

Clasificación de tierras con fines agrícolas en alta montaña. Cuenca del río Pueblo Llano del estado Mérida

Classification of high mountain agricultural lands.
Pueblo Llano River basin, Mérida State

Alexis Ramírez^{*}, Dante Rivas^{*}, Ernesto Flores^{}, Guido Ochoa^{*},
Jajaira Oballos^{***}, Juan Carlos Velásquez^{*} y Jorge Manrique^{*}**

Recibido: 26-03-08 / Aceptado: 27-06-08

Resumen

El área de estudio se ubica en la cuenca del río Pueblo Llano, municipio Pueblo Llano, estado Mérida-Venezuela. El objetivo del trabajo es hacer una evaluación de tierras que sirva de base para la reorganización de las áreas agrícolas. El uso actual revela poca diversidad en los cultivos, por lo que existe una homogeneidad espacial en cuanto a los tipos de cultivos (papa y zanahoria) implementados por los agricultores. Los cuales son producidos en cuatro modalidades de utilización de la tierra: horticultura especializada bajo riego, horticultura mejorada bajo riego, horticultura diversificada bajo riego y agricultura mixta o de cultivos anuales en secano. Para la organización de espacio agrícola propuesto, una vez determinado el grado de aptitud de la tierra para los tipos de utilización señalados, puede estimarse una producción de unas 100.000 t de papa, 75.000 t de zanahoria y 14.000 t de ajo, valores que superan los datos suministrados por el censo agrícola de 2001. El ensayo estadístico realizado permitió sintetizar las 30 unidades de tierras utilizadas para la evaluación de los usos hortícolas en dos (2) clases, con cuatro (4) subclases.

Palabras clave: evaluación de tierras, papa, zanahoria, análisis de componentes principales, unidades de tierra.

* Laboratorio de Suelos del Instituto de Geografía, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, E- mail: guidooch@ula.ve.

** Instituto de Fotogrametría, Facultad de Ingeniería.

*** Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Abstract

The study area is located in the Pueblo Llano River basin, Pueblo Llano Municipality, Mérida State, Venezuela. The aim of this paper is to make an assessment of lands that works as a basis for the reorganization of agricultural areas. The current use shows little crop diversity, so that there is spatial homogeneity with respect to the types of crops (potatoes, carrots) implemented by the farmers. These crops are produced in four modalities of land use: under irrigation specialized horticulture, under irrigation improved horticulture, under irrigation diversified horticulture and combined food and energy farming or annual dry farming. For the organization of the proposed agricultural space, once the degree of aptitude for the types of use above mentioned is determined, a 100,000 t of potato, 75,000 t of carrot and 14,000 t of garlic harvest can be estimated; these values could exceed the data supplied by the 2001 agriculture census. The statistical essay permitted to synthesize the 30 used land units to assess the horticultural uses in two (2) classes and four (4) sub-classes.

Key words: land assessment, potatoes, carrots, main component analysis, land units.

Introducción

El desarrollo de la horticultura en los valles altos venezolanos es relativamente reciente, y ha provocado una transformación radical de la montaña andina venezolana. Estas zonas que eran centros de miseria y de migración, se han convertido en espacios de producción hortícola fundamentalmente intensivos (Tulet, 2005). Diversos factores han contribuido con los cambios en la ocupación de la tierra y en el uso de las prácticas agrícolas: el apoyo del estado en la instalación de sistemas de riego y en la importación de nuevas semillas (Angélieume y Oballos, 2007); la llegada de extranjeros (como los canarios, Tulet, 2002) y el aumento de la demanda urbana de productos hortícolas. El establecimiento de pequeños sistemas de riego permite el cultivo durante todo el año, en una misma parcela, se pueden obtener dos o tres cosechas. El rendimiento está garantizado por el uso generalizado de fertilizantes y de productos fitosanitarios.

La expansión de la superficie agrícola constituye el fenómeno más importante de transformación de la montaña venezolana, los cultivos a

altitudes superiores de 1000 msnm han aumentado significativamente, en detrimento de los espacios forestales y del páramo. El porcentaje de áreas bajo cultivo en la cuenca alta del río Santo Domingo ha variado de 8,96% en 1979 a 15,99% en el 2005. Entre las subcuencas que la conforman, la subcuenca del río Pueblo Llano es la que muestra una mayor expansión de la frontera agrícola, de 20% en 1979 pasó a 31,92% en el 2005 (Zolano, 2006). Muchas de las actuales zonas bajo cultivo se encuentran en zonas de fuertes pendientes con riesgos de erosión y degradación de suelos. La integración de factores socioeconómicos, económicos o institucionales particulares de un determinado espacio geográfico, en los procedimientos de evaluación de usos del suelo, amplía la dimensión del proceso evaluador otorgándole un carácter más dinámico y permite ir más allá respecto a las nociones de capacidad y aptitud (Smit y Kristjanson, 1989; Hudson, 1981; Verheye, 1984).

Por ser la subcuenca del río Pueblo Llano un área representativa de los sistemas de producción hortícola de los Andes Venezolanos, este trabajo busca hacer una evaluación de tierras en la cuenca río Pueblo Llano que sirva de base para la reorganización de las áreas agrícolas.

Materiales y métodos

La cuenca del río Pueblo Llano tiene una extensión de 9.621 ha y forma parte de la cuenca alta del río Santo Domingo, jurisdicción del municipio Pueblo Llano del estado Mérida. Se localiza entre los 8° 53' 00" y 9° 1' 14" de latitud N, y en los 70° 34' 22" y 70° 43' 12" de longitud O (Figura 1). Tiene altitudes que van entre 1.600 y 3.600 msnm; temperaturas que varían entre 2 y 15°C y precipitaciones medias anuales entre 1.151,5 – 1.650,1 mm. En función de la altitud, se distinguen tres zonas ecológicas: selva nublada montana baja, selva nublada montana alta y páramo andino (Ataroff, 2002).

La cuenca presenta un relieve montañoso, con dos unidades de paisaje: vertientes y fondo de valle. Los materiales geológicos están representados, fundamentalmente, por la Asociación Sierra Nevada (precámbrico) y depósitos cuaternarios. La Asociación Mucuchachí presenta una litología con alto metamorfismo y está constituida por gneises, esquistos y cuarcitas (Schubert y Vivas, 1993).

