

EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LAS TERRAZAS ARQUEOLÓGICAS DE LA CUENCA ALTA DEL SISTEMA PIRQUITAS

***Ogas Ricardo**; *Pernasetti Olga**; *Agüero Jesús**; *González María E.**; *Watkins Pablo**;
*Gómez Bello Carlos***; *Salas Mónica****; *Kriskausky Néstor*******

*Cátedra de Edafología, edafo@fcasuser.unca.edu.ar. **Cátedra de Uso y Manejo de Suelos; suelos@fcasuser.unca.edu.ar. ***Cátedra de Química. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca. **** Cátedra de Arqueología Argentina II. Escuela de Arqueología, Universidad Nacional de Catamarca

EVALUATION OF SOIL FERTILITY IN THE HIGH BASIN ARCHEOLOGICAL TERRACES OF THE PIRQUITAS SYSTEM

SUMMARY

The basin of the Pirquitas system is the main source of surface water in the Catamarca Valley. Its high river basin is characterized by its extremely torrent nature. In order to reduce it, conservation practices are necessary. The Diaguitas, old settlers in this area, practiced agriculture in terraces (aguada culture), which are widely spread in all the river basin. Agronomy in terraces allowed cultivating steep slopes, to increase water absorption and retention of fertility, and to prevent soil erosion. Soil fertility is the expression of edaphic properties: physical, physical-chemical, chemical and biochemical favourable for the growth and development of the plants. The objective of this work is to evaluate the soil properties of different archaeological terraces systems of the high river basin of the Pirquitas System and compare them with those of the soil in bordering terraces in relation to the fertility for crop growth. Detailed morphologic descriptions were made, Physical and chemical analysis were developed from the soil samples extracted in the terrace systems and outside them (control soils) located in the water springs, in the Department of Ambato. The evaluations of the edaphic variables and its contrasts between soils in and out of the terraces were useful to evaluate soil fertility. The model of the system of terraces, with the necessary adjustments offered by present technology, is valid to retain soils in the high river basins and to maintain the fertility for plantations in steep slopes of waters springs as a way of preserving the lives the public works and to assure water provision in the lower river basins.

KEY WORDS: Archeological Terraces - Soil - Fertility

RESUMEN

Los Diaguitas, antiguos pobladores de la zona, practicaban la agricultura en terrazas (cultura aguada). En la subcuenca del Río Los Puestos se encuentran ampliamente difundidas las terrazas arqueológicas. La agronomía en terrazas permitió cultivar laderas empinadas de las quebradas, favorecer el aprovechamiento del agua, la retención de la fertilidad e impedir la erosión de las tierras. La fertilidad de los suelos es la expresión concurrente de propiedades edáficas, físicas, fisicoquímicas, químicas y bioquímicas favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas. El trabajo tiene por objetivo evaluar las propiedades edáficas de los suelos de diferentes sistemas de terrazas arqueológicas de la cuenca alta del Sistema Pirquitas y contrastarla con suelos alledaños fuera de terrazas en relación con la fertilidad para el desarrollo de cultivos. Se estudiaron suelos dentro y fuera del sistemas de terrazas (suelos referencias) ubicadas en las nacientes de aguas en el Departamento Ambato. El modelo de los sistema de terrazas, con los ajustes necesarios que ofrece la tecnología actual, son válidos para retener los suelos en las cuencas altas y conservar la fertilidad para la realización de plantaciones en las laderas escarpadas de las nacientes de aguas de manera de preservar el ambiente, la población, las obras públicas y asegurar la provisión del agua en las cuencas inferiores.

PALABRAS CLAVES: Terrazas arqueológicas – suelos - fertilidad

INTRODUCCIÓN

Los Diaguitas o Cacanés, antiguos pobladores de la zona, fueron los indígenas más adelantados de nuestro territorio, eran sedentarios, practicaban la agricultura en terrazas y canales de riego (cultura aguada). En la subcuenca del Río Los Puestos se encuentran ampliamente difundidas las terrazas arqueológicas. Fueron las laderas de pendientes apropiadas cubiertas de buenos suelos de la cara oriental de la cadena del Ambato, donde las nuevas técnicas de producción basadas en el riego y el efectivo control de cuenca, permitieron el crecimiento y la expansión de estos grupos, que en determinados momentos con climas apropiados, se extendieron hasta la actual provincia de San Juan, abarcando toda el área semiárida de la región NOA y parte de Cuyo (Kriscautzky 1995).

