

# REHABILITACION DE SUELOS VOLCANICOS DEGRADADOS DE CHILE Y MEXICO: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE UN PROYECTO (*REVOLSO*, PROGRAMA EUROPEO *INCO-V FP*) INTERNACIONAL E INTERDISCIPLINARIO

<sup>1</sup>G. Werner, <sup>2</sup>M. Bravo, <sup>3</sup>J. Espino, <sup>4</sup>J.D. Etchevers, <sup>5</sup>G. Flores, <sup>6</sup>J.F. Gallardo, <sup>7</sup>M.I. González, <sup>4</sup>C. Hidalgo, <sup>8</sup>M. Petri, <sup>9</sup>C. Prat, <sup>10</sup>I. Vidal, <sup>4</sup>E. Zapata, <sup>6</sup>L. Alonso, <sup>4</sup>A. Báez, <sup>6</sup>S. Covaleda, <sup>8</sup>M. Ginanni, <sup>6</sup>M. González, <sup>4</sup>B.M. Gutiérrez, <sup>1</sup>M. Haulon, <sup>2</sup>L. Medina, <sup>4</sup>J. Padilla, <sup>3</sup>M.L. Padilla, <sup>6</sup>S. Pajares, <sup>8</sup>R. Risalti y <sup>5</sup>A. Vera.

<sup>1</sup>CIDER, Giessen Universität (Alemania); <sup>2</sup>C.I.R.P.A.C./INIFAP (Uruapan, México); <sup>3</sup>Universidad de Chapingo (Texcoco, México); <sup>4</sup>Colegio de Postgraduados de Montecillo (Texcoco, México); <sup>5</sup>Universidad de Tlaxcala (México); <sup>6</sup>C.S.I.C. (Salamanca, España); <sup>7</sup>Universidad de Salamanca (España); <sup>8</sup>C.I.R.A.A., Università di Pisa (Italia); <sup>9</sup>I.R.D. (Francia); y <sup>10</sup>Universidad de Concepción (Chillán, Chile).  
E-mails: <Gerd.H.Werner@gmx.de> y <jgallard@usal.es>.

**Palabras clave:** Erosión de suelos, Tepetates, Fertilidad edáfica, C orgánico del suelo.

**Keywords:** Soil erosion, Tepetates, Soil fertility Soil organic C.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Los suelos derivados de materiales volcánicos ocupan alrededor del 25 % del área de los países andinos de Sudamérica (Chile, Ecuador, Colombia, Centroamérica y México; Zebrowski, 1992). Suelen ser suelos fértiles, por lo que se han venido cultivando en preferencia, aunque, en algunos casos, con manejos contraproducentes. Ello ha causado erosiones severas que han conducido a la disminución de los rendimientos, eutroficación y colmatación de cuerpos de agua, han alentado la emigración rural, entre otros impactos que ocasionan fuertes daños económicos y sociales: El resultado final es la aparición de malpaíses o estratos de tobas. Algunos de estos suelos muestran horizontes endurecidos (llamados tepetates, talpetates, tobas, cangahuas, trumaos, duripán) como superficie de erosión remanentes. Existe una relación directa entre degradación edáfica y pobreza en esas áreas rurales.

En el V Programa de la Unión Europea (*FP-V*) la agricultura sostenible y el desarrollo tuvieron la máxima prioridad.

El Proyecto "*ALTERNATIVE AGRICULTURE FOR A SUSTAINABLE REHABILITATION OF DETERIORATED VOLCANIC SOILS IN MEXICO AND CHILE*" (*REVOLSO*) tenía como objetivo desarrollar e implementar un paquete tecnológico sobre agricultura sostenible y agroforestería aplicable a los suelos degradados de Chile y México, de fácil implementación y asumible por los campesinos de áreas rurales. Una de las metas del Proyecto

fue contribuir, directa e inmediatamente, al desarrollo de las comunidades rurales menos favorecidas (Werner *et al.*, 2006). También se incluyó aspectos de pérdida de biodiversidad. Para la Unión Europea el mantenimiento de sistemas y agroecosistemas (evitando su deterioro debido fundamentalmente a impactos externos) es de vital importancia incluso en terceros países. Por ello tanto la agricultura sostenible como la agroforestería deben preservar necesariamente la biodiversidad, sobre todo a largo plazo. La implementación del paquete tecnológico involucra a los pequeños propietarios del medio rural, cuya participación es fundamental para la solución de sus problemas socioeconómicos, de acuerdo a las recomendaciones de la Unión Europea.

