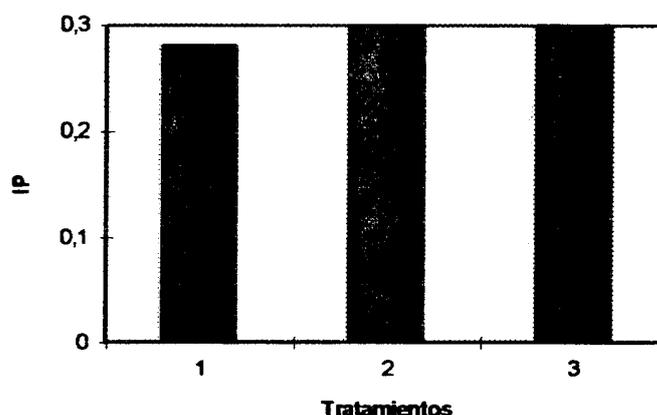


El análisis de las medias (Tabla 18), para un nivel de significancia de $p < 0.05$, encuentra diferencias significativas y permite la diferenciación del comportamiento de los tratamientos.

Tabla 18. Prueba de medias para la variable índice de productividad para el cultivo zanahoria, en los distintos tratamientos.

Fuente de variación	Número de datos	Promedios	Grupos
Tratamiento 1	36	0.28	a
Tratamiento 2	36	0.30	b
Tratamiento 3	36	0.30	b

Los promedios de índice de productividad para los distintos tratamientos se ilustran en la figura 9.



Tratamientos con letras en común como indicada en las barras, no son significativamente diferentes (prueba de Newman-Keuls)

Figura 9. Efecto de los distintos tratamientos en la productividad del suelo

Mediante un análisis porcentual se establece que los tratamientos 2 y 3 presentan un índice de productividad mayor en un 6.66% con referencia al tratamiento 1. Estas diferencias están asociadas principalmente al espesor del suelo superficial.

Para el cultivo de la papa el análisis de varianza (Tabla 19) demuestra que no existen diferencias significativas a nivel de parcelas y de tratamientos. Existe una alta probabilidad (97%) de encontrar diferencias significativas a un nivel de significancia del 7%.

Tabla 19. Análisis de varianza. Variable: Índice de productividad. Cultivo de papa

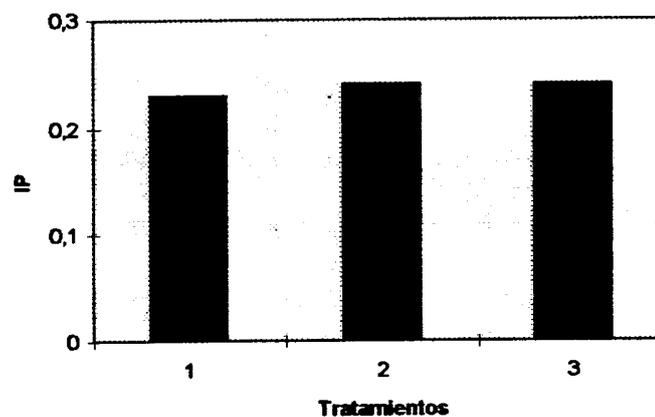
Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Probabilidad
Parcelas	2	0.005	0.0025	0.03 ^{NS}	0.9735
Tratamientos	2	0.003	0.0015	5.61 ^{NS}	0.0703
Error	4	0.002	0.0004		
Total	8	0.010	0.0012		

La prueba de medias de Newman-Keuls (Tabla 20), confirma lo anterior y no encuentra diferencias significativas.

Tabla 20. Prueba de medias para la variable índice de productividad en cultivo de papa para los distintos tratamientos.

Fuente de variación	Número de datos	Promedios	Grupos
Tratamiento 1	9	0.23	a
Tratamiento 2	9	0.24	a
Tratamiento 3	9	0.24	a

En la Figura 10, se ilustran los índices de productividad promedio de los distintos tratamientos para el cultivo de papa:



Tratamientos con letras en común como indicada en las barras, no son significativamente diferentes (prueba de Newman-Keuls)

Figura 10. Efecto de los diferentes tratamientos en la productividad del suelo

A nivel porcentual los tratamientos 2 y 3 presentan un IP superior en un 4.16% con referencia al tratamiento 1.

En general, las diferencias de IP obtenidas para los diferentes tratamientos y principalmente entre los tratamientos 1 vs tratamientos 2 y 3 en los suelos cultivados con zanahoria se debe principalmente a la variación del espesor del horizonte superficial, debido a que las demás propiedades: pH, agua disponible, pedregosidad y materia orgánica son prácticamente iguales.

Tolerancia

La distribución de la tolerancia expresada en Mg/ha/año es marcadamente diferente en las distintas parcelas en estudio. La parcela II presenta una mayor tolerancia en 24.23%, 29.71%, 0.53% y 11.24% con respecto a las parcelas I, III, IV y V. Estas diferencias puede asociarse a la profundidad del suelo superficial que es variable en las distintas parcelas.

Los valores obtenidos representan la máxima cantidad de erosión que se puede tolerar en las parcelas, sin una pérdida permanente de la productividad.

Para establecer relaciones entre las características del espesor del horizonte superficial y rendimiento (Y) e IP y rendimiento (Y) tanto para el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.) como para la papa (*Solanum tuberosum* L.) se ajustaron ecuaciones de regresión para las variables, obteniéndose coeficientes de determinación (r^2) altamente significativos $p < 0.01$ (Tablas 21 y 22).

Las ecuaciones encontradas y ajustadas demuestran que existe una relación estrecha entre espesor del suelo superficial y rendimiento; y entre índice de productividad y rendimiento.

Tabla 21. Ecuaciones de regresión entre las variables espesor del horizonte superficial (e) y rendimiento (Y).

Cultivo	Ecuación de regresión	r^2	n
Zanahoria	$Y=13.95+4.288\ln(e)$	0.080	36
	$Y=0.030 e^2 -1.184e+35.359$	0.153	36

Cultivo	Ecuación de regresión	r^2	n
Papa	$Y=4.37+5.439 \ln(e)$	0.3512	9
	$Y=-0.1303e^2+4.3892e-15.429$	0.4796	9

Tabla 22. Ecuaciones de regresión entre las variables índice de productividad (IP) y rendimiento (Y).

Cultivo	Ecuación de regresión	r ²	n
Zanahoria	Y=58.25+24.539Ln(IP)	0.2936	36
	Y=969.51IP ² -467.61IPx+80.368	0.3519	36

Cultivo	Ecuación de regresión	r ²	n
Papa	Y=36.451+11.223Ln(IP)	0.5568	9
	Y=-847.43IP ² +451.98IP-38.699	0.6444	9

Los dos modelos de regresión encontrados en nuestro estudio muestran valores de r² aceptables y explican el hecho de que los rendimientos se incrementan a medida que el suelo ofrece mejores condiciones al cultivo.

