

Citar como:

Llambí, L.D., Sarmiento, L. 1997. Dinámica de la fertilidad en parcelas agrícolas en descanso en el Páramo de Gavidia: biomasa microbiana y ciclaje de N. Memorias del Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. CD-ROM. No. DL FR 2529710.

XIV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo  
Ciencia del suelo: Estrategia para la vida  
Memorias

Cartel 28 (7 de Noviembre, 1997).

Dinámica de la fertilidad en parcelas agrícolas en descanso en el Páramo de  
Gavidia : biomasa microbiana y ciclaje de N.

L.D. Llambí y L. Sarmiento. Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes  
Tropicales (CIELAT). Facultad de Ciencias. Universidad de los Andes. Mérida.  
Venezuela. Correo electrónico : dllambi@ciens.ula.ve y lsarmiento@ciens.ula.ve.

**Resumen**

Con el propósito de evaluar los posibles mecanismos de recuperación de la fertilidad en una sucesión en un sistema agrícola tradicional con descansos largos en el Páramo de Gavidia, se realizó una comparación de la biomasa microbiana y algunos aspectos del ciclaje de N en 36 parcelas entre los 1 y 9 años de recuperación. Se incluyeron además 4 parcelas de páramo no intervenido con el objeto de evaluar los efectos de la agricultura sobre estas características del ecosistema natural. En cada parcela se determinaron los siguientes parámetros edáficos: nitrógeno de la biomasa microbiana,  $\text{NH}_4$  acumulado en incubaciones de largo plazo (4 meses), C y N total,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , N extraíble, pH y textura. No se observó un aumento sucesional del N de la biomasa microbiana ni de las otras formas de N evaluadas, lo que cuestiona la sustentabilidad de estos sistemas tradicionales con descansos. Al comparar las parcelas de páramo no cultivado con las parcelas en descanso, se observa una disminución marcada de la biomasa microbiana, el pH y el C y N total, lo que sugiere que la actividad agrícola tiene además un impacto negativo sobre la conservación de la fertilidad potencial del páramo.

Palabras clave : descanso, sucesión, páramo, biomasa microbiana, nitrógeno.

**Abstract**

With the objective of evaluating the possible mechanisms of fertility recovery during succession in a traditional agricultural system with long fallows in the Gavidia "Páramo", microbial biomass and some aspects of N cycling were compared in 36 fields between 1 and 9 years of recovery. We also included 4 never cultivated areas to evaluate the effect of agriculture on these characteristics of the natural ecosystem. In each plot the following soil parameters were determined : microbial biomass N,  $\text{NH}_4$  accumulated in long term incubations (4 months), total C and N,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , extractable N, pH and texture. There is not successional increase in microbial biomass or any other form of N evaluated, results which question the sustainability of these traditional systems. When we compare the non cultivated plots with the fallow plots, we observe a pronounced decrease in microbial biomass, pH and total C and N, suggesting that

agricultural activity has a negative effect in the conservation of the potential fertility of these “páramo” ecosystems.

Key words : fallow, succession, páramo, microbial biomass, nitrogen.

## Introducción

En los altos Andes venezolanos la agricultura tradicional de producción de papa y cereales utiliza la práctica del descanso prolongado (más de 4 años) como estrategia de recuperación de la fertilidad de los suelos. En las zonas montanas tropicales la agricultura tradicional con descansos es ampliamente practicada (Herve, 1994). Se han propuesto muchos papeles que el descanso puede jugar dentro de estos sistemas agrícolas, como el de proveer leña para los fogones domésticos o funcionar como sistema para el control de plagas, aún cuando el permitir la recuperación de la fertilidad parece ser su papel más importante. Sin embargo, los mecanismos que permiten explicar como se recupera la fertilidad son poco conocidos. Una serie de estudios en los en las punas y páramos de Bolivia, Colombia y Venezuela, han analizado este problema estudiando si existe un aumento en el descanso de los nutrientes más importantes del suelo, como el N total y mineral, el P y las bases cambiables, sin encontrarlo en ningún caso (Herve, 1994 ; Ferwerda, 1995 ; Aranguren, 1988 ; Sarmiento y Monastero, 1993). Así, el problema de la recuperación de la fertilidad se ha constituido en una especie de enigma. Analizando en más detalle el problema, Sarmiento y Monasterio (1993) y Sarmiento (1995), trabajando en el páramo de Gavidia, sugieren que la recuperación pudiera estar asociada a la acumulación de nitrógeno en la biomasa microbiana y en la fracción lábil de la materia orgánica encontrada por ellas. Sin embargo, estos estudios estuvieron basados en un número muy reducido de parcelas. Por otro lado, no consideraron el problema del efecto que la incorporación de las parcelas a la actividad agrícola tiene sobre el ecosistema no intervenido.