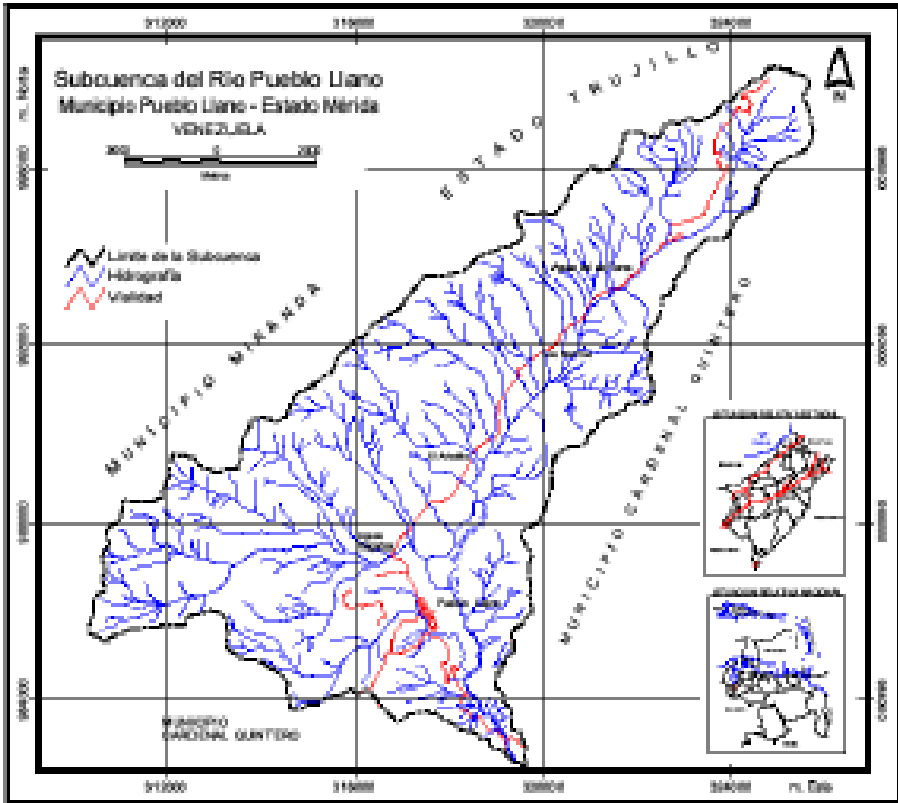


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Pueblo Llano. Mérida, Venezuela.

Para la definición de unidades de tierras se tomó en consideración: unidad de paisaje (vertiente, fondo de valle), ubicación con respecto al río (margen derecha, margen izquierda); estratigrafía (precámbrico, pleistoceno superior, pleistoceno medio, pleistoceno inferior, holoceno); geomorfología-geología (vertiente, morrenas, conos flujo torrencial, terrazas); tipo de suelo (no desarrollado, poco desarrollado, medianamente desarrollado, no desarrollado); y pendiente (0-10%, 10-20%, 20-30%, 30-40%, 40-60%) (Tabla1).

Tabla 1. Unidades de tierras, características y cualidades. Cuenca del río Pueblo Llano. Mérida, Venezuela

MONTAÑOSO													Superficie (ha)												
Paisaje	Sub Unidad de Paisaje	Dominio Erosión/Acumulación	Estratigrafía	Geología Formación	Suelo1	Pendiente	Unidades	Profundidad 2	Textura	Drenaje Interno 3	Drenaje Externo 3	Pedregosidad 4		Rociedad 4	pH (H2O) 5	C.I.C.6	Fertilidad 7	Trabajabilidad 8	Accesibilidad 9	Vegetación y Uso Actual					
VERTIENTE DERECHA (A)		Erosión Glaciar y Periglacial (a)	Precámbrico (1)	Asociación Sierra Nevada (a)	SND (4)	40 - 60 (d)	Aa1a4d	1				5	4							Páramo cumbre rocosa	3220,8				
					SPD (3)	20 - 30 (b)	Aa1a3b	2				5	3										Vegetación de páramo	493,7	
					SD (1)	10 - 20 (a)	Aa1a1a	3	FAa	4	4	2	3	4	1	1	2	1	1	2	1	1	Matorral, bosque abierto	42,2	
					SPD (3)	10 - 20 (a)	Ab1a3a	4	Fa	4	4	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	Bosque denso, cultivos anuales en secano	8,9
					SMD (2)	40 - 60 (d)	Ab1a2d	3	Fa	4	4	4	3	4	2	2	2	2	2	2	2	1	1	Cultivos anuales barbechos, horticultura	19,0
					SD (1)	40 - 60 (d)	Ab1a1d	4	Fa	2	3	3	2	3	2	3	2	3	4	3	3	2	2	Cultivos anuales, barbecho en secano, horticultura	194,5
					SMD (2)	20 - 30 (b)	Ab1a2b	5	F	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	Cultivos anuales, barbecho, horticultura bajo riego y en secano	84,4
					SMD (2)	30 - 40 (c)	Ab1a2c	4	Fa	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	1	Bosque, matorral y pasto	35,1
					SD (1)	30 - 40 (c)	Ab1a1c	4	Fa	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2	Cultivos anuales, horticultura en secano, bajo riego, pasto y barbechos	383,3
					SND (4)	40 - 60 (d)	Ba1a4d	1									5	4						Páramo cumbre rocosa	412,0
					SPD (3)	20 - 30 (b)	Ba1a3b	2									5	3						Vegetación de páramo	51,0
					SND (4)	40 - 60 (d)	Ba1b4d	3	FAa	4	4	2	3	4	1	1	2	3	4	1	2	1	1	Matorral y bosque abierto	206,2
					SD (1)	30 - 40 (c)	Ba1b1c	3	Fa	4	4	4	2	3	4	3	4	2	3	4	3	2	2	Cultivos anuales barbechos secano y horticultura	279,3
					SMD (2)	40 - 60 (d)	Ba1a2d	3	Fa	3	3	4	3	4	2	2	3	4	2	2	3	1	1	Bosque denso natural	2554,8

Tabla 1. Continuación... Unidades de tierras, características y cualidades. Cuenca del río Pueblo Llano. Mérida, Venezuela

Paísaje	Sub Unidad de Paísaje	Dominio Erosión/Acumulación	Estratigrafía	Geología Formación	Suelo ¹	Pendiente	Unidades	Profundidad 2	Textura	Drenaje Interno 3	Drenaje Externo 3	Pedregosidad 4	Rociedad 4	pH (H2O) 5	C.I.C.6	Fertilidad 7	Trabajabilidad 8	Accesibilidad 9	Vegetación y Uso Actual	Superficie (ha)				
																					FONDO DE VALLE DERECHO (A)			
MONTAÑOSO		Depósito Post-Glaciares (c)	Plistoceno Inferior (2)	Geología Formación (a)	SD (1)	20-30 (b)	Ac2a1b	5	Fa-FAa	3	3	3	3	1	3	4	3	3	Horticultura bajo riego seco y matorrales	77				
				Morena (formada por rocas)	SFD (3)	10-20 (a)	Ac3b3a	3	Fa	3	2	2	2	2	2	2	3	4	5	2	Cultivos anuales, horticultura, barbecho en seco y bajo riego	24,6		
					SD (1)	40-60 (d)	Ac3b1d	4	Fa	2	2	2	2	4	2	2	2	3	4	5	3	Bosque bajo, horticultura bajo riego y cultivos anuales	12,4	
					SFD (3)	10-20 (a)	Ad4c3a	3	Fa	2	3	0	2	3	0	0	2	3	5	5	3	Horticultura, cultivos anuales bajo riego	525,6	
					SD (1)	20-30 (b)	Ad4c1b	4	Fa-FAa	2	3	2	0	1	4	0	1	4	4	5	3	Horticultura, cultivos anuales bajo riego	96,6	
					SMD (2)	30-40 (c)	Ad4c2c	4	Fa	2	3	4	0	2	3	4	0	2	3	4	3	3	Cultivos en seco bajo riego y pastos	9,9
					SMD (2)	10-20 (a)	Ad4d2a	4	Fa	3	2	0	2	1	3	4	0	2	3	4	4	3	Horticultura, cultivos anuales bajo riego	44,5
					SMD (2)	10-20 (a)	Ad3b2a	4	Fa	2	2	1	0	1	3	4	0	1	3	4	4	3	Horticultura, cultivos anuales bajo riego	351,4
					SMD (2)	20-30 (b)	Ad3b2b	4	Fa	2	2	0	0	1	3	4	0	1	3	4	4	3	Horticultura, cultivos anuales bajo riego	36,9
					SMD (2)	10-20 (a)	Ad3a2a	4	Fa	2	3	2	0	2	3	4	0	2	3	4	4	3	Horticultura, bajo riego y en seco	70,2
					SFD (3)	10-20 (a)	Ad5d3a	3	Fa	2	4	0	2	1	3	4	0	2	3	4	4	3	Horticultura, cultivos anuales bajo riego	77,7
					SMD (2)	10-20 (a)	Bd4d2a	4	Fa	3	2	2	0	1	3	4	0	1	3	4	4	3	Horticultura bajo riego	15,7
					SMD (2)	10-20 (a)	Bd3b2a	4	Fa	2	3	2	2	1	3	4	2	1	3	4	4	2	Horticultura, cultivos anuales bajo riego	30
					SFD (3)	10-20 (a)	Bd3f3a	4	Fa	2	2	0	2	1	3	4	0	1	3	4	4	3	Horticultura, cultivos anuales bajo riego	14,5
					SMD (2)	40-60 (d)	Bd3f2d	4	Fa	2	2	2	0	1	3	4	0	1	3	4	3	2	Horticultura, cultivos anuales bajo riego y en seco	13,1
	SFD (3)	0-10 (e)	Bd5d3a	4	Fa	2	2	2	2	1	3	4	2	1	3	4	4	3	Horticultura bajo riego, pastos barbechos	335,9				