Estas mejores condiciones se observan principalmente en el tratamiento 3, y obedecen al depósito de los materiales arrastrados por acción del escurrimiento de las partes altas de las laderas. El mejoramiento del suelo producto de este proceso se traduce en una mayor profundidad enraizable del suelo, aumentando las posibilidades de crecimiento radical y en consecuencia la productividad; mayor capacidad de almacenamiento de agua aprovechable por la concentración de partículas coloidales y aumentos en la capacidad de intercambio catiónico, lo cual conduce a modificar el comportamiento físico-químico del suelo; mejora estructural y aporte de macro y micro-nutrientes con efecto directo en los rendimientos de los cultivos.

Las ecuaciones logarítmicas y cuadráticas determinadas en este trabajo de investigación concuerdan con las reportadas por Delgado (1995) y Delgado y López (1995). Las ecuaciones de IP y rendimiento (Y) son reportadas para un límite de confianza de 95-99%, y muestran la respuesta del rendimiento de los cultivos a la variación en la productividad del suelo, señalando que los rendimientos se van incrementando a medida que se incrementa el índice de productividad. Este comportamiento se mantiene hasta llegar a un valor máximo, a partir del cual la curva se hace asintótica. Desde este momento, el rendimiento se mantiene, a pesar de seguir incrementándose los valores del índice de productividad del suelo.

El cambio de la pendiente a partir del cual la curva se hace asintótica está influenciada por otros factores distintos a las características y propiedades del suelo. Estos factores son: el potencial genético del cultivo, prácticas culturales realizadas (manejo), las condiciones climáticas (fotoperíodo, radiación solar, precipitación, temperatura, etc), así como la incidencia de plagas y enfermedades.

Las ecuaciones logarítmicas encontradas, cuantifican las relaciones erosión-productividad, ya que implican la evaluación de una serie de interacciones entre propiedades del suelo, condiciones topográficas, factores climáticos, características de los cultivos y sistemas de manejo.

Estas ecuaciones, de carácter empírico, son de gran utilidad para la evaluación de las relaciones erosión-productividad en la zona de estudio, ya que permiten determinar la respuesta del cultivo (rendimiento) con relación a la productividad del suelo, así como elaborar estrategias para la planificación conservacionista de la tierra, para mantener la capacidad productiva de la misma.

CAPITULO V

APLICACIONES

(PLANIFICACIÓN CONSERVACIONISTA)

La planificación conservacionista de la tierra persigue mantener la capacidad productiva de la misma. Para lograr dicho objetivo las pérdidas de suelo por erosión deben ser menores que las pérdidas de suelo toleradas. La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo USLE, es, hasta el momento, el modelo más ampliamente utilizado para planificar el uso conservacionista de la tierra y trazar políticas de conservación en relación al control de la erosión hídrica laminar y en surquillo en tierras agrícolas. (Páez y Pla, 1989).

En el caso particular de la microcuenca: "Zarzales-La Grande" los lineamientos de la planificación conservacionista están fundamentados en los valores obtenidos de Riesgo de Erosión por la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo y los valores de tolerancia del suelo suministrados por el modelo IP.

Para tal efecto se plantean dos escenarios:

Escenario I. Enfoque Tradicional (Tendencial). Se mantiene el esquema de producción agrícola que se ha venido aplicando en los últimos años. El patrón tecnológico empleado en la producción de cultivos, se mantiene igual en el futuro.

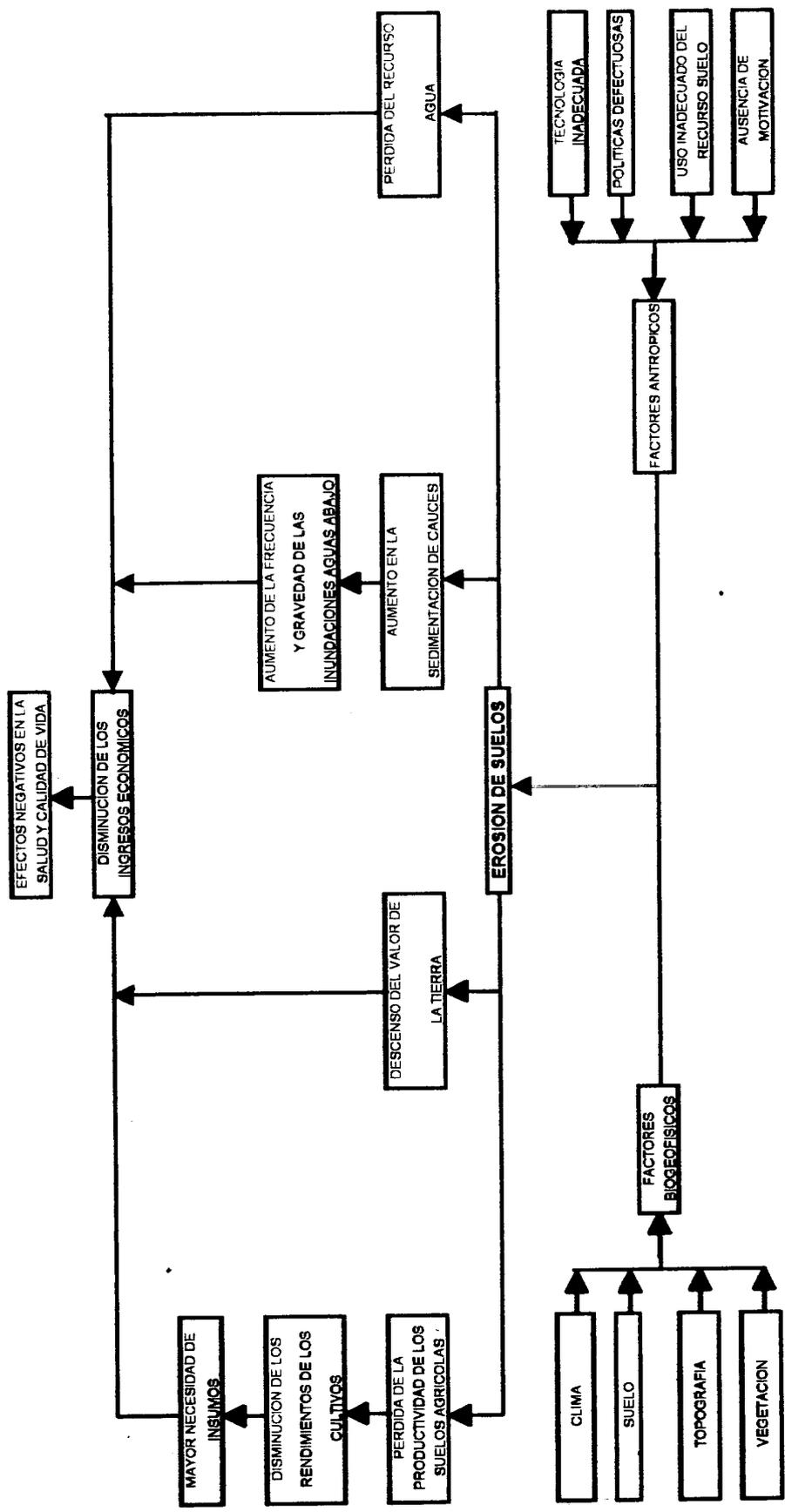
Este escenario a pesar de reportar beneficios económicos a los agricultores, puede ocasionar costos sociales y ambientales de difícil cuantificación (Figura 11).