## 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO *REVOLSO*.

Los objetivos del Proyecto estuvieron relacionados totalmente con los del *FP-V*:

- a) Promover la rehabilitación y mejoramiento sostenible de los suelos volcánicos deteriorados de Chile y México.
- b) Desarrollar un paquete tecnológico que logre la recuperación sostenible de suelos deteriorados de Chile y México, y la conservación de suelos volcánicos aún sin deteriorar, bien a través de la agricultura o la agroforestería, previniendo la erosión edáfica.
- c) Extensión de resultados, manejos y recomendaciones a los

productores, asociaciones e instituciones gubernamentales de las áreas de estudio.

En resumen, el Proyecto pretende contribuir al desarrollo sostenible de las economías desfavorecidas de áreas rurales de Chile y México.

### 3. PARTICIPANTES DEL PROYECTO *REVOLSO*.

Los participantes del Consorcio *REVOLSO* fueron:

Part.	Instituciones	Acrónimos	Tareas*
1	<i>Justus-Liebig-Universität</i> de Giessen – CIDER, Germany (Co-ordination).	JLU/CIDER	1, 2, 4
2	Institut de Recherche pour le Développement, Francia.	IRD	1, 2, 4
3	Colegio de Postgraduados, México.	CPM	3, 5
4	Universidad Autónoma de Chapingo, México.	UACH	1, 5
5	Universidad de Concepción, Chile.	UDEEC	1, 2, 3
6	Universidad Autónoma de Tlaxcala, México.	UAT	1, 2, 4
7	Campo Experimental de Uruapan, CIRPAC-INIFAP (ex-CENAPROS), México.	ex-CENAPROS	1, 2, 4
8	Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España.	CSIC	3
9	<i>Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi"</i> , Universidad de Pisa, Italia.	CIRAA	4

\*Tareas: 1: Prácticas de cultivos; 2: Agroforestería; 3: Fertilidad y Ecología de Suelos; 4: Erosividad y erodibilidad. 5: Aspectos socioeconómicos.

### 4. RESULTADOS A DESTACAR DEL PROYECTO *REVOLSO*

Mientras que en México existían experiencias en el manejo de suelos volcánicos recién roturados (Navarro *et al.*, 1998), en Chile no se había investigado la sostenibilidad de los manejos tradicionales en los suelos volcánicos deteriorados. En ninguno de los casos habían sido optimizados aspectos como el manejo de la fertilidad de los suelos volcánicos degradados, rotaciones convenientes, mantenimiento de la estructura edáfica, *etc.*

Una de las innovaciones más importantes del Proyecto *REVOLSO* fue la integración de experiencias provenientes de la agricultura orgánica para lograr la mejora de la estructura y fertilidad edáfica, a través de las rotaciones y adiciones orgánicas más convenientes. Este tipo de manejo agrícola condujo, como era de esperar, a una mejora de las características físicas edáficas, incrementando la permeabilidad y capacidad de retención hídrica de suelo (en el caso del *Acrisol*), disminuyendo el riesgo de erosión (tan importante en México), incrementando la actividad biológica edáfica y, como consecuencia, mejorando la nutrición vegetal. Consecuentemente, se logró, a medio plazo, incrementar los rendimientos. Más aún, gran parte de la experimentación realizada en ambos países se ha realizado teniendo en cuenta las producciones

tradicionales de las áreas de estudio: Maíz, trigo, cebada, frijoles y avena, pero reincorporando los restos de cosechas (rastros). En algún caso ello se complementó con técnicas agroforestales como la implantación de arbolado.

El manejo orgánico evaluado se basa en el uso eficiente de los residuos de cosecha y otros aportes orgánicos, logrando una incorporación óptima de C orgánico al suelo. La rotación y asociación de cultivos pretende, además complementar la dieta de los productores.

En México, las investigaciones precedentes sobre rehabilitación de suelos volcánicos degradados se enfocaron a aspectos técnicos sin integrar otros tan importantes como el sistema de cultivo tradicional del campesinado y las condiciones sociales de éste. Igualmente en Chile no se había tenido en cuenta la interrelación del agrosistema con el medio, en un planteamiento integral de desarrollo sostenible.

Ese enfoque de sostenibilidad y de impacto social es la diferencia innovadora y el valor añadido del Proyecto *REVOLSO*. Se partió del hecho de que, en gran parte, la erosión es debida al sobrepastoreo y la deforestación que las comunidades rurales dedicadas a la ganadería realizan en la búsqueda de satisfacer sus necesidades básicas (leche, proteínas, fuego). Además, los campesinos de estas áreas marginadas no subsisten únicamente con los ingresos que le proporciona una agricultura de

supervivencia; la emigración de adultos a polos desarrollados nacionales o extranjeros es considerada internamente como la única solución viable. En este contexto, las mujeres, jóvenes y miembros de la tercera edad ejecutan gran parte del trabajo agrícola. Por ello, cualquier propuesta de innovación o paquete tecnológico debería encuadrarse dentro de esa realidad social y económica, si se quería tener éxito en la rehabilitación de los suelos volcánicos degradados.