¹ SMD: no desarrollado, SFD: poco desarrollado, SD: medianamente desarrollado, 1: muy superficial, 2: superficial, 3: medianamente profundo, 4: profundo, 5: muy profundo.

² 1: lento, 2: moderado, 3: rápido, 4: muy rápido, 5: muy alto, 6: alto, 7: lig. ácido, 8: mod. ácido, 9: muy ácido, 10: sin, 11: ligero, 12: moderada, 13: mod. alta, 14: alta, 15: muy alta, 16: mod. ácido, 17: mod. ácido, 18: mod. ácido, 19: ext. ácido.

³ 1: muy bajo, 2: baja, 3: moderada, 4: alta, 5: muy alta, 6: muy alta, 7: text. baja, 8: muy baja, 9: baja, 10: moderada, 11: alta, 12: muy alta, 13: muy alta, 14: muy alta, 15: muy alta, 16: muy alta, 17: muy alta, 18: muy alta, 19: muy alta, 20: muy alta.

⁴ 1: muy bajo, 2: baja, 3: moderada, 4: alta, 5: muy alta, 6: muy alta, 7: text. baja, 8: muy baja, 9: baja, 10: moderada, 11: alta, 12: muy alta, 13: muy alta, 14: muy alta, 15: muy alta, 16: muy alta, 17: muy alta, 18: muy alta, 19: muy alta, 20: muy alta.

⁵ 1: muy bajo, 2: baja, 3: moderada, 4: alta, 5: muy alta, 6: muy alta, 7: text. baja, 8: muy baja, 9: baja, 10: moderada, 11: alta, 12: muy alta, 13: muy alta, 14: muy alta, 15: muy alta, 16: muy alta, 17: muy alta, 18: muy alta, 19: muy alta, 20: muy alta.

La metodología de evaluación de tierras a utilizar es la metodología de la FAO (1976). Esta ha sido considerada en los distintos trabajos como una metodología bastante flexible y adaptable a las distintas características encontradas en las cuencas de los Andes Venezolanos.

Las características y cualidades consideradas son: profundidad del suelo, textura, consistencia, pH, capacidad de intercambio catiónico, fertilidad, pedregosidad, rocosidad, trabajabilidad, drenaje interno, drenaje externo, riesgo de inundación, temperatura, precipitación y accesibilidad.

Los Tipos de Utilización de la Tierra (TUT) a considerar son los más comunes en la cuenca: TUT Horticultura Especializada Bajo Riego (HEBR); TUT Horticultura Mejorada Bajo Riego (HMBR); TUT Horticultura Diversificada Bajo Riego (HDBR); TUT Agricultura Mixta o de Cultivos Anuales en Secano (ACAS). La descripción se realizó mediante un conjunto de criterios de diagnósticos o variables operativas propuesta por el esquema FAO (1976). Estos criterios fueron: tenencia de la tierra y años promedios de permanencia; superficie cultivada; producto; características del riego; grado de mecanización; nivel agrotécnico y aptitud de los agricultores; mano de obra; cantidades de abonos químicos y orgánicos utilizados; destino de la producción; asistencia técnica y crediticia. La información fue recolectada mediante encuesta a los agricultores (130 agricultores). Para ello la cuenca fue dividida en cuatro sectores: Sector I: 1500 – 2000 m, Sector II: 2000 – 2500 m; Sector III: 2500 – 3000 m; Sector IV: superior a 3000 m. En la Tabla 2 se presentan las localidades que conforman cada sector y el número de propietarios encuestados.

El análisis estadístico para ensayo de unificación de unidades de tierras se realizó una base de datos conformada por 19 variables y 30 observaciones. Las variables son: geomorfología (Gm), morfodinámica (MD), material parental (MP), geología (G), suelos (S), pendiente (P), profundidad efectiva (PF), consistencia (C), drenaje (D), pedregosidad (PD), pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), trabajabilidad (TB), Temperatura media (T_{mp}), precipitación (P_p), uso actual (UA), arena (a), limo (L), y arcilla (A). Las observaciones se corresponden a las unidades de tierras. Los análisis realizados son: análisis de componentes principales, análisis discriminante y análisis de conglomerados. Para ello se utilizó el paquete XLSTAT.6.1.9.

Tabla 2. Sitios de estudio y tamaño de muestra por sector. Cuenca del río Pueblo Llano. Mérida, Venezuela

Sector	Rango Altitudinal (msnm)	Lugares	Tamaño de muestra
I	1500 - 2000	Monte Negro, La Quinta, Santa Filomena y Mupate	11
II	2000 - 2500	Encerrados, El Diablillo, Matiturote, Cerro La Faliguera, La Becerrera, Betijoque, Cerro Padilla, La Nuca, Motus, Millo, Mesa del Chimó, Mupate, Aguas Regadas, La Capellanía, Chinoito, La Laguna, Los Pantanos, Lomas Largas, Mucate, San Gregorio y Pueblo Llano	43
III	2500 - 3000	Llano El Amparo, El Pozo, Llano Grande, Las Agujitas, Piedras de Agua, Las Cuevas, La Culata, El Gavilan, El Vellaco, Rincón Alto, El Morro y El Arbolito	58
IV	3000 y más	Boquerón, Agua de las Flores, La Ranchería, El Canútal, El Rincón, La Aguada, Mopufí y Cerro El León	18
Total			130

Resultados y discusión

Evaluación de tierras

Se definieron 30 unidades de tierra, de las cuales, 13 se corresponden con la Asociación Sierra Nevada, 2 con la Formación Mucuchachí y 15 con depósitos cuaternarios. En la Tabla 1 se presentan sus características y cualidades. Sólo las unidades de alta montaña y fuerte pendientes no están ocupadas por la agricultura (Aa1a4d, Aa1a3b, Aa1a1a, Ab1a2c, Ba1a4d, Ba1a3b, Ba1a42d y Ba1b4d). El 71% de las áreas cultivadas se encuentran en las unidades de fondo de valle y el 29%, en las de vertiente. La horticultura es dominante, los principales rubros cultivados son la papa (47,32%) y la zanahoria (43,20%).