Escenario II. Enfoque conservacionista (Prospectivo). Se llega a implementar prácticas de conservación para el uso adecuado de los suelos agrícolas.

Este escenario además de reportar beneficios económicos a los agricultores, preserva el medio ambiente (Figura 12).

Análisis de la situación actual de los suelos por riesgos de erosión hídrica

En la Tabla 23, se presenta el análisis de la situación actual de los suelos por riesgo de erosión hídrica en las distintas parcelas en estudio.



35 Figura 11. Enfoque tradicional: Causas y efectos de la erosión en la microcuenca: "Zarzales-La Grande" (Elaboración propia)

Tabla 23. Situación tendencial del Riesgo de erosión hídrica. Microcuenca "Zarzales-La Grande"

	Cultivo: zanahoria				Cultivo: papa
	Parcela I	Parcela II	Parcela III	Parcela IV	Parcela V
Erosividad (R) $MJ^2mm^2ha^{-1}h^{-1}a^{-1}$	1281.6	1281.6	1281.6	1281.6	1281.6
Erosionabilidad (K) $g^2h^2ha^2MJ^2mm^2ha$	0.012	0.016	0.015	0.013	0.012
Topografía (LS)	0.915	0.492	2.706	2.170	3.301
Riesgo de erosión (A_{max}) $Mg^2ha/año$	14.072	10.090	52.020	36.154	50.767
Tolerancia (T) $Mg^2ha/año$	5.66	7.47	5.25	7.43	6.63
CP max	0.402	0.740	0.101	0.206	0.131
CP ua	0.690	0.690	0.690	0.690	0.610
Riesgo de erosión actual (A_{ua})	9.710	6.962	35.894	24.946	30.968
Lamina de suelo perdido (cm/año)	0.08	0.06	0.28	0.18	0.22

De la Tabla 23 se puede deducir que la erosividad de la lluvia media para la localidad, según tablas de calificación propuestas por Páez (1994), es clasificada como muy baja. Este valor coincide con los reportados por López (1994), en otros sectores de Los Andes venezolanos.

Así mismo la erosionabilidad (K) de manera general para las parcelas estudiadas, tiene un grado de clasificación bajo, exceptuando la parcela II que tendría un (K) de moderadamente bajo.

La tolerancia de pérdidas de suelo en la microcuenca "Zarzales-La Grande", establecido de acuerdo a la profundidad del suelo y restricciones para el desarrollo radical y que es obtenido del modelo IP, presenta una calificación de baja.

El grado de protección de la cobertura necesario (CP max), que según Páez (1994) representa el requerimiento de manejo de una unidad de tierra para el control de la erosión hídrica, toma valores que se encuentra en los rangos de moderadamente bajo a extremadamente bajo.

De la misma manera la cobertura actual en las parcelas I, II, III y IV cultivadas con el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.) y la parcela V que presenta el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), presenta un grado de protección extremadamente bajo.

El riesgo de erosión actual en las parcelas III, IV y V presenta una calificación moderada, al contrario las parcelas I y II presentan una calificación de muy débil. Las parcelas I y II presentan un grado de pendiente alto (12% y 20%), en cambio las

parcelas III, IV y V presentan una gradiente muy alta (38%, 45% y 57% respectivamente).

La parcela II cultivada con zanahoria (*Daucus carota L.*) presenta un valor de CP del uso menor, que el CP max. Es decir que con las condiciones actuales de uso de la tierra teóricamente se está controlando la erosión hídrica. En el resto de las parcelas se hace necesario diseñar alternativas conservacionistas, para reducir el riesgo de erosión actual y evitar de esta manera la degradación del suelo.

Análisis de las alternativas conservacionistas

El desarrollo de una agricultura sustentable implica la aplicación de tecnologías que permitan la consecución de altos niveles de productividad con bajos niveles de inversión. Fundamentadas en este principio, las tecnologías conservacionistas que se proponen para la microcuenca son: barreras vivas, acequias de ladera y terrazas alternas. Estas prácticas de fácil ejecución por los agricultores, tienen por objetivo general garantizar un uso eficiente de los suelos, una máxima y continua producción de los mismos y una productividad creciente.

Barreras vivas

Las barreras vivas son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso, sembradas perpendicularmente a la pendiente (curvas de nivel). Las plantas se siembran una cerca de la otra para formar una barrera continua. Ellas sirven para reducir el agua de escorrentía y además actúan como filtros vivos, atrapando los sedimentos que lleva el agua que escurre sobre el suelo (Diógenes, 1994).

Ventajas:

- Utilización de material vegetativo lo cual significa producción de biomasa que según los casos, el agricultor puede aprovechar para forraje, materia orgánica o producto agrícola comercial.
- Costo de establecimiento bajo: utiliza mano de obra del agricultor, necesita pocas herramientas y se buscan materiales locales para la barrera.
- Son de fácil adopción por el agricultor.
- Proceso de terrazamiento progresivo: paulatinamente van formando una pequeña terraza con los sedimentos retenidos.
- Produce muy poca remoción del suelo.

- El mantenimiento es poco exigente en mano de obra.

Limitaciones:

- Se necesita una gran cantidad de cepas, las cuales no siempre están disponibles.
- En suelos con estructura pobre y donde el largo de la pendiente es grande, la fuerza del flujo laminar de escorrentía puede impedir el establecimiento de la barrera, y en este caso se requieren obras de conservación complementarias.
- Una vez que la barrera está sembrada, se debe esperar que crezca y cierre bien para que cumpla sus funciones.

Acequias de ladera

Son estructuras de control de erosión hídrica para tierras escarpadas. Se pueden construir fácilmente en pendientes de terreno de 10 a 50% con profundidad mínima del suelo de 50 cm. Arriba del canal, se debe sembrar una barrera viva sencilla a todo lo largo a 30-50 cm del talud (Diógenes, 1994).

Tratamientos auxiliares:

La aradura, los surcos y las plantaciones entre las acequias deben ir en contorno.

En épocas de descanso de las tierras deberán establecerse cultivos de cobertura que protejan al suelo de la acción directa de las gotas de lluvia y el flujo de escorrentía.

Ventajas:

- Retarda la velocidad de escurrimiento, atenuando su potencial erosivo
- Presenta alta eficiencia en el control de la erosión
- Se pueden construir con ayuda de un arado o sólo con las herramientas manuales.

Limitaciones:

- Demanda revisión constante, para evitar la acumulación de sedimentos en las acequias.
- Demanda capacitación de los agricultores.
- Requiere supervisión al inicio de la construcción.