En el presente trabajo nos planteamos analizar la dinámica sucesional de la biomasa microbiana y algunos aspectos del ciclaje de N, estudiando detalladamente los 9 primeros años del descanso (que es el período usual de duración de los descansos en el valle) en parcelas a todo lo largo del Valle de “Las Piñuelas” en el Páramo de Gavidia y analizar por primera vez la biomasa microbiana y el potencial de nitrificación en el páramo no cultivado. Nuestra hipótesis central es que la intervención sobre el ecosistema natural produce una disminución de la biomasa microbiana y un aumento del potencial de nitrificación, con una consecuente pérdida de N del sistema, permitiendo el periodo de descanso la recuperación de estas propiedades claves del ecosistema original y por lo tanto de la fertilidad de los suelos. Esta hipótesis se basa en los resultados de los estudios anteriores en Gavidia y lo encontrado por otros autores en sucesiones en sistemas templados (Insan y Hasselwandder, 1989 ; Clein y Schimel, 1994).

Nuestro enfoque conceptual parte del estudio de la sustentabilidad (desde una perspectiva ecosistémica-funcional) de estos agroecosistemas tradicionales, entendiéndolos como unidades integradas del paisaje en donde coexisten en un mosaico complejo y diverso el páramo original, zonas en sucesión-regeneración y las parcelas en cultivo. Esto cobra particular importancia al estar muchos de estos sistemas agrícolas dentro de Parques Nacionales. A través de este estudio queremos contribuir a entender las bases ecológicas de este conocimiento tradicional y las posibilidades para su mejoramiento y aplicación en otros sistemas más modernos e intensivos pero menos “conservacionistas”.

## Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en Gavidia, un pequeño caserío de agricultores tradicionales de papa de unos 500 habitantes que se encuentra a 10 km de Mucuchíes. El área está dentro de los límites del Parque Nacional Sierra Nevada de la Cordillera de Mérida (8 35'-8 45' N, 70 52'-70 58' O) en los Distritos Rangel y Pedraza de los estados Mérida y Barinas respectivamente. Se trabajó en el valle de la quebrada de "Las Piñuelas", en 36 parcelas entre los 1 y 9 años de recuperación (4 por año). Se incluyeron además 4 parcelas de páramo no intervenido.

El área de estudio corresponde a un valle de origen glaciar. La franja de actividad agrícola se desarrolla entre los 3300 y 3800 msnm, con temperaturas medias de 10 ° a 6 ° C respectivamente. La precipitación promedio está alrededor de los 1380 mm. La vegetación conforma un mosaico complejo donde se interdigitan zonas de rosetal-arbustal con áreas en diferentes etapas de recuperación sucesional. Los suelos son insectisoles muy ricos en materia orgánica pero pobres en elementos nutritivos, ya que las bajas temperaturas limitan los procesos de descomposición (Sarmiento y Monasterio, 1993).

Para tratar de minimizar la heterogeneidad de condiciones del suelo no relacionadas con la sucesión se seleccionaron parcelas lejanas a la vivienda del agricultor, con pendientes mayores de 35 ° y con vegetación característica de la sucesión que lleva al restablecimiento del páramo donde dominan las rosetas (rosetal-arbustal). Para evaluar el efecto de la heterogeneidad no excluida, se determinó para cada parcela su: historia de uso en los últimos seis años (determinando si había o no sido pastoreada y si había sido sembrada con un cereal antes de incorporarse al período de descanso), unidad geomorfológica, C y N total, composición textural, pH, N extraíble con K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y N mineral (NH<sub>4</sub> y NO<sub>3</sub>).