Los diferentes tipos de utilización de la tierra presentes en la zona de estudio se caracterizan por: Horticultura Especializada Bajo Riego (HEBR): los sistemas de riego, el uso de alta tecnología, con un alto nivel de insumos (agroquímicos y fertilizantes) y la utilización de semillas certificadas o mejoradas permiten el uso continuo de la tierra, se obtienen de 3 a 4 cosechas/

año. Los rubros fundamentales son papa y zanahoria debido a que los costos de producción y la rentabilidad que proporciona su comercialización así lo permiten. Son los propietarios y sucesores los que intervienen directamente las fincas o unidades productivas. No existen los arrendatarios por el alto costo que implica el alquiler de estas tierras. El número de jornaleros es bajo por el nivel de tecnificación. Los productos se comercializan en forma directa a los mercados del centro-occidente del país (Tabla 3). Por la intensidad de este sistema de producción, se requieren zonas con pendientes inferiores a 20%, suelos profundos, poco pedregosos y buena accesibilidad. En la Tabla 4, se presentan los rangos establecidos para la evaluación de los requerimientos de uso.

Tabla 3. Descripción del TUT Horticultura especializada bajo riego (HEBR)

Componentes	Descripción
Cultivos seleccionados	Papa y zanahoria, 3 a 4 cosechas al año
Orientación del mercado	Consumo fresco, para mercado regional y nacional
Intensidad de los factores de producción	Alto uso de capital y mano de obra (28 jornales/ha).
Nivel tecnológico requerido	Moderada mecanización. Semillas certificadas y mejoradas
Nivel de administración de la unidad de producción y tenencia de la tierra	Directa del productor. Propietarios y sucesores. Tiempo promedio de tenencia mayor de 30 años
Prácticas generales de manejo	Preparación de tierras con tractor. Nivel elevado de fertilizantes (247 kg/ha inorgánicos y 4.413 kg/ha orgánicos) y productos fitosanitarios. Riego por aspersión.
Requerimientos de infraestructura	Vialidad, sistemas de riego, centros de acopio
Fuentes de energía	Fósil para preparación. Manual para el resto de las actividades
Rendimiento (Año 2005): Costos de producción: Ingreso neto por cosecha	Papa: 30.500 kg/ha. Zanahoria: 40.883 kg/ha Papa: 8.000.000 Bs. Zanahoria: 10.000.000 kg/ha Papa: 16.000.000 Bs. Zanahoria: 30.000.000 kg/ha

Tabla 4. Rangos establecidos para la evaluación de los TUT Horticultura moderna especializada bajo riego (HEBR) y Horticultura mejorada bajo riego (HMBR)

Características y cualidades	a1	a2	a3	n
TUT	HEBR/HMBR	HEBR/HMBR	HEBR/HMBR	HEBR/HMBR
Pendiente (%)	5 - 20 %	20 - 30 %	30 - 40 %	>40 %
Erosión	Leve / Leve a moderada	Moderada / Moderada a alta	Alta	Muy alta
Textura	Livianas (a - aF)	Moderadas (Fa - FaL)	Pesadas (A - AL)	Muy pesadas (Aa)
Pedregosidad	Ligera	Moderada	Mod. alta	Alta
Profundidad (cm)	>60 cm / >50 cm	60-40 cm / 50 - 40 cm	40 - 30 cm	<30 cm
pH	5,5 - 6,5	4,9 - 5,4	4,8 - 4,0	<4,0
Fertilidad	Alta	Moderada - baja	Muy baja	Ext. baja
Drenaje interno	Bueno	Lento	Rápido	Muy rápido, muy lento
Drenaje externo	Bueno	Rápido	Lento	Muy rápido
Trabajabilidad	Buena	Regular	Baja	Muy baja
Accesibilidad	Buena	Regular	Baja	Muy baja

Horticultura Mejorada Bajo Riego (HMBR): los sistemas de riego y el mejoramiento de algunas técnicas permite que esta horticultura, al igual que la especializada, puede realizarse durante todo el año. El grado de mecanización es de mediano a alto, con un alto nivel de aplicación de abonos y agroquímicos. Los cultivos comunes son la papa y la zanahoria. Los medianeros son numerosos en este TUT. Los productos son igualmente destinados a los mercados. La accesibilidad a las áreas de producción es buena (Tabla 5). Este tipo de sistema de producción igualmente intensivo pero menos mecanizado y con mayores prácticas de manejo puede realizarse en áreas con erosión de leve a moderada. En la Tabla 4, se presentan los rangos establecidos para la evaluación de los requerimientos de uso.

Tabla 5. Descripción del TUT Horticultura mejorada bajo riego (HMBR)

Componentes	Descripción
Cultivos seleccionados	Papa y zanahoria, 3 a 4 cosechas al año
Orientación del mercado	Consumo fresco, para mercado regional y nacional
Intensidad de los factores de producción	Alto uso de capital y mano de obra (32 jornales/ha).
Nivel tecnológico requerido	Moderada mecanización
Nivel de administración de la unidad de producción y tenencia de la tierra	Mixta. Directa del productor (Propietarios, 62%), arrendatarios (10%) y medianeros (28%).
Prácticas generales de manejo	Preparación de tierras con tractor. Nivel elevado de fertilizantes (247 kg/ha inorgánicos y 4.413 kg/ha orgánicos) y productos fitosanitarios. Riego por aspersión
Requerimientos de infraestructura	Vialidad, sistemas de riego, centros de acopio
Fuentes de energía	Fósil para preparación. Manual para el resto de las actividades
Rendimiento (Año 2005)	Papa: 29.510 kg/ha. Zanahoria: 27.954 kg/ha
Costos de producción	Papa: 6.500.000 Bs. Zanahoria: 7.200.000 kg/ha
Ingreso neto por cosecha	Papa: 17.108.000 Bs. Zanahoria: 20.754.000 kg/ha

Horticultura Diversificada Bajo Riego (HDBR): es un tipo de agricultura que se distingue por la variedad de sus rubros, dentro de los más cultivados se encuentran la papa, zanahoria, ajo, repollo, remolacha y acelgas y en menor proporción maíz, lechuga y cilantro. Cuenta con sistema de riego por aspersión y, en su mayoría, utiliza directamente el riego en tomas de quebradas, bien sea, por la vía de mangueras tuberías o motobombas. En este tipo de tenencia, dominan los propietarios y los sucesores. El costo de arrendamiento de una parcela es significativamente alto, de allí que los arrendatarios no se encuentran presentes, sólo los medianeros ya que su inversión no es más que su fuerza de trabajo. El grado de mecanización es de mediano a bajo, en su mayoría se distingue por el trabajo manual y animal. La producción es destinada a los mercados (Tabla 6). Por estas condiciones, este sistema de cultivo puede desarrollarse en zonas de mayor pendiente y áreas de erosión débil a moderada. En la Tabla 7, se presentan los rangos establecidos para la evaluación de los requerimientos de uso.