Terrazas alternas

Las terrazas son estructuras que se construyen en sentido transversal a la dirección de la pendiente, con la finalidad de modificar la longitud y magnitud de la pendiente para reducir la velocidad del agua de escorrentía, aumentar su infiltración en el suelo, desalojar los excedentes de agua a velocidades no erosivas y reducir la erosión (Delgado, 1994).

Consideraciones:

Las terrazas de banco alternas manuales se pueden construir para pendientes del terreno entre 15-45%.

Las terrazas construidas con maquinaria pueden ejecutarse en pendientes entre 12 y 36%.

No se recomiendan terrazas de banco alternas para pendientes inferiores al 12%, ya que existen otras prácticas más económicas para estos casos.

Ventajas:

- Muy efectiva para el control de la erosión.
- Mejoran la configuración del terreno inclinado.
- Aprovechan las áreas de escurrimiento entre terrazas, como áreas de captación de agua.

Limitaciones:

- Requiere una alta inversión en capital y mano de obra.
- Demanda capacitación del agricultor

- Requiere supervisión al inicio de la construcción.

Diseño de las alternativas conservacionistas

En el diseño de las alternativas de prácticas de conservación para el control de la erosión hídrica se utilizó el modelo USLE. El fundamento es lograr que el valor de CP del uso propuesto sea menor o igual que el CP max. de la unidad respectiva (Páez, 1994): $CP_{ua} \leq CP_{max}$

El procedimiento de diseño para las alternativas conservacionistas se describe a continuación:

- Alternativa 1: Cultivos hortícolas con barreras vivas
- Alternativa 2: Cultivos hortícolas con acequias de ladera
- Alternativa 3: Cultivos hortícolas con terrazas alternas

Para el diseño de estas tres alternativas se asume que el corte óptimo de la longitud de la pendiente varía entre 15 y 30 m; con el establecimiento de las barreras vivas, acequias de ladera y terrazas alternas. También se asume que el factor cobertura (C) es un valor ponderado de la rotación zanahoria-papa-zanahoria.

La Tabla 24 muestra la situación prospectiva del riesgo a la erosión hídrica con el diseño de las alternativas propuestas. La parcela II no se incluyó por cuanto el análisis previo determinó que el uso actual es adecuado para reducir las pérdidas de suelo ($CP_{ua} \leq CP_{max}$)

Tabla 24. Situación prospectiva del riesgo a la erosión hídrica con las alternativas propuestas

	Cultivo: zanahoria			Cultivo: papa
	Parcela I	Parcela III	Parcela IV	Parcela V
Erosividad (R) $Mj\ mm\ ha\ h\ a\ ño$	1281.6	1281.6	1281.6	1281.6
Erosionabilidad (K) $g\ h\ t\ ha\ M\ mm\ ha$	0.012	0.015	0.013	0.012
Topografía (LS)	0.485	1.435	1.150	1.750
Barreras vivas (P)	0.525	0.525	0.525	0.525
Acequias de ladera (P)	0.280	0.280	0.280	0.280
Terrazas alternas (P)	0.340	0.340	0.340	0.340
Tolerancia (T) $Mg\ ha\ ño$	5.66	5.25	7.43	6.63
CP_{ua}^1	0.346	0.341	0.346	0.346
CP_{ua}^2	0.184	0.181	0.185	0.184
CP_{ua}^3	0.224	0.220	0.224	0.224
CP max	0.690	0.690	0.690	0.610
Riesgo de erosión actual (A_{ua}) ¹	2.622	9.414	6.638	9.325
Riesgo de erosión actual (A_{ua}) ²	1.398	5.020	3.540	4.974
Riesgo de erosión actual (A_{ua}) ³	1.698	6.096	4.299	6.039

¹ Barreras vivas, ² Acequias de ladera, ³ Terrazas alternas

Las tres alternativas propuestas, logran que el CP de uso (CP_{ua}) sea menor al CP max. La aplicación de dichas alternativas lograría un uso adecuado de la tierra y permitirá obtener máximos beneficios, manteniendo la productividad del suelo dentro de valores aceptables, para un período largo de tiempo.

Técnicas de valorización de los efectos ambientales

El análisis económico de los efectos ambientales que se desarrollan a continuación están fundamentados en técnicas basadas en los precios de mercado. Estas técnicas sirven para valorar los efectos que cambian la calidad y cantidad de productos que son eventualmente intercambiados en el mercado. Entre las técnicas de este grupo se encuentran las técnicas basadas en cambio de productividad. Ellas se utilizan para evaluar un cambio en la producción de algún producto. Son métodos de análisis de beneficios-costos, haciendo énfasis en la evaluación económica de los efectos ambientales ocasionados sobre la naturaleza o sobre sistemas construidos por el hombre. La clave de la técnica es que la calidad ambiental es evaluada como un factor de producción; es decir que los cambios de la calidad ambiental conducirá a cambios en la productividad y en los costos de producción, lo cual incidirá en cambios en precios y niveles de ofertas de tales productos, esto puede ser medido y observado. (Hufschmidt, et al., 1983, citado por Pérez Roas 1993).

Valoración económica del problema erosión en la microcuenca: "Zarzales-La Grande"

La valoración económica del problema de erosión en la microcuenca "Zarzales-La Grande" que se traduce en una disminución de la productividad, puede valorarse estimando el cambio en el valor de la producción de los cultivos, comparando ambas situaciones: sin control y con control del problema erosión.

La evaluación económica se realiza comparando el valor presente de los beneficios para un periodo de planificación de 25 años para las situaciones sin control y con control de la erosión con las tres alternativas propuestas, para una superficie de una hectárea y para un total de 5 parcelas.

Datos utilizados para la evaluación

Cultivos

Los cultivos utilizados en el análisis fueron: zanahoria (*Daucus carota L.*) y papa (*Solanum tuberosum L.*)

Rendimiento y costos de producción de los cultivos

Para los cultivos seleccionados se determinaron los rendimientos a través de las ecuaciones logarítmicas que relacionaban IP vs Rendimiento, obtenidas en esta investigación (Tabla 22).

Estas ecuaciones son:

$$\text{zanahoria (Daucus carota L.): } Y = 24.539\text{Ln(IP)}+58.251$$

$$\text{papa (Solanum tuberosum L.): } Y = 11.223\text{Ln(IP)}+36.451$$

Los costos de producción son valores obtenidos de los propios agricultores, ajustados a partir de la información suministrada por FONAIAP (1993):

Costos de producción/ha: zanahoria (*Daucus carota* L.): Bs. 365000.-

Costos de producción/ha: papa (*Solanum tuberosum* L.): Bs. 892000.-

Costos de implementación y mantenimiento de las alternativas de conservación

Barreras vivas:

Distanciamiento: 15 - 30 m.

Costo de implementación/ha: Bs. 150000.-

Costo mantenimiento/ha: Bs. 7500.-

Eficiencia: 47.5% (p=0.525)

Vida útil: 3 años

Acequias de ladera:

Distanciamiento: 15 - 30 m.