Para analizar los mecanismos de recuperación de la fertilidad se analizó el N de la biomasa microbiana (utilizando el método de fumigación-extracción de Brookes *et al.* 1985) y la acumulación de NH<sub>4</sub> (como indicador del potencial de nitrificación), a través de incubaciones de 4 meses en campo, monitoreadas quincenalmente entre Septiembre de 1996 y Enero de 1997.

El período de muestreo abarcó desde el 21 al 31 de Julio de 1996. Se trabajó durante el período que corresponde con el pico de las lluvias en la estación húmeda (entre Junio y Agosto). Nuestro objetivo era trabajar con todas las parcelas en un mismo momento representativo dentro del ciclo anual de actividad microbiológica del suelo. En cada parcela se seleccionaron 10 puntos aleatorios. En cada punto se extrajo con una pala los 20 primeros cm del suelo (capa arable) en un área de unos 10 cm de diámetro. Se mezclaron bien los suelos de los diez puntos sobre un plástico para obtener una muestra compuesta por parcela de entre 6 y 7 kg de suelo. Los suelos fueron transportados luego al laboratorio y almacenados a 4 ° C, para realizar posteriormente los análisis en el Laboratorio de Suelos del CIELAT. Los análisis de pH, textura, y C y N totales del suelo, fueron realizados en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Forestales de la ULA.

## Resultados y Discusión

En la tabla 1 presentamos un resumen de los resultados obtenidos para los parámetros físico-químicos evaluados en las 40 parcelas.

Descanso (años)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	pH	N total (%)	C total (%)	C/N	N min (mg/kg)	NH <sub>4</sub> (mg/kg)	NO <sub>3</sub> (mg/kg)	N ext (mg/kg)
1	71,5	26,5	2,0	4,63	0,43	9,7	21,8	2,07	0,50	1,57	19,3
2	68,5	29,0	2,5	4,74	0,45	9,6	20,8	2,13	0,62	1,52	24,6
3	61,5	32,0	6,5	4,88	0,37	7,1	18,7	3,25	1,65	1,60	24,8
4	62,5	33,5	4,0	4,80	0,44	8,2	18,3	3,60	2,26	1,35	21,6
5	61,0	34,0	5,0	4,65	0,45	7,8	17,6	3,73	1,62	2,11	24,1
6	63,0	34,0	3,0	4,69	0,60	12,1	20,1	2,50	1,70	0,80	31,8
7	63,5	32,0	4,5	4,71	0,47	9,9	20,7	2,89	1,07	1,83	28,1
8	62,5	34,0	3,5	5,03	0,46	8,4	18,3	4,71	3,64	1,07	27,6
9	64,5	31,0	4,5	4,93	0,37	6,8	18,3	2,30	1,41	0,89	23,2
Páramo	65,5	30,5	4,0	5,71	0,61	11,2	18,4	3,04	1,38	1,65	25,5
ANOVA	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tabla 1. Promedios (n=4) de las características físico-químicas estudiadas para las parcelas en los primeros 9 años de descanso y de páramo no cultivado (páramo). El \*\*\* señala diferencias significativas con una ANOVA de 1 vía ( $\alpha=0.01$ ). El ns señala diferencias no significativas con una ANOVA de 1 vía o un Kruskal-Wallis según el caso ( $\alpha=0.05$ ).

Los resultados son característicos de los suelos del páramo con un elevado porcentaje de arenas, pH ácidos, un porcentaje elevado de materia orgánica y un contenido muy bajo de N mineral y extraíble (Farinas, 1975). No encontramos una tendencia al aumento en el descanso ni del C y N total, ni del N mineral, al igual que en estudios anteriores en sistemas tradicionales de montaña en Gavidia (Sarmiento y Monasterio, 1993; Aranguren, 1988), Colombia (Ferwerda, 1995) y Bolivia (Hervé, 1994). Como vemos en la tabla 1, los únicos parámetros que experimentan cambios significativos en el descanso son los porcentajes de arena y limo, caracterizándose las parcelas de 1 y 2 años por un porcentaje más alto de arena, lo cual probablemente se relaciona con la escogencia de parcelas relativamente marginales (en términos de drenaje) por los agricultores en los últimos dos años luego de un máximo de actividad agrícola en el valle que agotó las zonas disponibles para cultivo.