La cultura Andina, en el transcurso de casi 3.000 años, ha perfeccionado la construcción de los andenes o terrazas. Sobre las laderas altas de la cadena del Ambato que bajan hacia el Valle Central, los indígenas construyeron enormes campos de terrazas de cultivo, canchones y anderías, represas y canales, que realmente llaman la atención. Evidentemente es producto de la

tarea de grupos humanos perfectamente organizados con acabado conocimiento del paisaje y las condiciones del ambiente, que mejoraron y cambiaron de acuerdo a sus propias necesidades, frenando la erosión, manejando el agua, almacenándola en represas y distribuyéndola por canales y acequias hacia los andenes, canchones y terrazas de cultivo. La agronomía en andenería permitió cultivar las laderas de pendientes elevadas de las quebradas, favorecer el drenaje, el aprovechamiento del agua, la retención de la fertilidad e impedir la erosión de las tierras, aspecto estratégico geopolítico, militar y económico relevante que llevó al Imperio Inca a su gran esplendor y desarrollo (Kriscautzky 1995).

Los Andenes son plataformas escalonadas construidas en las faldas de los cerros, siguiendo la sinuosidad topográfica, están formados por muros de contención construidos con piedras, rellenos con tierra fértil en los cuales se realizaban tareas agrícolas.

La fertilidad de los suelos es la expresión concurrente de propiedades edáficas: físicas (color, textura, estructura, retención y dinámica del agua, densidad aparente, espesor de los horizontes, profundidad del suelo), fisicoquímicas (estado de floculación, capacidad de intercambio catiónico, acidez y pH), químicas y bioquímicas (materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, salinidad), favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Ogas, et al 1994)

El presente trabajo tiene por objetivo evaluar las propiedades edáficas de los suelos de diferentes sistemas de terrazas arqueológicas de la cuenca alta del Sistema Pirquitas, y contrastarla con suelos fuera de las terrazas.

MATERIAL Y MÉTODO

Se eligieron cuatro sistemas de terrazas ubicados en las siguientes localidades del Departamento Ambato: Las Juntas (dos), Los Varela (uno), Los Talas (uno), seleccionadas por tener un buen estado de conservación y por presentar situaciones comparables en relación a la pendiente topográfica y a los aspectos constructivos.

En cada sistema, se eligieron tres sitios de estudio, ubicados en la parte alta, media y baja del mismo, y otros tres sitios vecinos fuera de las terrazas. Las observaciones de los suelos fuera de la terraza se hicieron aguas arriba de las terrazas ya que los sitios fuera de las terrazas, en posiciones similares en el paisaje, presentan el extracto rocoso o pedregosidad desde la superficie. El sistema Las Juntas Sur, aguas arriba de las terrazas, presenta características fisiográficas marcadamente diferentes, por lo que se optó por no considerar suelos fuera de las terrazas para dicho sistema. Los cuatro sistemas de terrazas se encuentran en laderas escarpadas con pendientes entre el 45 y 60%.

Se realizaron 21 calicatas en total: en el sistema Las Juntas se realizaron nueve calicatas, (tres dentro de las terrazas y seis fuera del área de las terrazas, ubicándolas hacia el norte y sur de las mismas). En el sistema de Los Talas seis calicatas (tres adentro y tres afuera y en Los Varela seis (tres dentro y tres afuera de las mismas).

En cada una de ellas se realizó la descripción morfológica de los suelos en base a las normas del Manual de Reconocimientos de Suelos (USDA 1995).

En cada horizonte se describieron las propiedades físicas: color, textura, estructura, consistencia, presencia de carbonatos, contacto lítico, profundidad, raíces, etc. Se tomaron las muestras correspondientes a cada horizonte para su análisis en laboratorio. Los análisis químicos realizados en laboratorio fueron: textura (método densímetro de Bouyoucous); pH (relación suelo: agua 1:2,5); carbonatos (calcímetro de Collins); sales totales (extracto de saturación - conductimetría); carbono orgánico (Wakley Black); nitrógeno total (Kjeldhal); fósforo asimilable (Olsen); cationes solubles e intercambiables, calcio y magnesio (titulación con EDTA); sodio y potasio (fotometría de emisión).

Para efectuar el Análisis Factorial Multivariado de “Componentes Principales” y de “cluster jerárquico”, se eligieron 14 variables según los siguientes criterios: a) selección de variables que permitan distinguir entre los suelos “en” y “fuera de la terraza”, b) teniendo en cuenta limitaciones de las técnicas multivariadas a aplicar se eligieron las variables correspondientes al primer horizonte, c) se eligieron aquellas variables con alto coeficientes de correlación y los coeficientes de variación menor del 50 %. Para realizar el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SSPS N° 10.