Costo de implementación/ha: Bs. 80000.-

Costo mantenimiento/ha: Bs. 40000.-

Eficiencia: 72% (p=0.280)

Vida útil: 5 años

Terrazas Alternas:

Distanciamiento: 15 - 30 m.

Costo de implementación/ha: Bs. 80000.-

Costo mantenimiento/ha: Bs. 40000.-

Eficiencia: 66% (p=0.340)

Vida útil: 5 años

Resultados del análisis económico

Del análisis económico realizado (Tablas 66A, 67A, 68A, 69A, 70A, 71A, 72A, 73A, 74A, 75A, 76A, 77A, 78A, 79A, 80A, 81A y 82A del Apéndice), se puede

deducir que la parcela I cultivada en la actualidad con zanahoria sin prácticas de conservación, obtiene un beneficio neto para un horizonte de 25 años de Bs. 45.098.596,00. Con las prácticas de barreras vivas se obtendrían Bs. 44.520.981,16; las prácticas de acequias de ladera reportarían un beneficio neto de Bs. 44.633.350,48 y las terrazas alternas Bs. 44.531.053,88.

En la parcela II que no necesita prácticas de conservación y es cultivada con zanahoria, se deduce un beneficio neto de Bs. 33.570.308,61.

En la parcela III donde es cultivada zanahoria sin prácticas de conservación se obtiene un beneficio neto de Bs. 54.508.875,74. Con prácticas conservacionistas de barreras vivas, acequias de ladera y terrazas alternas se obtendrían los siguientes beneficios netos: Bs. 53.992.438,98; 55.084.198,86 y 54.898.933,78.

En la parcela IV el beneficio neto que se obtiene sin prácticas de conservación es de Bs. 46.163.307,02; con prácticas de barreras vivas se tiene un beneficio neto de Bs. 45.766.642,93, con referencia a las alternativas de acequias de ladera y terrazas alternas, éstas reportan beneficios netos de Bs. 46.558.773,68 y 46.445.651,91.

En la parcela V cultivada con cultivo de papa reporta un beneficio neto sin prácticas de conservación de Bs. 46.995.444,09. Con prácticas de conservación se reportan los siguientes benéficos netos 46.327.409,50; 47.263.389,51 y 47.088.266,09 para barreras vivas, acequias de ladera y terrazas alternas respectivamente.

De manera general los resultados obtenidos verifican la importancia de evaluar cuantitativamente cualquier efecto ambiental que se produzca en un proyecto de desarrollo. En el presente análisis efectuado determinó que las prácticas conservacionistas de acequias de ladera y terrazas alternas reportan un beneficio neto ligeramente superior con respecto al beneficio neto sin prácticas de conservación. En cambio las prácticas de barreras vivas señalan un beneficio neto ligeramente inferior con referencia al beneficio neto sin prácticas de conservación; pero es de aclarar que en el análisis efectuado se obvió el beneficio que se puede obtener de la parte vegetativa de la implementación de las barreras vivas.

A pesar que el beneficio neto que se obtiene con prácticas de acequias de ladera y terrazas alternas es ligeramente superior con relación al beneficio neto sin prácticas, se recomienda realizarlas, debido a que se está preservando el medio de producción para el presente y futuro y logrando de esta manera el desarrollo de una agricultura sustentable.

Consideraciones finales para la sustentabilidad de la tierra basadas en las alternativas propuestas

Aspecto económico

La realización de las medidas de conservación de suelos recomendadas, permitirá el logro de altos niveles de productividad y su mantenimiento en el tiempo, sin producir la degradación de los recursos naturales. Estos niveles de productividad redundarán en mejores niveles de retorno del capital invertido.

Aspecto socio-cultural

Las medidas de conservación desde el punto de vista social, al permitir una mejora en el nivel de la productividad en comparación con los niveles actuales, lograrán un ligero incremento en los ingresos de los agricultores; sin embargo esto implica un cambio en las técnicas de producción, para lo cual se hace necesario trabajo de extensión con los agricultores.

Desde el punto de vista cultural, estas medidas participan indirectamente en la formación de los productores, al involucrarlos en el uso de tecnologías conservacionistas.

Aspecto ambiental

Las alternativas de conservación de suelos evitarán la degradación del mismo ya que se estaría logrando un uso racional y conservacionista del espacio, permitiendo el desarrollo sostenido de los procesos productivos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, se puede llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

Los suelos de la microcuenca "Zarzales-La Grande" se pueden considerar como moderadamente aptos desde el punto de vista de su espesor, para el buen desarrollo de cultivos hortícolas, debido en general a la baja capacidad explorativa de sus raíces. Esta posición debe ser revisada si se considera la alternativa de usar cultivos de raíz más profunda.

Se confirma el hecho de que el espesor del suelo superficial varía a lo largo de la pendiente. Este cambio se debe principalmente a los procesos erosivos, que generan pérdidas en la parte superior de las laderas y acumulación de suelos en las partes bajas. Estas pérdidas se manifiestan como erosión laminar y pequeños canales (surquillos) de algunos centímetros de profundidad que desaparecen con las labores de preparación de tierras. El proceso, que ocurre año tras año, ha generado un patrón característico de suelos con productividad decreciente a lo largo de las laderas cultivadas reiteradamente sin prácticas de conservación.

Los valores de erosión estimados para la microcuenca mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), fueron de 6.96 a 35.84 Mg/ha/año. Estos valores son considerados moderados, resaltándose la necesidad de emprender la realización de medidas de conservación que permitan el logro de altos niveles de productividad y su mantenimiento en el tiempo. En todo caso se recomienda la instalación de ensayos que permitan cuantificar las pérdidas reales de suelos, bajo los diferentes usos de la tierra.

Los rendimientos de los cultivos se ven afectados por la reducción del horizonte superficial, producto de la erosión. Esta reducción de los rendimientos se ve enmascarada por los altos aportes de materia orgánica que realizan los agricultores de la zona, práctica muy difundida en la microcuenca.

Los índices de productividad calculados para suelos del área de estudio en base al modelo IP son clasificados como de productividad media, pudiendo calificarse a los suelos de la microcuenca "Zarzales-La Grande", como de productividad moderada. Esta apreciación queda reafirmada cuando se comparan estos valores con la productividad real de los cultivos, que en algunos casos supera el rendimiento promedio de la región.

Se determinó que la productividad decrece con la pérdida de suelo, resaltándose la necesidad de proteger la capa arable, por ser allí donde se concentra la mayor cantidad de materia orgánica, nutrimentos y actividad agrícola.

Se encontraron ecuaciones que demuestran que existe una relación estrecha entre índice de productividad (IP) y rendimiento (Y), explicando el hecho de que los rendimientos se incrementan a medida que el suelo ofrece mejores condiciones al cultivo. La utilidad de estas ecuaciones se manifiesta en la posibilidad de apoyarse en ellas para desarrollar estrategias de conservación.

La validación del modelo Índice de Productividad para la zona de estudio, permite aseverar que el valor IP puede utilizarse para evaluaciones preliminares, del impacto de la pérdida de suelo en la productividad del mismo. Sin embargo conviene realizar algunos ajustes al modelo, si se trata de evaluar el suelo para cultivos hortícolas.

