000 m. Otros sitios pueden ser incorporados posteriormente.

6.4 Plan de trabajo

La duración prevista de este proyecto es de 3 años. En la tabla 2 se especifica el cronograma de trabajo. Las principales actividades a realizar son las siguientes:

- I. Talleres: Se propone la realización de cuatro talleres con representantes de todos los grupos participantes en el proyecto. La finalidad sería profundizar las bases conceptuales de análisis, planificar y coordinar el trabajo, definir metodologías comunes, discutir y procesar los resultados obtenidos, elaborar informes de actividades, discutir estrategias para la transferencia de los resultados, etc.
- II. Cursos: Se propone que algunos de los participantes en el proyecto dicten cursos de 1 a 2 semanas de duración, sobre temas claves concernientes a la fertilidad de los suelos y que estarían destinados a los demás participantes en el proyecto y también a estudiantes de postgrado. Entre los cursos propuestos están:
 - Modelos de simulación de cultivos y su aplicación al proyecto. Walter Bowen.
 - Ecología microbiana del suelo. María José Acea.
 - Materia orgánica del suelo, su modelización y métodos de fraccionamiento físico y químico. Edmundo Barrios.
- III. Pasantías: Sería el intercambio de investigadores entre los países participantes para poner a punto metodologías, procesar muestras, realizar experimentos o recolectar muestras en el campo.
- IV. Trabajo de campo: Incluye la participación de cada uno de los equipos en sus respectivas áreas de origen.
- V. Trabajo de laboratorio: Incubaciones, análisis químicos, etc.
- VI. Trabajo de escritorio: mejoramiento de los modelos y su adaptación a los objetivos del proyecto.
- VII. Toma de datos climáticos: Deberán tomarse datos climáticos con métodos estandarizados por lo menos durante dos de los tres años de duración del proyecto, que permitan alimentar los modelos de simulación y proveer información de base para la comparaciones interregionales y regionales.
- VIII. Procesamiento de la información: Toda la información será procesada en forma integral para lo cual se realizará un esfuerzo importante de unificación conceptual y metodológica. Parte de este trabajo se realizará durante los talleres, cursos y pasantías.
- IX. Elaboración de publicaciones e informes técnicos.

Tabla 1: Areas de estudio seleccionadas

Pais	Localidad	No.	Altitud (m)	Prec (mm)	Suelo ¹	Vegetación	Manejo
Bolivia	Altiplano de la Paz	1	> 3.000	400-600	n.v	Puna	Descansos largos, secano, rotación papa-cebada-avena-quinoa, sin fertilización manejo comunitario, integración agricultura-pastoreo.
		2	> 3.000	400-600	n.v	Puna	Con fertilización mineral - Semi-tradicional
	Cochabamba-Tiraque	3	3000-3700	500-550	n.v.	Montañosa subhumeda	Descansos cortos, secano, rotación papa-cebada-haba-papa, fertilización mineral y orgánica, integración agricultura pastoreo.
	Cochabamba-Carrasco	4	2700-3100	550-700	n.v.	Montañosa humeda	Descansos cortos, secano, rotación papa-cereales-leguminosas-maíz, fertilización mineral y orgánica.
	Altiplano de la Paz	5	3500-4200	500-600	n.v.	Puna	Descansos largos, secano, rotación papa-tubérculos andinos - granos andinos - cereales, integración agricultura-pastoreo.
Perú	Cajamarca	6	3.200-3.600	750	n.v	Jalca	Majadeo, descansos largos, bajos insumos. Papa
	Condebamba	7	1800-2500	750	n.v	Bosques secos	Rotación maíz-frijol-Yuca. Abonos orgánicos
Ecuador	Carchi	8	3600	2000	v	Páramo	Intensivo, papa-pasto
Colombia	Laderas del Cauca	9	1500-1800	1800	v	Selva Estacional Montana	Descansos largos, rotación maíz-frijol-yuca, abonos orgánicos
	Cundinamarca	10	2600-2800	> 2000	n.v	Selva nublada	Agricultura intensiva de papa. Fertilizantes minerales y orgánicos.
	Cañon del Chicamocha	11	2300->3600			Selvas a Páramos	Rotaciones entre cultivos y potreros. También papa- leguminosa-cereal - maíz-papa. Aplicacion de fertilizantes en baja cantidad. Sin riego.
	Paramo de Cruz verde	12	> 3.200	1056	n.v	Páramo	Descansos intermedios. Semi-tradicional. Con abonos minerales. Papa. Manejo individual
Venezuela	Páramo de Apure	13	2500-3400	900-1000	n.v	Páramo	Descansos largos. Tradicional. Sin abonos orgánicos ni minerales. Trigo y papa.
	Páramo de Gavidia	14	3300-3800	1200	n.v	Páramo	Descansos intermedios. Semi-tradicional. Con abonos minerales. Papa. Manejo individual.
	Mocao	15	2.800	800	n.v	Bosque siempre verde seco	Intensivo. Con abonos minerales y orgánicos. Pesticidas. Sin descanso. Papa, ajo y zanahoria.
	Pueblo Llano	16	2000-3000		nv	Bosque siempre verde seco	Intensivo. Con abonos minerales y orgánicos. Pesticidas. Sin descanso. Papa y zanahoria.