La información morfológica obtenida en las descripciones de suelo y los datos de los análisis del laboratorio permitieron la construcción de un banco de datos con 31 variables por horizonte. Con el objeto de reducir el número de variables de estudio se aplicó el análisis Multivariado de Componentes Principales y el Análisis de Cluster Jerárquico (SPSS 10) lo que permitió en base a los factores identificados agrupar los suelos según criterios de proximidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la aplicación de la técnica de Componentes Principales se obtuvo la reducción a cuatro factores que explican el 80.5 % del modelo, valor que resulta aceptable. De los componentes rotados se obtiene la matriz de factores de cuya interpretación resulta que: el Factor 1 se encuentra correlacionado con las variables “terracea/fuera de la terracea”, “calcáreo clases”, “calcio más magnesio intercambiable” y “pH”, el Factor 2 con las variables: “arena %”, “limo %”, “capacidad de intercambio total”, “textura clases”, “profundidad de suelo clases”, el

Factor 3 con las variables “materia orgánica %” y “nitrógeno total %” y el Factor 4 con las variables: “potasio intercambiable (me%g)” y “arcilla %”. Para hacer el análisis de Cluster Jerárquico se utilizaron los cuatros factores. De ambos análisis estadísticos se elaboró el cuadro N° 1 que permite establecer la correspondencia entre los cluster y las variables analizadas.

CUADRO N° 1: Agrupamientos de los perfiles en cluster según las variables seleccionadas.

Cluster N°	Perfil N°	Sistema de terraza	Terraza/ fuera terraza	Prof. clases	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura Clase	Calcáreo clases	MO %	N %	pH	Kinterc me/g	Ca+Mg me/g	CIC me/g
1	7	LJN	2	3	44,2	1	54,8	3	2	3,9	0,13	7,75	1,4	46,4	15,8
1	8	LJN	2	3	48,2	2,6	49,2	3	3	3,44	0,16	8,4	0,9	44	17
1	9	LJN	2	3	58,6	1,4	40	3	3	3,32	0,17	7,8	1	44	13,9
1	14	LV	2	1	63,6	3	33,4	3	2	3,9	0,17	7,95	0,9	43,2	12,6
1	19	LT	2	1	66,2	1,4	32,4	1	3	3,7	0,17	8,12	1	43,8	12,7
1	20	LT	2	1	60,2	1,4	38,4	3	4	3,5	0,17	8,25	1,6	56	12,4
1	21	LT	2	2	60	1	39	3	2	4,1	0,25	8,02	0,8	45	11
1	13	LV	2	3	63,6	7	29,4	3	4	2,3	0,09	8,45	0,7	44,2	9,7
2	5	LJN	1	3	41,6	9	49,4	4	1	3,9	0,18	7,5	1,5	36,7	17,2
2	6	LJN	1	4	38,6	4,6	56,8	3	1	3,4	0,16	7,7	2	37,7	18,6
2	4	LJN	1	4	35,2	3	61,7	3	1	2,8	0,15	5,12	0,9	37,4	16
3	2	LJS	1	3	61,5	3,7	34,8	3	2	5,6	0,2	7,7	0,7	31	15
3	17	LT	1	3	62,6	0,6	36,8	3	1	4,03	0,23	7	1	29,2	15
3	1	LJS	1	2	64,4	3,2	32,3	1	1	5	0,22	6,7	1,2	26,2	14
3	3	LJS	1	3	50,5	4,2	45,3	3	1	3,6	0,05	6,1	1,3	22,1	13,4
3	11	LV	1	3	56,7	5,8	16	3	1	2,7	0,17	7,5	2,1	23,1	12
3	12	LV	1	2	55,6	9	35,4	3	1	2,2	0,15	7,4	1,4	23,8	11,3
3	10	LV	1	3	59,1	5,6	35,2	1	1	2,4	0,12	7,6	1,3	22,4	10,5
3	16	LT	1	3	64,6	4,4	32,8	1	1	2,04	0,13	6,6	1	22,4	11,5
3	18	LT	1	3	66,6	2,6	30,8	1	1	3,5	0,17	7,1	1	28	15
4	15	LV	2	1	57,6	9	33,4	3	2	3,1	0,12	7,5	0,85	23,5	11,2

En el cuadro N° 1 se observa que los cluster 1 y 4 contiene los suelos “fuera de la terraza” (fuera terraza = 2). Los suelos del cluster 1 se caracterizan porque el horizonte 1 posee las siguientes propiedades: “calcáreo” clases 2 (+), 3 (++) y 4 (+++), los pH se encuentran entre 7.5 y 8.4 y la suma de Calcio más Magnesio supera 44 me % g de suelo. Los suelos son superficiales siendo los del sistema Las Juntas norte los más profundos (3 = 51-100 cm). En el cluster 4 se encuentra solamente el perfil 15 que se destaca por el porcentaje de “arcilla” (9 %) y el “potasio intercambiable” (0.85 me %g de suelo).