Tabla 6. Descripción del TUT Horticultura diversificada bajo riego (HDBR)

Componentes	Descripción
Cultivos seleccionados	Papa, zanahoria, ajo, repollo, remolacha, acelga. 3 a 4 cosechas al año.
Orientación del mercado	Consumo fresco, para mercado regional y nacional.
Intensidad de los factores de producción	Alto uso de capital y mano de obra (27 jornales/ha).
Nivel tecnológico requerido	Moderada a baja mecanización.
Nivel de administración de la unidad de producción y tenencia de la tierra	Mixta. Directa del productor (Propietarios, 78%) y medianeros (18%).
Prácticas generales de manejo	Preparación de tierras generalmente con tractor. Nivel elevado de fertilizantes (275 kg/ha inorgánicos y 3.150 kg/ha orgánicos) y productos fitosanitarios. Riego por aspersión.
Requerimientos de infraestructura	Vialidad, sistemas de riego, centros de acopio.
Fuentes de energía	Fósil para preparación. Manual para el resto de las actividades.
Rendimiento (Año 2005)	Papa: 26.617 kg/ha. Zanahoria: 28.076 kg/ha.
Costos de producción	Papa: 4.525.000 Bs. Zanahoria: 6.000.000 kg/ha.
Ingreso neto por cosecha	Papa: 16.768.600 Bs. Zanahoria: 28.076.000 kg/ha.

Agricultura Mixta o de Cultivos Anuales en Secano (ACAS): esta agricultura se caracteriza por no utilizar sistemas de riego. Los productos obtenidos más comunes son la papa, zanahoria, ajo, repollo, acelgas y remolacha, se encuentra en menor proporción: cilantro, maíz, apio española, lechuga, entre otras. Se implementa la rotación de cultivos o se dejan los terrenos en barbechos. Los cultivos, por lo general, se localizan en vertientes con pendientes escarpadas; la accesibilidad es de regular a mala. Los rendimientos son buenos, en algunos casos, se dan más de una cosecha al año y ello es debido a que las labores agrícolas comienzan a partir de marzo-abril, cuando caen las primeras precipitaciones y el producto corresponde con cultivos de ciclo corto como la zanahoria (ciclo vegetativo entre 90 y 110 días). Sigue siendo mayor el número de propietarios que cultivan directamente sus fincas, sin embargo, podemos ver que en este TUT aumentan significativamente los arrendamientos y los medianeros, debido a su ubicación en vertientes, el trabajo de productos

es más complejo y los costos para arrendar una parcela o una finca bajan considerablemente con relación a las fincas cuyas condiciones agrológicas son más favorables. El grado de mecanización para este TUT es bajo, de tipo manual y animal rudimentario (Tabla 8). En la Tabla 7, se presentan los rangos establecidos para la evaluación de los requerimientos de uso.

Tabla 7. Rangos establecidos para la evaluación de los TUT Horticultura diversificada bajo riego (HDBR) y Agricultura mixta o de cultivos anuales en secano mejorada (ACAS)

Características y cualidades	a1	a2	a3	n
TUT	HEBR/HMBR	HEBR/HMBR	HEBR/HMBR	HEBR/HMBR
Pendiente (%)	5 - 30 %	30 - 40 %	40 - 50 %	>50 %
Erosión	Leve a moderada	Moderada a alta	Alta	Muy alta
Textura	Livianas (a - aF)	Moderadas (Fa - FaL)	Pesadas (A - AL)	Muy pesadas (Aa)
Pedregosidad	Moderada	Moderadamente alta	Alta	Muy alta
Profundidad (cm)	>50 cm	50 - 40 cm	40 - 30 cm / 40 - 20 cm	<30 cm / <20 cm
pH	5,5 - 6,5	4,9 - 5,4	4,8 - 4,0	<4,0
Fertilidad	Alta	Moderada - baja	Muy baja	Ext. baja
Drenaje interno	Bueno	Lento	Rápido	Muy rápido, muy lento
Drenaje externo	Bueno	Rápido	Rápido	Muy rápido, muy lento
Trabajabilidad	Buena	Regular	Baja	Muy baja
TUT	ACAS	ACAS	ACAS	ACAS
Precipitación anual (mm)	1700 - 1300 mm	1200 - 1000 mm	<1000 mm	

Tabla 8. Descripción del TUT Agricultura mixta o de cultivos anuales en secano (AMCS)

Componentes	Descripción
Cultivos seleccionados	Papa, zanahoria, ajo, repollo, remolacha y acelga. 1 o más cosechas al año.
Orientación del mercado	Consumo fresco, para mercado regional.
Intensidad de los factores de producción	Moderado uso de capital y mano de obra (16 jornales/ha).
Nivel tecnológico requerido	Baja mecanización y nivel de manejo.
Nivel de administración de la unidad de producción y tenencia de la tierra	Mixta. Directa del productor (Propietarios 47%), arrendatarios (20%) y medianeros (33%).
Prácticas generales de manejo	Preparación de tierras con yunta de bueyes. Nivel elevado de fertilizantes (243 kg/ha inorgánicos y 4.354 kg/ha orgánicos) y productos fitosanitarios. Sin riego.
Requerimientos de infraestructura	Vialidad, centros de acopio.
Fuentes de energía	Animal para preparación. Manual para el resto de las actividades.
Rendimiento (Año 2005)	Papa: 27.352 kg/ha. Zanahoria: 18.055 kg/ha.
Costos de producción	Papa: 6.000.000 Bs. Zanahoria: 6.500.000 kg/ha.
Ingreso neto por cosecha	Papa: 15.881.600 Bs. Zanahoria: 11.555.000 kg/ha.

Los resultados del proceso de confrontación y armonización para los cuatro tipos de utilización de la tierra evaluados muestran que en la cuenca hay pocas tierras con ligeras limitaciones (muy aptas) y moderadas limitaciones (moderadamente aptas) para los 4 TUT evaluados (Figura 2).

Las principales limitaciones que presentan las tierras de la cuenca son: la pendiente, la erosión y la pedregosidad. Así, para las tierras marginalmente aptas (A3), en cada uno de los tipos de utilización de la tierra, más del 80% de las mismas presentan limitaciones por pendiente o por erosión y pendiente, razón por la cual estas áreas no deben ser incluidas como adecuadas para actividades hortícolas. Ellas tienen un gran riesgo a ser degradadas por erosión (Tabla 9).