En general, todos los parámetros evaluados muestran una alta variabilidad inclusive para parcelas de un mismo tiempo de descanso. Para analizar la gran heterogeneidad observada, se realizó un Análisis de Componentes Principales que presentamos en la figura 1. En este análisis constatamos que la variación para los parámetros edáficos puede ser fundamentalmente relacionada con las unidades geomorfológicas incluidas en el estudio, estando asociadas las parcelas en valles colgantes a porcentajes elevados de arena mientras que las parcelas en conos de deyección se caracterizan por valores altos de C y N total y de N extraíble (N<sub>so</sub>).

Por otro lado, en la figura 2 observamos que la biomasa microbiana no muestra ninguna tendencia al aumento durante la sucesión, lo que contradice nuestra hipótesis y pudiera cuestionar su utilidad como un indicador de recuperación de la fertilidad en el descanso. Sin embargo, queda por evaluar directamente la fertilidad de las parcelas

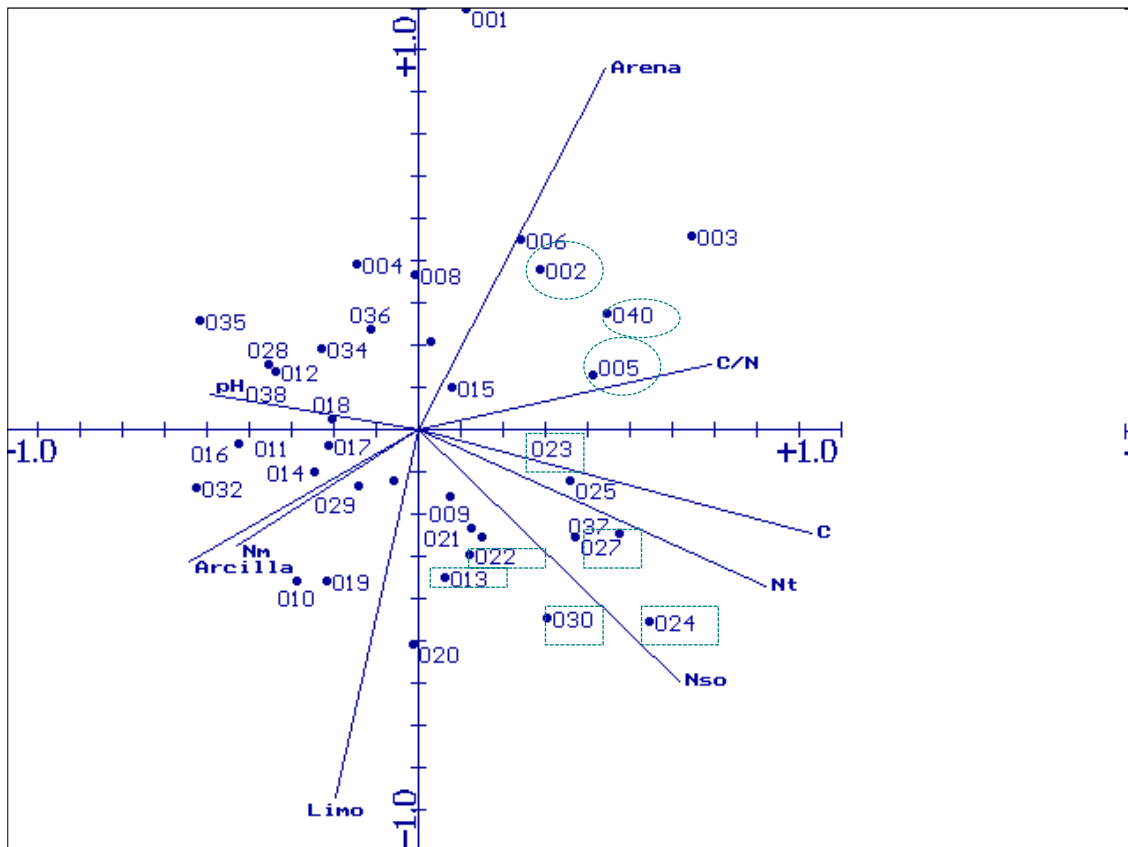


Figura 1. Diagrama de ordenación para el ACP centrado y estandarizado de las 40 parcelas en función de las características físico-químicas. Se presentan el primer y segundo eje de variación que recogen un 37.3 y 25.0 % de la varianza total. Las parcelas están ordenadas del 1 al 40 en función del tiempo de descanso, de manera que por ejemplo las parcelas 1 a 4 son parcelas de un año, correspondiendo los números 37 al 40 a las parcelas de páramo no intervenido. Las parcelas 13,22,23,24,27,30 (encerradas por rectángulos) están ubicadas en conos de deyección mientras que las parcelas 2, 5 y 40 (encerradas por elipses) están en valles colgantes.