Las nuevas tecnología de producción agrícola y de agroforestería que aspiraban a implementar el Proyecto deberían expandirse dentro del tejido familiar, entre los miembros de los pequeños agricultores y sus comunidades, haciéndoles partícipes en el trabajo de las parcelas experimentales con el objetivo de lograr su aceptación. Los resultados obtenidos se le han mostrado tanto a los productores no partícipes, como a sus asociaciones y a las instituciones gubernamentales.

La implementación del paquete tecnológico y sus efectos a la economía familiar, con objeto de moderar la emigración, ha llevado un seguimiento, en especial a lo relativo a su aceptación por el género femenino y los miembros jóvenes de las comunidades (Zapata *et al.*, 2006).

En términos generales, la aproximación científica basada en las parcelas de experimentación en contacto con los pequeños propietarios es apropiada y novedosa. Además de envolver directamente a los productores dueños de las parcelas, esas permitieron investigar, bajo una óptica más realista que los estudios precedentes, sobre todo en cuanto a los resultados obtenidos respecto a la erosividad de la lluvia, erodibilidad, fertilidad y productividad de suelos sensibles a la erosión, como son los volcánicos.

La interpretación de los datos obtenidos mostró, por ejemplo, que en las áreas estudiadas de México:

- a) Los rendimientos de la agricultura orgánica pueden alcanzar los de los manejos tradicionales, incluso superarlos en el caso de tepetates recién roturados.
- b) El manejo orgánico permite disminuir significativamente las tasas de erosión; v. g., en un *Acrisol* de Michoacán (derivado de pretéritas cenizas volcánicas) la agricultura orgánica logró un descenso de pérdidas de suelos desde 1,36 a 1,03 Mg

ha<sup>-1</sup> (Medina *et al.*, 2006). En Tepetates recién rehabilitados de Tlaxcala la pérdida de suelos fue, en promedio, de 4,7 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> inferior bajo manejo orgánico que bajo el tradicional (Haulon *et al.*, 2006).

- c) Los nuevos sitios roturados (antiguos tepetates endurecidos) son más susceptibles a la erosión que los antiguos sitios ya labrados, con pérdidas promedio de suelos de 12.3 y 3.4 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, respectivamente. En tepetates cultivados durante más de 10 años el manejo no tuvo efecto sobre la pérdida de suelos.
- d) El escurrimiento y las pérdidas edáficas se relacionan significativamente con la cobertura vegetal. y el contenido de C orgánico del suelo.
- e) Además, se observó una disminución significativa del pH (de 7.5 a 6.3) y pérdidas de bases de cambio (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y Mg<sup>2+</sup>). Por el contrario, se produjo un incrementeto del P asimilable (Olsen) desde trazas a 4 mg P kg<sup>-1</sup> con sólo tras un par de años de ponerse en cultivo (Pajares *et al.*, 2006).
- f) La práctica del encalado en *Acrisoles* cultivados (Atécuaro) dio resultados positivos pero temporales. El tratamiento orgánico destacó sobre los demás en la significativa mayor acumulación de C y N edáficos (Covaleda *et al.*, 2006).
- g) La adición de residuos de cultivos y otros materiales orgánicos (estiércoles y compostas) ocasionó un sensible mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas y bioquímicas relacionadas con la calidad de los substratos derivados de antiguos tepetates y un incremento en la captura de C (Etchevers *et al.*, 2006).
- h) Las mujeres y niños que reemplazan a los hombres en algunas labores agrícolas (por las emigaciones masculinas) de las áreas desfavorecidas deben concienciarse de que los manejos propuestos son mejores que los tradicionales para lograr su implementación a perpetuidad.

#### 4. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y ACADÉMICA

El Proyecto *REVOLSO* produjo más de 260 publicaciones y artículos de revistas científicas, la implicación de 31 estudiantes de postgrado, la graduación de 22 Ms. Sci. y la defensa de 9 tesis doctorales.