Los suelos “en terraza” (terrazza = 1) se agrupan en los cluster 2 y 3. En el cluster 2 se encuentran los suelos del sistema Las Juntas Norte (perfiles 5, 6 y 4) que se caracterizan por: profundidad 3 (56-100 cm) y 4 (> de 100 cm), limo > de 50%, arcilla entre 3- 9 %, calcáreo ausente, pH < a 7.7, Materia Orgánica entre 2.8 y 3.9 %, Nitrógeno total entre 0.15 y 0.18 %, y Capacidad de intercambio catiónico entre 16- 18.6 me % g de suelo. En el cluster 3 los suelos se

caracterizan por pertenecer las clases de profundidad de suelo 2 (26 a 50 cm) y 3 (51- 100 cm), porcentajes de arena mayores del 66 %, calcáreo ausente, $\text{pH} < 7.7$, se distinguen dos subgrupo: uno integrado por los perfiles 2, 17 y 1 que poseen niveles de Materia Orgánica $> 4\%$ y niveles de Nitrógeno total $> 0.2\%$ y el otro integrado por los perfiles 11, 12, 3, 10, 16 y 18 con valores de Materia Orgánica entre 2 y 3.5 % y niveles de Nitrógeno total entre 0.12 y 0.17 %. En este cluster se encuentran los suelos de los sistemas de terrazas de Los Varela y Los Talas y dos suelos del sistema Las Juntas.

Para el análisis de las variables seleccionadas se calcularon los valores medios.

Las profundidades de los suelos en las terrazas (Figura N° 1) son mayores que fuera de las mismas en todos los sistemas analizados. En Las Juntas, las profundidades en ambos casos no presentan diferencias estadísticamente significativas, esto se explica porque los suelos fuera de las terrazas se encuentran sobre un manto loésico con menor pendiente topográfica. En los sistemas de Los Talas y Los Varela las profundidades de los suelos fuera de la terraza son superficiales debido a la pendiente topográfica y a los procesos erosivos que dejan áreas con rocas expuestas.

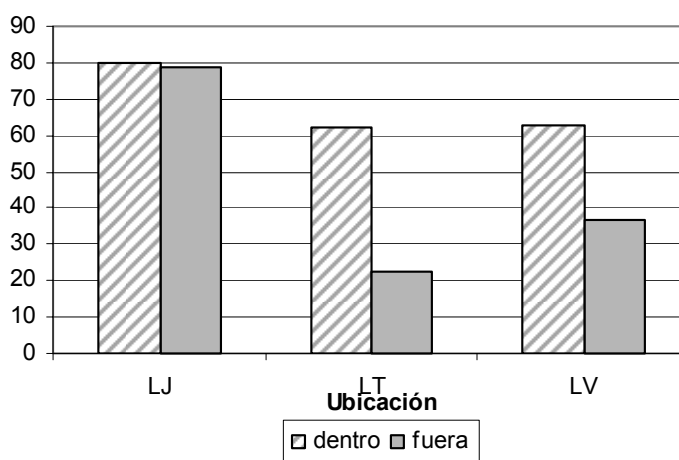


FIGURA N° 1: Valores medios de profundidades de suelos en la capa superficial

En Las Juntas se encontró mayor variabilidad en las clases texturales: franco arenosa (33,3%), franco limosa (44,4%) y franca (22,3%) en los suelos fuera y dentro de la terraza. En los sistemas Los Talas y Los Varela la clase textural es franco arenosa en ambas situaciones.

Se analizó con mayor nivel de detalle la fracción arcilla por estar vinculada con aspectos relevantes de la fertilidad: la capacidad de intercambio catiónico y la formación de complejos arcilla-humus (Figura N° 2).

En los suelos analizados las mayores variaciones se presentan en las fracciones arena y limo, mientras que la arcilla permanece en valores menores al 10% en los tres sistemas. Las variaciones son mayores en los suelos del Sistema Las Juntas, lo que se relaciona con el material utilizado en la construcción de las terrazas y no con la dinámica edáfica en las mismas. En todos los casos los valores de arcilla son bajos.