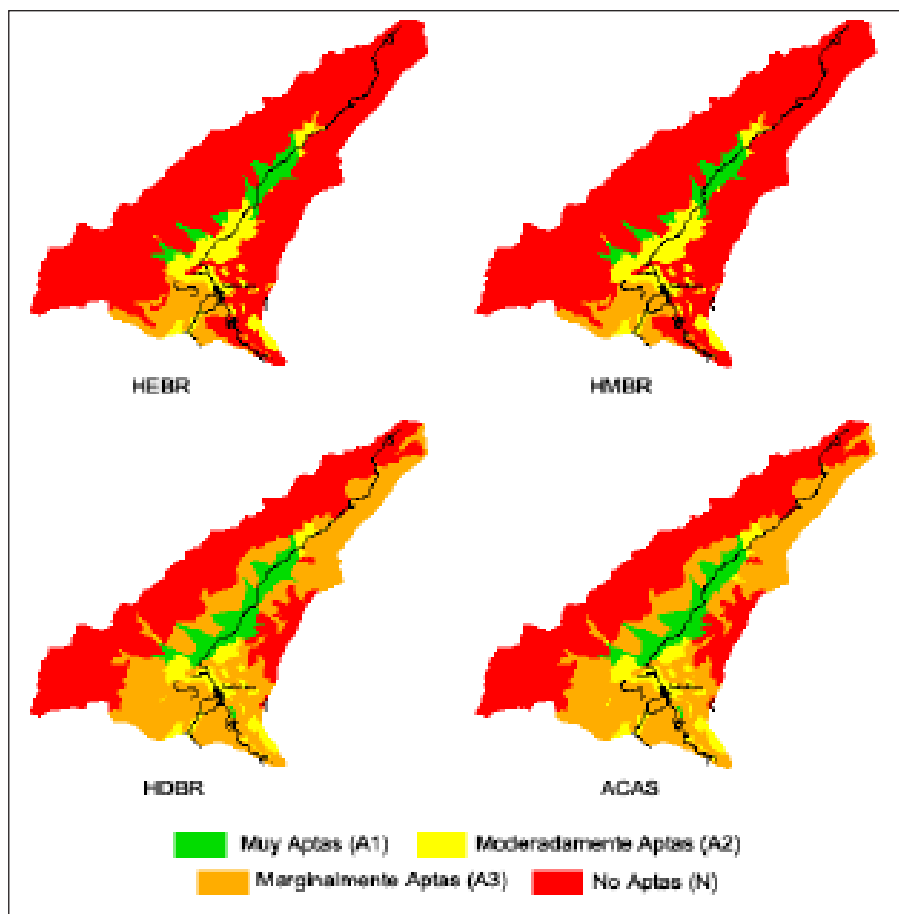


Figura 2. Aptitud de las tierras de la cuenca Pueblo Llano para los siguientes usos: horticultura especializada bajo riego (HEBR), horticultura mejorada bajo riego (HMBR), horticultura diversificada bajo riego (HDBR) y agricultura mixta o de cultivos anuales en secano (ACAS)

En la figura 3, se presenta la propuesta de usos hortícolas para la cuenca. Por ser la Horticultura Especializada Bajo Riego y la Horticultura Mejorada Bajo Riego sistemas hortícolas intensivos en secuencia papa – zanahoria, con obtención de 3 a 4 cosechas al año, se recomienda sólo para las áreas con pocas a moderadas limitaciones y pendientes inferiores a 20%, la agricultura

Tabla 9. Superficies y aptitud de uso de las tierras por TUT. Cuenca del río Pueblo Llano. Mérida, Venezuela

Aptitud de uso	Tipos de utilización de la tierra, superficies y porcentajes							
	HEBR		HMBR		HDBR		ACAS	
	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%
A1	584,6	6,1	584,6	6,1	937,2	9,7	922,7	9,6
A2 total	1067,8	11,1	1101,3	11,4	783,8	8,1	798,3	8,3
- A2p	(181)	(17,0)	(181)	(16,4)	(31,5)	(4,5)	(35,1)	(4,4)
- A2pe	(36,9)	(4,3)	(36,9)	(3,3)				
- A2e					(36,9)	(4,7)	(36,9)	(4,6)
A3 total	790,9	8,2	757,4	7,9	3709	38,6	3709	38,6
- A3p	(45,0)	(5,7)	(45,0)	(5,9)	(2986,8)	(80,5)	(2986,8)	(80,5)
- A3pe	(662,5)	(83,8)	(662,5)	(87,5)				
- A3e					(383,3)	(10,3)	(383,3)	(10,3)
N	7177,5	74,6	7177,5	74,6	4190,7	43,6	4190	43,6

HEBR: horticultura especializada bajo riego; HMBR: horticultura mejorada bajo riego; HDBR: horticultura diversificada bajo riego; ACAS: agricultura mixta o de cultivos anuales en secano. A1: tierras muy aptas; A2: tierras moderadamente aptas; A3: tierras marginalmente aptas; N: tierras no aptas; p: limitación por pendiente; e: limitación por erosión; pe: limitación por pendiente y erosión.

diversificada bajo riego para las áreas con mayores limitaciones. Se excluyen de uso hortícola las áreas marginalmente aptas que presentan limitaciones por pendiente (> 40%) o por erosión. De acuerdo con la organización de las zonas agrícolas propuesta, son aptas para los TUT evaluados un total de 2.060 ha que representan el 21,4% del total de la cuenca. Según los datos de rendimiento por ha y número de cosechas al año, en la cuenca pueden producirse unas 100.000 t de papa, 75.000 de zanahoria y 14.000 t de ajo. Valores que superan los datos suministrados por el censo agrícola 2001 (Ministerio de Producción y Comercio), éstos reportan 74.818 t para la papa, 69.150 t para la zanahoria y 9.464 t otros rubros.

Al confrontar este resultado con las áreas bajo cultivos agrícolas determinadas por Zolano, 2006, se observa que están siendo cultivadas zonas marginalmente apta y no aptas, ellas representan 10,45% de la cuenca, por lo que se observa un conflicto de uso entre las actividades agrícolas y las actividades de conservación de los espacios de bosque y páramo (Figura 3).

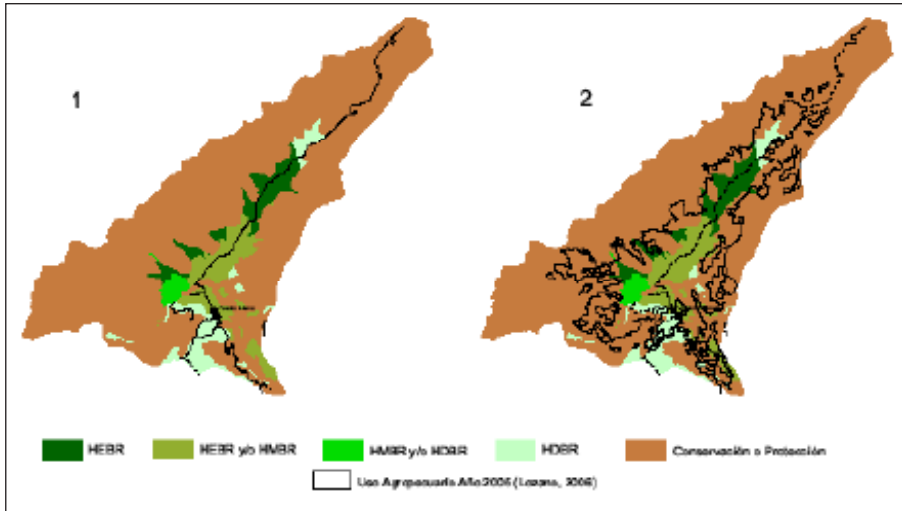


Figura 3. Propuesta de usos hortícolas (1) y conflicto de uso entre actividades agrícolas y conservación (2). Cuenca de río Pueblo Llano. Mérida, Venezuela.

HEBR: horticultura especializada bajo riego; HMBR: horticultura mejorada bajo riego; HDBR horticultura diversificada bajo riego

Ensayo de unificación de unidades de tierras mediante análisis estadístico

En el análisis de componentes principales, se tomaron en consideración todas las variables (19) con la finalidad de establecer la contribución de cada una de ellas, en la formación de los componentes principales. Los primeros cinco componentes principales tienen valores propios superiores o iguales a uno, y representan el 80,82% de la varianza total, de ellos los tres primeros explican el 65,56% (Tabla 10). Las variables que presentan mayor correlación con los dos primeros componentes (F1-F2, Figura 4) son: MD, Gm, G, MP, D, Tmp, pH y CIC. Para los componentes F1 y F3 se observan, además de las variables anteriormente mencionadas, las variables TB y arena. El porcentaje de contribución de las variables dentro de cada componente se expresa de la manera siguiente: para el componente F1 el 80,25% de la varianza es explicada por las variables MD, Gm, Tmp, G, pH, Mp, CIC y D; para el componente F2 el 83,18% lo explican las variables PF, L, a, S, Pp y UA, y para el F3 el 82,98

por las variables TB, UA, L, PD, C y a. La relación de estas variables con las unidades de tierras separadas en función de su localización en vertiente o en fondo de valle muestra que las variables MD, Gm, G, MP, D, que presentan correlaciones positivas con el componente 1 se asocian a las unidades de tierra de vertientes y las variables Tmp, pH y CIC, con correlaciones negativas con el componente 1, están más asociadas a las unidades de fondo de valle (Figura 5).