## 5. CONCLUSIÓN

Los problemas ligados a la severa erosión, especialmente observada en algunas áreas de suelos volcánicos, son básicamente de tipo socioeconómico, dado que su origen es fundamentalmente antrópico. Los proyectos científicos pueden dar sólo soluciones técnicas viables, pero su implementación y extensión al entorno se escapa de sus posibilidades y atribuciones. Las sociedades rurales, por tanto y con base en el paquete tecnológico aportado por el Proyecto *REVOLSO*, deberán encontrar urgentemente soluciones definitivas en consonancia con las autoridades políticas (locales, municipales, provinciales, estatales o federales de Chile y México), pues la rehabilitación y conservación de los suelos debe ser una prioridad nacional, considerando que el suelo es un compartimento de los ecosistemas, del cual depende la supervivencia humana.

## 5. REFERENCIAS

- Covaleda S., J.F. Gallardo, Ch. Prat y J.D. Etchevers. 2006. Fertilidad del suelo en un *Acrisol* cultivado mediante técnicas agrícolas sustentables en el eje neovolcánico mexicano (Atécuaro, Michoacán). *IV<sup>th</sup> Internacional Symposium on Deteriorated Volcanic Soils*. Disco compacto. Morelia (México).
- Etchevers B., J. D. A. Báez P., C. Prat y C. Hidalgo M. 2006. Distribución de C en fragmentos y agregados de materiales volcánicos endurecidos habilitados para la agricultura. pp. 477-485. (Tomo II). In: J. F. GALLARDO L. (Ed.) Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la física y química en los albores del Siglo XXI pp. 793. (
- Haulon M., G. Flores, A. Vera y G. Werner. 2006. Efecto del manejo y de la edad de rehabilitación sobre la erodibilidad y la estructura de los Tepetates habilitados a la agricultura en Tlaxcala. *IV<sup>th</sup> International Symposium on Deteriorated Volcanic Soils*, Morelia and Tlaxcala, July 2006. Disco compacto.
- Medina L. E., M. Bravo, Ch. Prat y B. Serrato. Soil losses in experimental plots in Andosols and Acrisols in the Cointzio Basin, Michoacán. *IV<sup>th</sup> Internacional Symposium on Deteriorated Volcanic Soils*. Disco compacto. Morelia (México).
- Navarro, G.H., H. Poupon y M.A. Pérez (eds.). 1998. Aptitud productiva en suelos volcánicos endurecidos (tepetates). ORSTOM. Colegio de Postgraduados de Montecillo, Texcoco (México) 180 pp. I.S.B.N.: 968-839-249-9.
- Pajares S., S. Covaleda, J.F. Gallardo, J. Padilla y J.D. Etchevers. 2006. Cambio de propiedades físico-químicas y químicas de los tepetates producidos a corto y mediano plazo por el cultivo. *IV<sup>th</sup> Internacional Symposium on Deteriorated Volcanic Soils*. Disco compacto. Morelia (México).
- Werner G. *et al.*, 2006. Soil Conservation in Agricultural Volcanic Ash Soils in Mexico and Chile. Presentation of the research project *REVOLSO* of the European Union). En: Martínez Casanovas J.A., I. Pla-Sentís, M.C. Ramos Martín y J.C. Balasch Solanes (ed.): “*Soil and Water Conservation under Changing Land Use*”, Universitat de Lleida (España; I.S.B.N. 10:84-8409-211-9). Pp: 313-316.
- Zapata Martelo E., B.M. Gutiérrez Garza y A. Flores Hernández, 2006. *A walk through the tepetates. The Vision of Women in the Municipal Area of Hueyotlipan* (Mexico). Colegio de Postgraduados de Montecillo, *REVOLSO*, pp. 313 (México; I.S.B.N. 968-839-492-0).

### Agradecimientos:

Esta comunicación es consecuencia del Proyecto *REVOLSO*, financiado por el Programa *INCO-DEV* de la Unión Europea.

Werner G., Bravo M., Espino J., Etchevers J.D., Flores G., Gallardo J.F., Gonzalez M.I., Hidalgo C., Petri M., Prat Christian, Vidal I., Zapata E., Alonso L., Baez A., Covalada S., Ginnani M., Gonzalez M., Gutiérrez B.M., Haulon M., Medina L., Padilla J., Padilla M.L., Pajarez S., Risalti R., Vera A.

Rehabilitacion de suelos volcanicos degradados de Chile y Mexico : presentacion de resultados de un proyecto (REVOLSO), programa europeo inco-v fp) internacional e interdisciplinario.

In : Lopez D. (ed.), Vendrell E. (ed.) Investigacion en agricultura para el desarrollo : ponencias presentadas al primer encuentro sobre investigacion en agricultura para el desarrollo. Barcelone : ESAB, 2009, p. 123-128. Encuentro Sobre Investigacion en Agricultura para el Desarrollo, 1., Barcelone (ESP), 2008.