estudiadas a través de un análisis de la producción de tubérculos, el cual estamos realizando. Los resultados de biomasa microbiana muestran también una amplia variación entre parcelas, que no puede ser explicada satisfactoriamente por ninguno de los parámetros estudiados, aún cuando en los modelos de regresión múltiple son el N total y extraíble, las variables que explican un mayor porcentaje de la varianza. En ecosistemas tropicales de bosques secos y húmedos, sabanas y pastizales, los resultados del proyecto “Tropical Soil Biology and Fertility” (Brown *et al.* 1994) ubican el N de la BM en un rango que contiene al valor promedio obtenido por nosotros de 83,6 mg/kg. Sin embargo, el rango de variación en nuestro estudio supera el reportado por estos autores lo que nos da una idea de la gran heterogeneidad observada en el valle de Gavidia para la biomasa microbiana.

En cuanto al efecto de la actividad agrícola sobre el páramo no cultivado, en la figura 2 observamos que el promedio de biomasa microbiana en el páramo es más del doble del obtenido en las parcelas en descanso (diferencia estadísticamente significativa

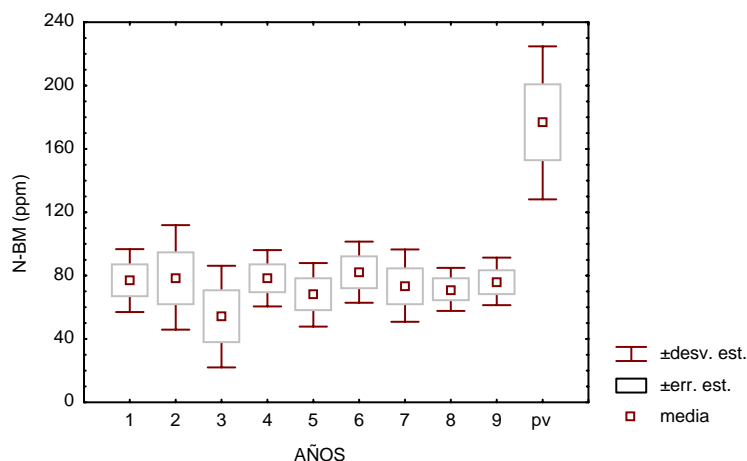


Figura 2. Promedios, desviación estandard y error estandard de N de la biomasa microbiana (mg/kg) en función del tiempo de descanso. (pv =páramo virgen).

$F_{(9,30,0.05)}=2.93$ ,  $p=0.011$ ). Esto sugiere a la biomasa microbiana como un indicador sensible de perturbación agrícola sobre los ecosistemas de páramo. Los microorganismos del suelo funcionan como los reguladores, fuentes y sumideros de nutrientes como el N, a los que hacen disponibles a partir de la descomposición de la materia orgánica. De modo que una mayor biomasa de microorganismos en las parcelas de páramo nos indica un ciclaje más efectivo de los nutrientes y menores pérdidas de los mismos. Por otro lado, las parcelas en valles colgantes presentan valores mayores de biomasa microbiana. Esto pudiera relacionarse a una menor intensidad de uso en las zonas altas del valle y pudiera indicar que ha estado ocurriendo un deterioro de las condiciones del suelo en las zonas que han sido utilizadas por más tiempo.