Tabla 10. Componentes principales, valores propios y varianza acumulada

Componente	Valor Propio	% Varianza	% Varianza acumulada
F1	7,776	40,926	40,926
F2	2,659	13,994	54,920
F3	2,021	10,637	65,557
F4	1,682	8,850	74,407
F5	1,218	6,410	80,818

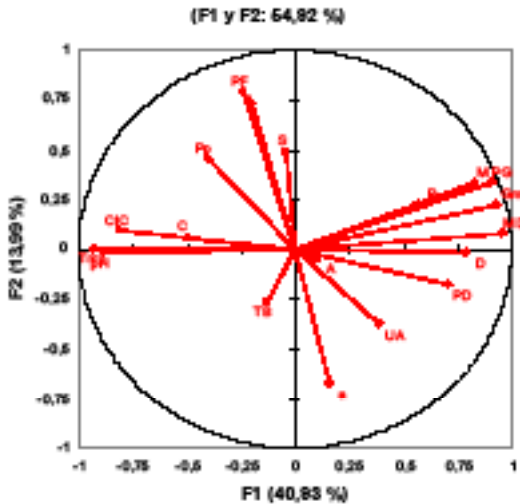


Figura 4. Correlación de las variables con los ejes (factores).

Gm (geomorfología), MD (morfodinámica), G (geología), S (suelos), P (pendiente), PF (profundidad efectiva), C (consistencia), D (drenaje), PD (pedregosidad), pH, CIC (capacidad de intercambio catiónico), TB (trabajabilidad), Tmp (temperatura media), Pp (precipitación), UA (uso actual), a (arena), L (limo) y A (arcilla).

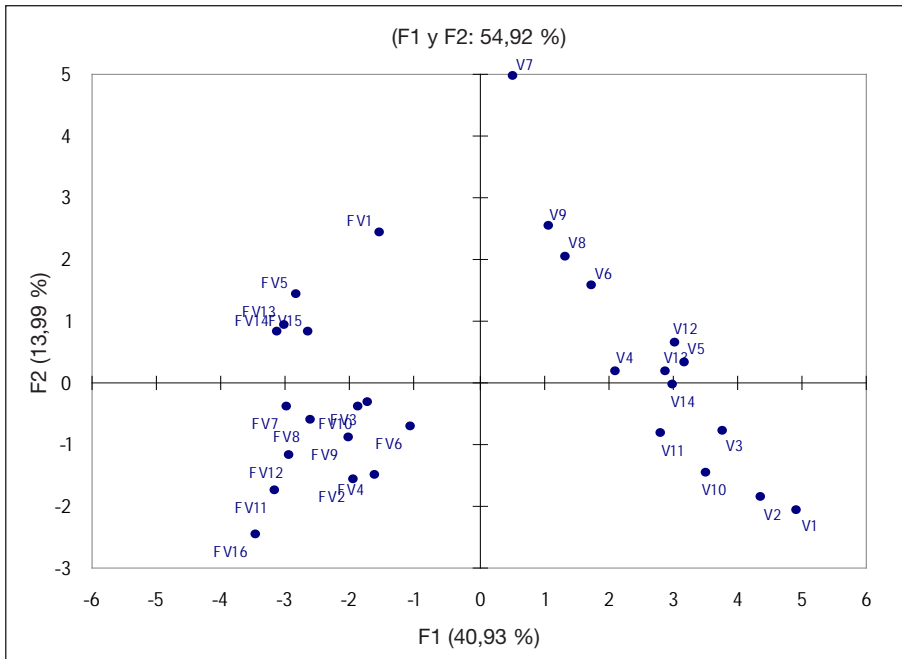


Figura 5. Correlación de las observaciones (FV: fondo de valle; V: vertiente) con respecto a los ejes F1/F2

Con base en estos resultados, se procedió a dividir las unidades de tierra en dos grandes grupos: unidades de vertiente y unidades de fondo de valle, y se realizó un análisis discriminante para establecer funciones de clasificación. Para realizar el análisis discriminante se seleccionaron las variables independientes que de acuerdo con el ACP poseen mayor contribución: CIC, pH, MP, G, Gm, MP, G, MD, D, PD, PF y a, de estas se eliminaron las variables MP y G. Estas variables, conjuntamente con las variables MD y D presentan una alta correlación entre ellas, por lo que se traduce en una alta redundancia.

Los resultados del análisis discriminante se interpretan de la siguiente manera:

- El tamaño de las muestras sugiere cierta confiabilidad en cuanto al posible sesgo por desproporción, por cuanto el grupo de unidades de tierra

en vertiente (14) representa el 46,7% y el de fondo de valle (16), representa el 53,3%.

- Los diferentes test aplicados (Chí cuadrado, F, Kullback y Lambda de Wilks), muestran que las matrices de covarianza intraclases son diferentes y que al menos uno de los vectores medios es diferente de otro, lo que sugiere diferencias estadísticamente significativas, entre un grupo y otro.
- El valor propio es 16,015, superior a 1, con un porcentaje de discriminación del 100%. Los atributos seleccionados son adecuados para considerar la discriminación de los grupos.
- De las variables extraídas del ACP, para aplicar el análisis discriminante (AD), las que tienen mayor significación son: morfodinámica ($r = 0,966$), geomorfología ($r = 0,958$), temperatura ($r = -0,934$), pH ($r = -0,806$), CIC ($r = -0,779$) y drenaje ($r = 0,735$). Arena, trabajabilidad y profundidad no son significativas.
- La correlación canónica es de 0,970, lo que denota que existe una alta asociación entre las propiedades seleccionadas para definir con confiabilidad las funciones canónicas y discriminantes.
- Función de clasificación:
 - $V = -518,270 + 39,739(\text{MD}) + 64,251(\text{Gm}) - 0,057(\text{PF}) + 5,240(\text{D}) + 51,770(\text{pH}) + 4,697(\text{CIC}) - 0,135(\text{TB}) + 7,974(\text{Tmp}) + 4,316(\text{a})$. Los pesos (coeficientes), indican que las variables que definen, según la ecuación, los grupos de vertiente son: Gm, MD y pH. Menor peso: PF y TB.
 - $FV = -453,2 + 29,628(\text{MD}) + 55,128(\text{Gm}) - 0,167(\text{PF}) + 4,742(\text{D}) + 48,335(\text{pH}) + 5,103(\text{CIC}) - 0,05(\text{TB}) + 10,169(\text{Tmp}) + 4,005(\text{a})$. Los pesos (coeficientes), indican que las variables que definen, según la ecuación, los grupos de Fondo de Valle son: Gm, MD, pH y Tmp. Menor peso: PF y TB.
 - Las variables diferenciadoras (posibles caracteres diferenciadores) para definir la clase de tierra, serían en primer lugar la posición geomorfológica, los procesos morfodinámicos, luego el pH y la temperatura. El pH puede presentar sesgo por cuanto es una zona sometida a constante fertilización y uso de agroquímicos. La

temperatura sería indicativo del piso agroclimático. Las subclases se pueden definir a partir del uso predominante. Para conocer a qué unidad de tierra (V = vertiente, FV = fondo de valle) pertenece una observación, se sustituyen los valores en ambas ecuaciones, y el valor más alto es indicativo del grupo al que pertenece.