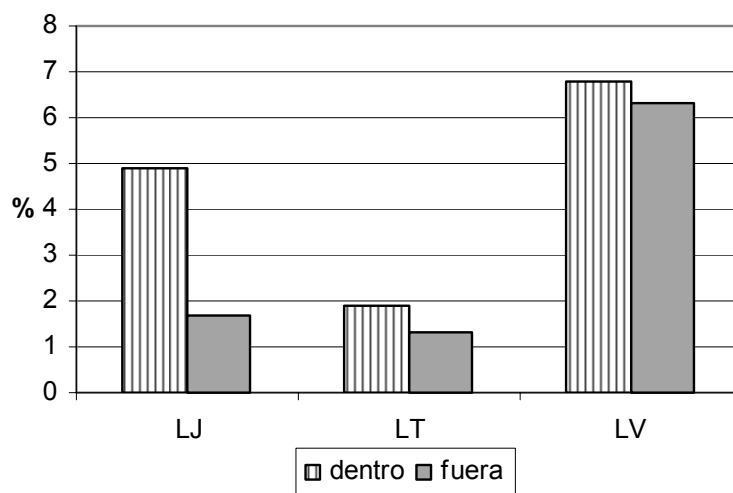


FIGURA N° 2: Valores medio de porcentaje de arcilla en el de la capa superficial.

Los valores medios de contenidos de carbonatos (Figura N° 3) indican que hay mayor cantidad de carbonatos en los suelos fuera de las terrazas que dentro de las mismas. Los valores encontrados fuera de las terrazas se consideran altos, mayores al 5%, y en Los Varela superan el 7%. Las terrazas favorecen la infiltración y la retención del agua lo que promueve el desarrollo de la biomasa aérea y la extensión radicular y por lo tanto los procesos de decarbonatación del perfil, mientras que en los suelos fuera de las terrazas predominan los procesos erosivos, resultando valores mayores de carbonatos, ya que se produce la permanente decapitación de los suelos y los relictos conservan mayores contenidos de carbonatos.

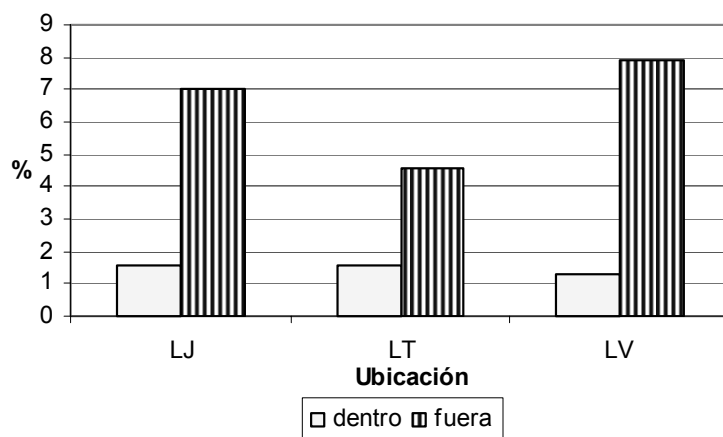


FIGURA N° 3: Valores medios del porcentaje de carbonatos de la capa superficial

Los niveles de carbono orgánico encontrados en el primer horizonte están entre el 1% y el 2,5% considerados, para las texturas analizadas, como moderados a buenos. El valor extremo encontrado es del 3,3% en Las Juntas. Los análisis estadísticos no muestran diferencias estadísticas significativas, pero existen relaciones distintas. (Figura N° 4).

En Las Juntas la precipitación media anual es mayor y se trata de pastizales de altura (de los géneros *Stipa* y *Festuca*) que realizan aportes superficiales y subsuperficiales a través del sistema radical. El pastizal que realiza los aportes se encuentra permanentemente sometido a sobrepastoreo y quema.