A pesar que el modelo Índice de Productividad ha sido desarrollado para una profundidad efectiva de 100 cm, se recomienda trabajar el modelo a profundidades variables en función del cultivo indicador que se esté usando. En el caso de cultivos hortícolas como los aquí evaluados, conviene precisar bien la profundidad de evaluación, para ajustarlo a las condiciones de crecimiento y exploración radical del cultivo.

El modelo IP requiere para su operación, resultados de las propiedades físicas y químicas del suelo, obtenidas en campo y laboratorio. El modelo trabaja solo con las propiedades físicas y químicas, sin tomar en cuenta las propiedades biológicas, que tienen su importancia en la dinámica del suelo, por ejemplo la actividad microbiana del suelo que influye en los procesos de mineralización de la materia orgánica. Además, el modelo IP es muy sensible a la variación de los parámetros: espesor del suelo superficial, % de agua útil, % de arcilla, pH y materia orgánica.

El modelo USLE, trabaja con base en información relativamente de fácil disponibilidad. Su principal limitación es que no permite estimar la erosión por flujo concentrado, ni determinar el tipo de sedimentos. Sin embargo constituye a corto y mediano plazo junto con el modelo IP, alternativas prácticas y disponibles para estimar la erosión y productividad del suelo y orientar planes para un desarrollo agrícola sustentable.

Se establece mediante análisis económico, que el desarrollo de una agricultura sustentable puede ser lograda mediante la aplicación de tecnologías conservacionistas que permitan la consecución de altos niveles de productividad, con bajos niveles de inversión. Las tecnologías propuestas: barreras vivas, acequias

de ladera y terrazas alternas, son medidas que pueden contribuir al logro de este propósito.

Es recomendable continuar con los trabajos de investigación de esta índole, fundamentalmente en las zonas montañosas donde la erosión del suelo constituye un proceso principal de degradación, dadas las características del modelo que permite, para estas zonas, realizar una planificación conservacionista del uso de la tierra, basada en criterios racionales de las relaciones erosión-productividad.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Carter, D. 1993. Furrow irrigation erosion lowers soil productivity. *Journal of Soil Water Conservation*. 119: 964-974.
- Casanova, E., M. Páez y O. Rodríguez. 1989. Pérdida de nutrimentos por erosión bajo diferentes manejos en dos suelos agrícolas. p. 33-44. *Revista de la Facultad de Agronomía: Universidad Central de Venezuela Maracay-Venezuela*.
- CORPOANDES. 1993. Bases para un plan de manejo integral en la microcuenca: quebrada La Grande. Bailadores. Municipio Rivas Dávila. Estado Mérida.
- Delgado, F. 1989. A productivity index for rain-fed agriculture based upon soil physical properties for the western plains of Venezuela. *College on Soil Physics*. Mimeografiado. ICTP, Trieste, Italia. 12 p.
- Delgado, F. 1990. Importancia de la erosión en la productividad del suelo. En R. López y M. Páez (eds.). *Metodología de evaluación e investigación de la erosión del suelo y su impacto en la productividad y en el ambiente*. CIDIAT. Mérida-Venezuela.
- Delgado, F. 1994. Terrazas para la conservación de suelos y aguas en terrenos inclinados. Mérida: CIDIAT. 43 p.
- Delgado, F. 1995. Un índice de productividad para la evaluación de suelos agrícolas en la región de piedemonte y llanos occidentales de Venezuela. Trabajo de ascenso a profesor asociado. CIDIAT. Mérida-Venezuela.
- Delgado, F., R. López. 1995. Validación de un modelo erosión-productividad en suelos de los Andes venezolanos. XIII Congreso venezolano de la ciencia del suelo. Maracay-Venezuela.
- Diógenes, C. 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas San José - Costa Rica. P. 78-136.
- FAO. 1978. Guía para la descripción de perfiles de suelos. p 7-52. Roma-Italia
- FONAIAP. 1993. Boletín agroclimático anual. Estación meteorológica de Bailadores. Mérida-Venezuela. 26 p.

- Hernández, S. 1996. Caracterización de los sistemas de producción agrícola de la microcuenca: Zarzales - La Grande. Cuenca alta del río Mocoties. Municipio Rivas Dávila. Estado Mérida Informe de pasantía: Escuela de geografía. 38p.
- Humi, H. 1985. Erosion productivity - conservation system in Ethiopia. p. 654-674. In Proceedings IV International Conference on Soil Conservation. Maracay-Venezuela.
- John, C. 1988. Cultivos de la zona alta noreste I. Informe de pasantía: Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. p.36-64
- Kiniry, L., C. Sirivner y M. Keener. 1983. A soil productivity index based upon predicted water depletion and root growth. Research Bulletin. University of Missouri. Columbia. USA.
- Lal, R. 1988. Monitoring soil erosion's impact on crop productivity. p. 187-200. In R. Lal (de.) Soil Erosion Research Methods. Soil water Conservation Society. Iowa-USA.
- Larson, W. 1987. Impacts of erosion and conservation measures on the productive potential of soils. p 385-398. En I. Pla (ed.) Soil Conservation and Productivity. SVCS-UCV. Maracay-Venezuela.
- Lindstrom, J., T. Schumacher, A. Jones, y C. Gantzer. 1992. Productivity index model comparasion for selected soils in north central United States. Journal of soil water conservation. p. 491-494.
- Littleboy, M., D. Freebairn, G. Hammer y D. Silburn. 1992. Impact of soil-erosion on production in cropping systems. Australian Journal of Soil Research 30: 775-788.
- López, R. 1994. Factores y efectos de la erosión hídrica en suelos de los Andes venezolanos. Trabajo de ascenso a profesor asociado. CIDIAT. Mérida-Venezuela.
- López, R. 1995. La degradación y pérdida de los suelos agrícolas. CIDIAT. Mérida-Venezuela. 94 p.
- Mannering, J. 1981. The use of soil loss tolerance as a strategy for soil conservation. p. 337-349. In R. Morgan (ed.) Soil Conservation Problems and Prospects. New York-USA.