¹ n.v=no volcánico, v=volcánico

Tabla 2: Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	1 ^{er} año	2 ^{do} año	3 ^{er} año
Talleres	X	X	X X
Cursos	X X X		
Pasantías	X X	X X	
Preparación trabajo de campo	XXX		
Campo y laboratorio nivel 1	XXXX	XXXXXXXXXX	
Campo y laboratorio niveles 2 y 3		XXXXXXXXXX	XXXX
Recolección de datos climáticos	XXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
Procesamiento información		XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
Informes técnicos	X	X	X X
Elaboración publicaciones			XXXXXXXXXX

6.5. Desglose de tareas por equipo

En la tabla 3 se indica las actividades a desarrollar por cada equipo. Se incluye el trabajo de los equipos locales en sus respectivas zonas de estudio, los sitios de trabajo de los equipos no andinos (Cuba y España) y las actividades que cada equipo desarrollará en zonas diferentes a las suyas, para complementar la información obtenida por los equipos locales.

6. INDIQUESE LA ORIGINALIDAD DEL PROYECTO EN RELACION CON OTROS PROYECTOS REGIONALES; ASI COMO, LA POSIBLE COORDINACION DE LOS MISMOS

Si bien este proyecto de investigación tiene vínculos con una serie de proyectos regionales que citaremos a continuación, es el único que aborda el tema de la fertilidad en la región andina de forma integrada, ofreciendo marcos conceptuales y metodológicos suficientemente amplios como para que puedan formularse, combinando los diferentes ejes, temas y niveles de análisis, un gran número de proyectos concretos. De esta forma puede no solo constituir un proyecto en sí, sino también un marco de reflexión e integración sobre el tema de la fertilidad en los Andes.

Proyectos regionales relacionados con MOSANDES:

- Otros proyectos de CYTED: Al menos dos proyectos más serán presentados a CYTED por la red temática sobre biodiversidad en montañas tropicales y subtropicales. Estos proyectos son: 1) Formulación de un modelo conceptual y metodológico para estudiar las múltiples realidades andinas en un contexto ecológico y socio-económico y 2) Los programas de reforestación con pinos y eucaliptos en los altos Andes y su impacto sobre el ciclo global del carbono. En caso de ser aprobados existiría una notable coordinación y comunicación entre los equipos de dichos proyectos. Con el proyecto 1 se podría crear un puente que permitiera realizar una caracterización más adecuada de los sistemas de producción escogidos por nosotros. Con el proyecto No. 2 la vinculación estaría en la posibilidad de analizar algunos de los procesos del suelo que pudieran estar asociados con el secuestro de carbono en plantaciones de coníferas utilizando el enfoque agroecosistémico que nosotros proponemos.