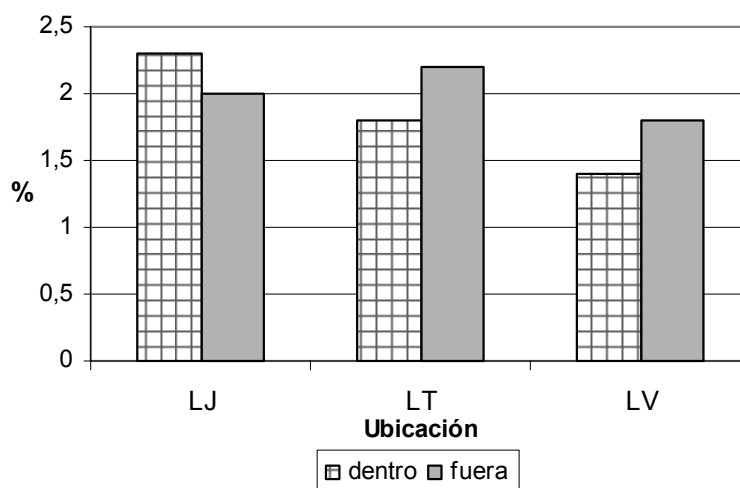


FIGURA N° 4: Valores medios de Carbono Orgánico en suelos en la capa superficial.

En estos suelos con una alta saturación de cationes alcalinos térreos, existió una correlación alta entre los carbonatos y el calcio intercambiable ($r = 0.95$; $n = 9$), lo mismo entre el calcio y magnesio soluble con los carbonatos ($r = 0.88$; $n = 9$) y entre el calcio intercambiable y el calcio y magnesio soluble ($r = 0.93$; $n = 6$), en los tres sistemas.

Al considerar el Potasio soluble, en general los valores encontrados son buenos, superiores a 0,5 meq/lt, nivel considerado crítico en la solución del suelo. Por lo expresado los suelos poseen altos niveles de macronutrientes: calcio, magnesio y potasio no encontrándose diferencias significativas entre los suelos en y fuera de la terraza.

En relación al pH del horizonte 1 en suelos de terraza, los valores oscilaron entre 6,0 y 7,5, mientras que en profundidad aumentan conforme aumentan los tenores de carbonatos. Fuera de las terrazas los valores están por arriba de 7,5, en especial en el sistema en Los Varela y Los Talas donde llegan en superficie a 8,6 o sea fuertemente alcalino.

CONCLUSIONES

Los suelos fuera de la terraza son en su mayoría pocos profundos con niveles altos de pH y de carbonatos, y si a esto se suman la fuerte pendiente topográfica resultan no aptos para la realización de cultivos.

Las texturas predominantes en las terrazas arqueológicas oscilan entre franco arenoso, franco y franco limoso, de lo que se infiere una buena infiltración y retención de agua. El pH y los niveles de carbonatos encontrados son adecuados y compatibles con una buena disponibilidad de nutrientes.

Los niveles de saturación de bases: calcio, magnesio y potasio (soluble e intercambiable) indican niveles altos de disponibilidad.

Los tenores de carbono orgánico son comparables dentro y fuera de la terraza e indican niveles aceptables a buenos.

El modelo de los sistema de terrazas, con los ajustes necesarios que ofrecen actualmente la ciencia y la tecnología, permitirá retener los suelos en las cuencas altas y conservar la fertilidad para realizar agricultura en las laderas escarpadas de las nacientes de aguas de manera de preservar la biodiversidad, el bienestar de la población las obras públicas y asegurar la provisión del agua en las cuencas inferiores.

BIBLIOGRAFÍA

- *KRISCAUTZKY, NÉSTOR* (1995): Avances en arqueología del formativo inferior en el Valle de Catamarca. Revista de Ciencia y Técnica. Secretaria de Ciencia y Tecnología. UNCa. Vol 2. N° 2. :65-82.
- *LAFI, SALOMÓN* (1994): Síntesis Diagnóstica. Informe final de coordinación. Anexo resumen de trabajos realizados. Estudio Integral del Sistema Pirquitas y manejo de la Subcuenca del Río Los Puestos. Etapa I: Estudios Básicos. Convenio CFI - Gobierno de Catamarca.
- Manual de Reconocimiento de Suelos. USDA (1995). Ministerio de Agricultura de Venezuela.
- *OGAS, RICARDO* et al. (1994- 1): Estudios de suelos. Capítulo I Mapa general de suelos. Estudio Integral del Sistema Pirquitas y manejo de la Subcuenca del Río Los Puestos. Etapa I: Estudios Básicos. Convenio CFI - Gobierno de Catamarca.
- *OGAS, RICARDO* et al. (1994- 2): Estudios de suelos: Capítulo I Mapa temático, delimitación de áreas críticas. Susceptibilidad a la erosión hídrica. Estudio Integral del Sistema Pirquitas y manejo de la Subcuenca del Río Los Puestos. Etapa I: Estudios Básicos. Convenio CFI - Gobierno de Catamarca.