- Massee, T. y H. Waggoner. 1985. Productivity losses from soil erosion on dry cropland in the inter-mountain area. *Journal of Soil and Water Conservation*. 40: 447-454.
- Mbagwu, J., R. Lal y W. Scott. 1984. Effects of desurfacing of Alfisols and Ultisols in southern Nigeria. I. Changes in soil physical properties. *Soil Science Society American Journal*. 48: 828-833.
- Neill, L. 1979. An evaluation of soil productivity based on root growth and water depletion. M.S. thesis: University of Columbia. USA.
- Páez, M. 1991. Propuestas para la evaluación de la relación productividad-erosión en Venezuela. p. 161-169. En R. Lopez y M. Páez (eds.) *Metodología de evaluación e investigación de la erosión del suelo y su impacto en la productividad y en el ambiente*. CIDIAT. Mérida-Venezuela.
- Páez, M., I. Pla. 1989. Erodabilidad relativa e índices de erodabilidad en suelos agrícolas de Venezuela. p. 59-72. *Revista de la Facultad de Agronomía: Universidad Central de Venezuela*. Maracay-Venezuela.
- Páez, M. 1994. Clasificación de suelos por riesgo de erosión hídrica con fines de planificación agrícola. p. 83 - 101. *Revista de la Facultad de Agronomía: Universidad Central de Venezuela*. Maracay-Venezuela.
- Perez Roa, J. 1993. Metodologías de valoración económica de efectos ambientales. Valoración de efectos ambientales en proyectos de riego y drenaje. Dos estudios de aplicación en el proyecto Yacambú-Quíbor. Estado Lara, Venezuela. Mérida: CIDIAT.
- Pereyra, J. y J. Castillo. 1975. Manejo de suelos en Los Andes venezolanos. I Seminario Nacional de manejo de suelos. SVCS. Barquisimeto-Venezuela.
- Pierce, J., E. Larson, R. Dowdy, y W. Graham. 1983. Productivity of soils: Assesing long-term changes due to erosion. *Journal of soil and water conservation*. 38: 39-44.
- Pla, I. 1993. Degradación de suelos y sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Memorias de la Segunda Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista, Guanare-Acarigua-Venezuela.
- Rijsberman, R., M. Wolman. 1985. Effect of erosion on soil productivity an international comparision. *Journal of soil and water conservation*. 40: 349-354.

- Rivera, R. 1996. Caracterización físico natural de la microcuenca: quebrada La Grande. Bailadores. Estado Mérida. Informe de pasantía. Escuela de Geografía. p. 6-26.
- Sandia, L. 1995. Evaluación del impacto de las actividades agropecuarias sobre la población del municipio Rivas Dávila. Estado Mérida-Venezuela. FLACAM-CIDIAT. p. 13-22.
- Stocking, M. & L. Peake. 1987. Erosión induced loss in soil productivity: Trends in research and international cooperation. p. 399-438. En I. Pla (ed.) Soil Conservation and Productivity. SVCS-UCV. Maracay-Venezuela.
- Troeh, F., J. Hobbs y R. Donahue. 1980. Soil and water conservation for productivity and environmental protection. Prentice Hall International, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey, 718p.
- USDA. 1982. Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture. Washington. D. C. 266 p.
- Urbina, C. y O. Rodríguez. 1995. Efecto de dos abonos orgánicos en el control de la erosión y mejoramiento físico y químico del suelo. p. 63-74. Napoleón Fernández (ed.). Estudio de la Erosión Hídrica y Estrategias de Control. Maracay-Venezuela.
- Weessies, G., S. Livingston, W. Hosteter y D. Schertz. 1994. Effect of soil erosion on crop yield in Indiana-results of a 10 year study. Journal of Soil and Water Conservation. 49: 597-600.
- Williams, R., K. Renard, y P. Dyke. 1983. EPIC A new method for assessing erosion's effect on soil productivity. Journal of Soil and Water Conservation. 38: 381-383.
- Wischmeier, W. y A. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion loess. A guide to conservation planning. Agricultural Handbook N° 537, U. S. Department of Agriculture. Washington D. C., USA 58 p.
- Wolman, M. 1985. Soil erosion and crop productivity. American Society of Agronomy. p. 9-21.

APENDICE

APENDICE 1

Descripción de los perfiles de suelo

Sector El Rincón

I. Información acerca del sitio de la muestra:

- a) Número de perfil: 1
- b) Fecha de observación: 19/07/96
- c) Autor (s): Mauricio Vera, Roberto López
- d) Ubicación: Cerca del estanque de agua a 5 m del camino de la quebrada El Rincón, Municipio Bailadores-Mérida.
- e) Altitud: 2600 msnm
- f) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: Pendiente convexa
 - ii) Forma del terreno circundante: Montañoso-Colinado.
 - V) Microtopografía: Irregular
- g) Pendiente donde el perfil esta situado: Moderadamente escarpado
- h) Vegetación y uso actual: Uso hortícola, existe presencia de pastos en las zonas circundantes.

II. Información acerca del suelo:

- a) Material originario: Coluviones
- b) Drenaje: Clase 4 - bien drenado
- c) Condiciones de humedad en el perfil: Perfil húmedo en su totalidad hasta los 100 cm
- d) Profundidad de la napa freática: Desconocida
- e) Presencia de piedras o afloramientos rocosos: 30-35% de grava y piedra.
- f) Evidencia de erosión: Laminar ligera
- g) Presencia de sales: Ninguna

h) Influencia humana: Confinada a la capa arable

V. Breve descripción del perfil:

El perfil presenta una textura uniforme franco-arcillo-arenoso (FAa), la estructura se presenta en bloques angulares finos y débiles. La actividad biológica varía de abundante a regular. La distribución de raíces es normal, finas. Por drenaje presenta clase 4.

IV. Descripción del perfil:

Ap 0-38 cm. Pardo oscuro en húmedo (10YR 3/3), franco-arcillo-arenoso. Estructura en bloques angulares finos, débiles. Consistencia friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico. Poros finos abundantes. Actividad biológica abundante; raíces finas abundantes. Limite gradual ondulado.

C1 38-83 cm. Pardo a pardo oscuro en húmedo (10YR 4/3), franco-arcillo-arenoso. Estructura en bloques angulares muy finos débiles. Consistencia friable ligeramente adherente, ligeramente plástico. Poros regular finos. Actividad biológica regular, raíces pocas finas. Limite difuso ondulado.

C2 83-100 cm. Pardo a pardo oscuro en húmedo (10YR 4/3), franco-areno-gravoso, no presenta estructura (No se tomo muestra).

Sector Marmolejo

I. Información acerca del sitio de la muestra:

a) Número de perfil: 2

b) Fecha de observación: 19/07/96

c) Autor (s): Mauricio Vera, Roberto López

d) Ubicación: Marmolejo, propiedad del agricultor Emiro Medina. Municipio Bailadores-Mérida.

e) Altitud: 2600 msnm

f) Forma del terreno:

i) Posición fisiográfica: Montaña

ii) Forma del terreno circundante: Colinado.

iii) Microtopografía: Irregular

g) Pendiente donde el perfil esta situado: Moderadamente escarpado

h) Vegetación y uso actual: Uso hortícola, cultivo de papa, presencia de bosques en los alrededores.

II. Información acerca del suelo:

a) Material originario: Coluviones

b) Drenaje: Clase 4 - bien drenado

c) Condiciones de humedad en el perfil: Perfil húmedo en su totalidad hasta los 100 cm

d) Profundidad de la napa freática: Desconocida

e) Presencia de piedras o afloramientos rocosos: Moderadamente pedregoso.

f) Evidencia de erosión: Laminar ligera, solifluxión, patas de vaca.

g) Presencia de sales: Ninguna

h) Influencia humana: Confinada a la capa arable

V. Breve descripción del perfil:

El perfil presenta una textura uniforme franco-arcillo-arenoso (FAa), la estructura se presenta en bloques angulares muy finos y débiles. La distribución de raíces en el horizonte superficial es abundante y en los subsecuentes pocas finas. Por drenaje presenta clase 4. Existe presencia de poros abundantes intersticiales.