Tabla 3: Experticia de los diferentes participante y actividades a realizar dentro del proyecto

Unidad	Identificación	Experticia	Actividades a realizar	Temas ¹	Sitios de trabajo ^{2,3}
A	Instituto de Ecología La Paz, Bolivia	Microbiología del suelo, micorrizas, fijación de nitrógeno	Grupos taxonómicos de microorganismos del suelo a lo largo del descanso, de la rotación y bajo agricultura intensiva.	1,2,3	1,2
B	PROINPA Cochabamba, Bolivia	Abonos orgánicos y minerales, ecofisiología de cultivos, manejo de programas expertos	Ciclos de nutrientes a lo largo de rotaciones Ecofisiología de cultivos con diferentes tratamientos de fertilización, etc.	1,2,3	3,4,5
C	CIAT Cali, Colombia	Materia orgánica del suelo, mejoramiento de barbechos, fijación de nitrógeno, calidad del suelo, indicadores de degradación.	Fraccionamiento físico de la MOS. Efecto de los abonos orgánicos sobre la MOS. Recuperación de la fertilidad durante el descanso. Mejoramiento de barbechos	1,2,3,5	9 10-16
D	Dept. de microbiología Bogota, Colombia	Microbiología agrícola, ecología microbiana (grupos funcionales, fijadores libres)	Grupos funcionales de microorganismos en sistemas agrícolas con diferente intensidad de manejo, en parcelas en descanso y bajo vegetación natural.	4	10,11 , 9,12
E	Instituto de Ecología y Sistemática La Habana, Cuba	Ecología y sistemática de micorrizas, biofertilizantes, microbiología	Diversidad del orden glomales y funcionamiento de las micorrizas vesiculo-arbusculares. Biofertilizantes	1,2,3,5	1-5, 9 13-16
F	IIAG-CSIC Santiago de Compostela España	Ecología microbiana, materia orgánica del suelo, uso de trazadores (¹³ C, ¹⁵ N), degradación de pesticidas, abonos orgánicos	Estructura y diversidad funcional de la microbiota. Biofertilizantes. Biodegradación de contaminantes. Fraccionamiento químico de la MOS. Taller de ecología microbiana.	1,2,5	1,2 13-16
G	CIP Lima Peru	Modelización	Aplicación de los modelos para calcular la producción y requerimientos de nutrientes potenciales. Mejoramiento de los modelos con la información del proyecto. Taller de modelización.	1,2,3	6,7 8 13-16
H	CIELAT Merida Venezuela	Ecología ecosistémica, materia orgánica y biomasa microbiana del suelo, ecofisiología	Recuperación de la fertilidad durante el descanso. Descomposición de abonos orgánicos en gradientes altitudinales. Inmovilización-mineralización. Fraccionamiento de la MOS. Ecofisiología de la papa.	1,2	13-16 1,2 12

¹ Ver apartado 6.2 para definición de los temas de trabajo

² Ver tabla 1 para la identificación de los sitios de trabajo

³ En grande y negrita los sitios principales de trabajo y en pequeño los sitios secundarios

- Proyecto TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility): El proyecto TSBF continua activo en la actualidad pero se ha ido centrando en Africa y su problemática particular. Nuestro proyecto se enmarca dentro de la reactivación de TSBF en Latinoamérica (que actualmente es representada por el Dr. Richard Thomas - CIAT) pero presenta un planteamiento importante y novedoso, e incorpora otra parte del trópico no concebida en el proyecto original. En este sentido puede considerarse a nuestro proyecto como una extensión del proyecto TSBF a los ambientes de montaña. Se intentará crear una vinculación entre ambos proyectos con el objetivo de establecer una base de datos conjunta sobre fertilidad en el trópico.
- Proyecto INCO-DC: El proyecto titulado “Fertility management in the tropical andean mountains: agroecological bases for a sustainable fallow agriculture” ha sido presentado a la Unión Europea con la participación de tres de los grupos incluidos en este proyecto. Estos grupos son el Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia, el Instituto de Ecología de la Paz y el Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales (CIELAT-Venezuela). De ser aprobado, financiaría parte de la investigación que se realizará en Bolivia y en Venezuela en el tema de sistemas agrícolas con descansos.
- Proyecto: Ecología y manejo de las micorrizas en planes agrícolas y forestales de los Estados Mérida y Sucre, Venezuela: Actualmente se está implementando una unidad de producción de biofertilizantes bajo la jurisdicción conjunta de la Universidad de los Andes (Mérida-Venezuela) y del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba. Esta unidad de producción producirá biofertilizante micorrízico para la agricultura en las zonas bajas. La vinculación con nuestro proyecto se haría a través de la puesta a punto de un biofertilizante con cepas de micorrizas adecuadas para la agricultura paramera. La vinculación está asegurada a través del Dr. Ricardo Herrera, quien participa en ambos proyectos.