En la tabla 1 observamos que el ecosistema original presenta además los valores promedio mas altos de pH y N total. Por otro lado, el amonio final en las incubaciones es de  $4,50 \pm 2,6$  mg/kg en las parcelas de páramo virgen mientras que en las parcelas en descanso es de  $1,31 \pm 1,2$  mg/kg (la diferencia es estadísticamente significativa con  $\alpha =0.05$ ,  $p=0,02$ , Kruskal-Wallis). Esto sugiere un potencial de nitrificación inferior en las parcelas de páramo virgen lo cual pudiera estar asociado a pérdidas menores de N del ecosistema no perturbado, ya que el amonio puede ser retenido con más facilidad en el complejo de intercambio catiónico que los nitratos.

## Conclusiones

De manera que nuestros resultados sugieren que la incorporación de las parcelas de páramo a los ciclos de cultivo-descanso producen una disminución importante de biomasa microbiana, pH y N total y un aumento de la nitrificación, lo que pudiera implicar una pérdida de fertilidad potencial y estabilidad, que no parece ser reversible en los tiempos de descanso utilizados por los campesinos. Estos resultados cuestionan la sustentabilidad a largo plazo y el valor conservacionista de estos sistemas agrícolas tradicionales, aún cuando el descanso permite el mantenimiento de una mayor diversidad a nivel del paisaje de la que sería posible bajo un sistema intensivo de monocultivo. Por otro lado indican que la gran heterogeneidad observada en las condiciones edáficas en el valle debe ser tomada en cuenta al proponer estrategias de



manejo para el sistema. En nuestra opinión, se hace ahora necesario un diseño experimental que considere esta heterogeneidad para tratar de separar su efecto del efecto del tiempo de descanso. Por último, esperamos que este estudio muestre la importancia de utilizar un enfoque ecosistémico para analizar el efecto de una agricultura que ha sido asumida tradicionalmente como conservacionista, sobre el mantenimiento de las características originales de los suelos del páramo.

## **Bibliografía**

- Aranguren, A. 1988. Aspectos de la dinámica del nitrógeno en parcelas con diferente tiempo de descanso en el Páramo de Gavidia. Tesis de Licenciatura. Universidad de los Andes. 149 pg.
- Brookes, P.C. Landman, A. Pruden, G. y D.S. Jenkinson. 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen of soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 17 (6): 837-842.
- Brown, S. Anderson, J.M. Wooster, P.L. Swift, M.J. y E. Barrios. 1994. Soil biological processes in tropical ecosystems. En : Wooster, P.L. y M.J. Swift (Eds.) *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. John Wiley and Sons. New York. Pgs. 15-46.
- Clein, J.S y J.P. Schimel. 1994. Nitrogen turnover and availability during succession from alder to poplar in alaskan taiga forest. *Soil Biology and Biochemistry*. 27 (6) : 743-752.
- Farinas, M. 1975. *Análisis de la vegetación del páramo, ordenamiento y correlación con factores edáficos y climáticos*. Trabajo de Ascenso. Facultad de Ciencias. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. 145 pp.
- Ferwerda, W. 1987. The influence of potato cultivation on the natural bunchgrass páramo in the colombian Cordillera Oriental. Internar report no. 220. Hugo de Vries Laboratory. University of Amsterdam. 83 pp.
- Hervé, D. 1994. Respuesta de los componentes de la fertilidad del suelo a la duración del descanso. En: Hervé, D. Genin, D. y G. Riviere. (Eds). *Dinámicas del descanso de la tierra en los Andes*. IBTA-ORSTOM. La Paz. pgs 155-169.
- Insam, H. y K. Haselwandter. 1989. Metabolic quotient of soil microflora in relation to plant sucession. *Oecologia (Berlin)*. 79: 174-178.
- Sarmiento, L. 1995. Restuaration de la fertilité dans un systeme agricole a jachere longue des hautes Andes du Venezuela. Tesis de doctorado. Universidad de París XI. 237 p.
- Sarmiento, L. y Monasterio, M. 1993. Elementos para la interpretación ecológica de un sistema agrícola campesino de los páramos venezolanos. En: Rabey, M. (Ed.) *El Uso*

*Tradicional de los Recursos Naturales en Montañas: Tradición y Transformación.*  
UNESCO-ORCYT. Montevideo.Uruguay.