IV. Descripción del perfil:

Ap 0-35 cm. Pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR 2/2), franco-arcillo-arenoso. Estructura en bloques subangulares muy débiles. Consistencia friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico. Poros abundantes intersticiales. Actividad biológica abundante; raíces muy finas abundantes. Limite difuso plano.

C1 35-38 cm. Pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR 3/2), franco-arcillo-arenoso. Estructura en bloques angulares muy finos débiles. Consistencia friable

ligeramente adherente, ligeramente plástico. Poros abundantes. Actividad biológica abundante, raíces finas. Limite difuso plano.

Ab 38-66 cm. Pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR 2/2), franco-arcillo-arenoso, Estructura en bloques subangulares muy finos débiles. Consistencia friable ligeramente adherente, ligeramente plástico. Poros abundantes. Actividad biológica abundante, raíces finas. Limite abrupto plano.

C1 66-83 cm. Pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR 3/2), franco-arcillo-arenoso. Estructura en bloques angulares muy finos débiles. Consistencia friable ligeramente adherente, ligeramente plástico. Poros abundantes. Actividad biológica abundante, raíces pocas finas. Limite abrupto plano.

Ab 83-100 cm. Pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR 2/2), estructura en bloques subangulares finos débiles. Consistencia friable ligeramente adherente, ligeramente plástico. Poros moderados. Raíces pocas finas.

Sector Portachuelo

I. Información acerca del sitio de la muestra:

- a) Número de perfil: 3
- b) Fecha de observación: 11/09/96
- c) Autor (s): Richard Terrazas.
- d) Ubicación: Portachuelo, a 15 m de la propiedad del agricultor Elio Lobo. Municipio Bailadores-Mérida.
- e) Altitud: 2500 msnm
- f) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: Montaña
 - ii) Forma del terreno circundante: Colinado.
 - V) Microtopografía: Irregular
- g) Pendiente donde el perfil esta situado: Escarpado
- h) Vegetación y uso actual: Uso hortícola, cultivo de zanahoria, presencia de bosques en las alturas de la montaña.

II. Información acerca del suelo:

- a) Material originario: Residual
- b) Drenaje: Clase 4 - bien drenado
- c) Condiciones de humedad en el perfil: Perfil húmedo en su totalidad hasta los 100 cm
- d) Profundidad de la napa freática: Desconocida
- e) Presencia de piedras o afloramientos rocosos: Muy ligera.
- f) Evidencia de erosión: Laminar ligera, pequeños canalículos.
- g) Presencia de sales: Ninguna
- h) Influencia humana: Confinada a la capa arable

V. Breve descripción del perfil:

El perfil presenta una textura que varía de franco-arcillo-arenoso (FAa), a franco-arcillosos (FA), la estructura se presenta en bloques angulares finos y débiles a moderados. La distribución de raíces en el horizonte superficial es moderada y en los subsecuentes pocas finas. Por drenaje presenta clase 4. Existe presencia de poros abundantes intertisciales.

IV. Descripción del perfil:

Ap 0-32 cm. franco-arcillo-arenoso. Estructura en bloques subangulares moderada, media, suelto. Consistencia friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico. Poros abundantes intersticiales, gruesos. Actividad biológica moderadamente abundante; raíces muy finas abundantes. Limite gradual plano.

B 32-58 cm. franco-arcilloso. Estructura blocosa subangular, débil, media; friable, moderadamente adherente, moderadamente plástico. Poros abundantes, intersticiales, finos. Actividad biológica moderada, raíces finas. Limite difuso plano.

B/C 58-73 cm. arcilloso. Estructura en bloques subangulares moderados, finos. Consistencia friable, adherente y plástico. Poros intersticiales finos y pocos tubulares finos. Muy poca actividad biológica, raíces finas a muy finas. Limite difuso plano.

C1 73-94 cm. franco-arcillo-arenoso. Estructura en bloques angulares muy finos débiles. Consistencia friable ligeramente adherente, ligeramente plástico. Pocos poros intersticiales. Actividad biológica no detectada, raíces muy pocas muy finas. Limite gradual plano.

C2 94-115 cm. franco-arenoso, estructura granular, moderada, media, friable, ligeramente adherente, no plástico. Pocos poros intersticiales.

Sector La Escala

I. Información acerca del sitio de la muestra:

a) Número de perfil: 4

b) Fecha de observación: 11/09/96

c) Autor (s): Richard Terrazas.

d) Ubicación: La Escala, en la finca del agricultor David Medina. Municipio Bailadores-Mérida.

e) Altitud: 2500 msnm

f) Forma del terreno:

i) Posición fisiográfica: Montaña

ii) Forma del terreno circundante: Fuertemente socavado.

iii) Microtopografía: Irregular

g) Pendiente donde el perfil esta situado: Escarpado

h) Vegetación y uso actual: Uso hortícola, cultivo de zanahoria, presencia de bosques intervenidos en las alturas de la montaña.

II. Información acerca del suelo:

a) Material originario: Residual

b) Drenaje: Clase 4 - bien drenado

c) Condiciones de humedad en el perfil: Perfil húmedo en su totalidad hasta los 100 cm.

- d) Profundidad de la napa freática: Desconocida
- e) Presencia de piedras o afloramientos rocosos: Muy ligera.
- f) Evidencia de erosión: Laminar ligera, pequeños canaliculos.
- g) Presencia de sales: Ninguna
- h) Influencia humana: Confinada a la capa arable

V. Breve descripción del perfil:

El perfil presenta una textura Arcilloso (A), la estructura se presenta en bloques angulares finos y débiles a moderados. La distribución de raíces en el horizonte superficial es moderada y en los subsecuentes pocas finas. Por drenaje presenta clase 4. Existe presencia moderada de poros intersticiales finos.

IV. Descripción del perfil:

Ap 0-18 cm. franco-arcilloso. Estructura granular, fina, débil; friable, adhesivo y plástico. Muchos poros intersticiales, finos. Actividad biológica abundante; raíces muy finas abundantes. Limite gradual plano.

B 18-34 cm. arcilloso. Estructura granular muy fina, débil. Consistencia friable, muy adherente y muy plástico. Muchos poros intersticiales finos. Actividad biológica moderadamente abundante, raíces finas. Limite difuso plano.

C1 34-64 cm. arcilloso. Estructura granular muy fina débil. Consistencia friable adherente, plástico. Poros frecuentes intersticiales, finos. Actividad biológica moderada, raíces finas. Limite difuso plano.

C2 64 - cm. arcilloso; granular muy fina débil. Consistencia friable adherente, plástico. Poros pocos muy finos intersticiales. Poca actividad biológica, raíces muy finas muy pocas.