7. INTERES DEL SECTOR EMPRESARIAL EN LA TRANSFERENCIA DE LOS POSIBLES RESULTADOS QUE DERIVEN DEL PROYECTO

El interés principal del sector empresarial estaría en las plantas de producción de biofertilizantes y bioremediadores. Sin embargo, también se generarán resultados que pueden ser transferibles a los productores agrícolas. Esta transferencia podría hacerse en el marco de CONDESAN (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina), organismo que está actuando como articulador de la actividad de numerosas entidades tanto publicas como ONGs en todos los países andinos.

8. INTERES DEL SECTOR EMPRESARIAL EN LA TRANSFERENCIA DE LOS POSIBLES RESULTADOS QUE DERIVEN DEL PROYECTO

El interés principal del sector empresarial estaría en las plantas de producción de biofertilizantes y bioremediadores. Sin embargo, también se generarán resultados que pueden ser transferibles a los productores agrícolas. Esta transferencia podría hacerse en el marco de CONDESAN (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina), organismo que está actuando como articulador de la actividad de numerosas entidades tanto publicas como ONGs en todos los países andinos.

9. VENTAJAS DE LA COOPERACIÓN DE LAS UNIDADES PARTICIPANTES

Se propone integrar en torno a un proyecto ambicioso a científicos de seis países iberoamericanos, los cuales por presentar formaciones complementarias en microbiología, ecología del suelo, agrobiología, agronomía, modelización, química, etc. podrán abordar diferentes aspectos del funcionamiento de los agroecosistemas andinos. La cooperación entre estos equipos permitirá además incluir en el proyecto una serie de regiones, dándole un gran peso al análisis comparativo a lo largo de uno de los gradientes montañosos más interesantes del planeta. Sumando las zonas donde los participantes están actualmente desarrollando sus investigaciones se abarca buena parte de la diversidad de situaciones andinas en prácticamente todos los ejes de variabilidad.

Aparte de los grupos de investigación de los países andinos, participan Cuba y España, aportando la experiencia y el conocimiento de especialistas en áreas tan importantes para entender la fertilidad del suelo como son la ecología de micorrizas, la ecología microbiana y el estudio de la materia orgánica del suelo. La participación de un especialista en modelización también es fundamental para llevar a cabo el proyecto tal como está planteado.

Esta propuesta tiene también un importante componente de formación científica, a través del intercambio de experiencia, conocimiento y técnicas entre los diferentes grupos participantes. En este sentido se espera que contribuya a la formación de científicos y técnicos latinoamericanos. Pero, sin duda, la principal ventaja de la cooperación va a ser el coordinar el trabajo que se está realizando en esta temática utilizando un marco conceptual y metodológico unificado, lo cual potenciará los esfuerzos de los investigadores individuales.

10. RELACION DE UNIDADES PARTICIPANTES (por orden alfabético de países)

Instituto de Ecología de la Paz - Universidad Mayor de San Andrés - La Paz

Representante de la Unidad Ejecutora: Msc. Ruth Sibila

Equipo: Sibila de Cary, Ruth; Msc en Biología - Microbiología del suelo

Ondarza, Franz; Lic. en química - Analista de suelo

Angulo, Wilma; Lic. en biología - Estudiante de Post-grado

Cary, Sirley; Lic en química - Estudiante de Post-grado

Programa de Investigaciones de la Papa-PROINPA (Convenio IBTA-CIP-COSUDE), Cochabamba, Bolivia

Representante de la Unidad Ejecutora: Dr. André Devaux

Equipo: Devaux, André; Ph. D en Agronomía

Mamani Rojas, Pablo; MS.C en Producción agrícola

Vallejos Arnez, Juan; MS. C en Sistemas agrícolas

Botello, Ruben; Ing. Agr. con experiencia en fertilización de suelos

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia

Representante de la Unidad Ejecutora: Dr. Edmundo Barrios

Equipo: Barrios, Edmundo; Dr. en Biología de Suelos

Asakawa, Neuza; MSc. en Microbiología de suelos

Ocampo, Gloria; Lic. en Microbiología

Melendez, Alberto; Ingeniero Agrónomo

Mezu Mina, Hernan; Técnico

Dptos de Microbiología, Biología y Química. Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

Representante de la Unidad Ejecutora: Msc. Amanda Varela

Equipo: Varela, Amanda; M.Sc. en Microbiología, especialidad en hongos

Guerrero, ; M.Sc. en Biología, especialidad en micorrizas

Lucia Rivera, Emma; Candidata a M.Sc. en suelos, especialidad en micorrizas

Torrenegra, Ruben; T Químico - Especialidad en fitoquímica

Instituto de Ecología y Sistemática. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba

Representante de la Unidad Ejecutora: Dr. Ricardo Herrera

Equipo: Herrera, Ricardo; Dr. en ecología - Diversidad de glomales

Ferrer Sánchez, Roberto; Lic. en Biología - Diversidad de glomales

Furrazola Gómez, Eduardo; Lic. en Biología - Diversidad de glomales

Ruiz Dominguez, Margarita; Lic. en Biología - Funcionamiento de micorrizas

Valdés Dominguez, Aírel Rosa; Lic en Biología - Funcionamiento de micorrizas

García, María Julia; Lic. en Biología - Solubilizadores de fosforo

Velazco, Ana; Lic. en Biología - Fijadores de nitrógeno

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (CSIC), Santiago de Compostela, España

Representante de la Unidad Ejecutora: Dra. Tarsy Carballas

Equipo: Carballas Fernández, Tarsy; Dra. en Farmacia - Materia orgánica del suelo

Acea Escrich, María José; Dra. en Biología - Ecología Microbiana

Villar Celorio, M^a Carmen; Dra. en Farmacia - Fertilidad del suelo

Cabaneiro Albaladejo, Ana; Dra. en Biología - Materia orgánica del suelo, ciclo del C

González Prieto, Serafín; Dr. en Biología - Materia orgánica del suelo. Ciclo del N

Coronado Carvajal, Carmen; Dra. en Farmacia - Relaciones microbios-plantas

Prieto Fernández, Angeles; Dra. en Farmacia - Microorganismos heterótrofos

Nodar López, Rosa; Lic en Biología - Cianobacterias

Diz Cid, Natalia; Lic. en Farmacia - Biofertilizantes, biorecuperación

Martín Jiménez, Angela; Dra. en Química - Titulado Técnico del CSIC

Salmonte Vázquez, José; Técnico químico - Ayudante de Investigación del CSIC

Centro Internacional de la Papa (CIP) - Consorcio CONDESAN, Lima, Perú

Representante de la Unidad Ejecutora: Dr. Walter Bowen

Equipo: Bowen, Walter; PhD - Ciclado de nutrientes, modelos de simulación

Quiroz, Roberto; PhD - Uso de tierra, sistemas de producción

León Velarde, Carlos; PhD - producción animal, sistemas de producción

Crissman, Charles; PhD - Economista

Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales (CIELAT), Facultad de Ciencias - Universidad de los Andes , Mérida, Venezuela

Representante de la Unidad Ejecutora: Dra. Lina Sarmiento

Equipo: Sarmiento, Lina; Dra. en Ecología y Producción Vegetal

Monasterio, Maximina; Dra. en Ecología - Agroecología

Machado, Daniel; Lic. en Química - Tesista de Doctorado

Díaz, Carlos; Ing. Agrónomo y M.Sc - Tesista de Doctorado

Llambí, Luis Daniel; Lic. en Biología - Agroecología

Marquez, Jhonny; Técnico Superior Universitario en Agronomía

MOSANDES