- La matriz de confusión para la muestra de estimación determina en 100% la discriminación entre ambos grupos o clases. Cuando se determina la matriz de validación cruzada, este porcentaje disminuye sensiblemente a 93,33%, el cual todavía es alto. En este último caso, sólo se presenta confusión al clasificar la observación 6, que denota una horticultura bajo riego en vertiente, y debe ser clasificada en fondo de valle. Es posible que sea una muestra tomada en la base de la vertiente en la zona de transición entre ambas clases. Lo mismo pasa con la observación 14, que pertenece a bosque denso, la cual debería ser clasificada en posición de vertiente y aparece en fondo de valle. Sin embargo, es posible encontrar relictos de bosque denso en fondo de valle como vegetación primaria.
- Los usos relacionados con las unidades de vertiente, según el análisis son: PCR (páramo cumbre rocosa), VP (vegetación de páramo), MBA (matorral bosque abierto), BD (bosque denso), CABr (cultivo anual barbecho) y BMP (bosque, matorral y pasto). Los usos relacionados con las unidades de fondo de valle son: HRS (horticultura en seco), HR (horticultura con riego), BbHR (bosque bajo y horticultura bajo riego), CRP (cultivo, riego, pasto) y HRPBr (horticultura, riego, pasto y barbecho). Esto indica que los usos considerados en cada unidad de tierra son los apropiados o se corresponden, lo cual se avala por medio del análisis.

Una vez definida las clases de tierra (vertiente y fondo de valle), se aplicó el análisis de conglomerados, para establecer las subclases de tierra, en función de uso(s) predominante(s).

Al analizar los resultados (Figura 7) se observan claramente dos (2) cluster, definidos por clase 1 (vertiente) y la clase 2 (fondo de valle).

La clase 1 (tierras de vertiente) está conformada, según los resultados del análisis, por los siguientes usos: PCR, VP, BD, MBA, BMP, CABr, HRS y HR.

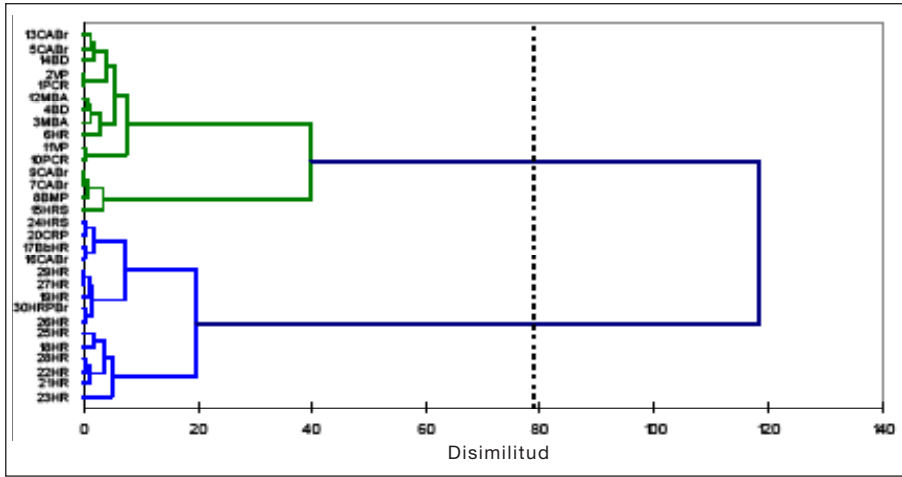


Figura 7. Dendrograma según el uso predominante

La clase 2 (tierras de vertiente) está conformada por los siguientes usos: BbHR, CABr, HRPBr, CRP, HRS y HR.

En función de simplificar las subclases, se agrupan en cada caso, tomando los siguientes criterios: **A:** uso conservacionistas: PCR, VP; **B:** uso forestal: BD, MBA; **C:** uso agrícola: HR, HRS y CABr; **D:** uso mixto: BMP, BbHR, HRPBr y CRP.

Por ejemplo: clase de tierra **1A**, es una unidad de tierra ubicada en vertiente, destinada para fines conservacionistas, que acepta el páramo cumbre rocoso, o vegetación de páramo (PCR, VP), o ambos. La Clase de **2D**, sería la unidad de tierra ubicada en el fondo de valle, que acepta o permite uno o más de los siguientes mixtos considerados (BMP, BbHR, HRPBr, CRP).

Las 30 unidades de tierras definidas de acuerdo con este análisis pueden agruparse en 2 clases, con 4 subclases. Clase de tierras 1, subclases A, B, C. Clase de tierras 2, subclases C, D.

Conclusiones

El área de estudio se caracteriza por poseer una naturaleza agroecológica que favorece sólo la agricultura mesotérmica. El uso actual revela poca diversidad

en los cultivos, por lo que existe una homogeneidad espacial en cuanto a los tipos de cultivos (papa y zanahoria) implementados por los agricultores.

Estos cultivos son producidos en cuatro modalidades de utilización de la tierra: horticultura especializada bajo riego, horticultura mejorada bajo riego, horticultura diversificada bajo riego y agricultura mixta o de cultivos anuales en secano, producción que tiene como destino satisfacer la demanda urbana en productos hortícolas.

Para la organización del espacio agrícola propuesto, una vez determinado el grado de aptitud de la tierra para los tipos de utilización de la tierra señalados, puede estimarse una producción de unas 100.000 t de papa, 75.000 t de zanahoria y 14.000 t de ajo, valores que superan los datos suministrados por el censo agrícola de 2001. Todo ello teniendo en consideración sólo las tierras que no tienen fuertes limitaciones por pendiente (< 40%) y erosión (débil a moderada).

El ensayo estadístico realizado permitió sintetizar las 30 unidades de tierras utilizadas para la evaluación de los usos hortícolas en dos (2) clases, con 4 subclases. Estas son: **clase 1**, tierras de vertiente; y **clase 2**, tierras de fondo de valle.

Cada clase puede ser definida en subclases en función del uso: subclase **A**: uso conservacionistas (PCR, VP); subclase **B**: uso forestal (BD, MBa); subclase **C**: uso agrícola (HR, HS y CABr); subclase **D**: uso mixto: BMP, BbHR, HRPBR, CRP. Así por ejemplo: **1A** es una unidad de tierra ubicada en vertiente, destinada para fines conservacionistas, con páramo cumbre rocosa, o vegetación de páramo (PCR, VP), o ambos. La **2D** sería la unidad de tierra ubicada en el fondo de valle, que acepta o permite uno o más de los siguientes usos mixtos considerados (BMP, BbHR, HrpPBR, CRP).

Referencias bibliográficas

- ANGELIAUME, A. y OBALLOS, J. 2007. *Los altos valles de los Andes Venezolanos ¿hoy es un espacio vivido o un espacio productivo?* Anuario Americanista Europeo. En prensa.
- ATAROFF, M. 2003. *Selva y Bosques de Montaña. Biodiversidad en Venezuela*. Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales. Facultad de Ciencias Universidad de los Andes Mérida-Venezuela, pp. 762-807.

- FAO 1976. Esquema de evaluación de tierras. *Boletín de suelos FAO* N° 32. Roma Italia. 66 p.
- HUDSON, N. 1981. Social, political and economic aspects of soil conservation. En R.P.C. Morgan (ed.), *Soil Conservation. Problems and Prospects*. John Willey and sons. U.K., pp. 45-54.
- SCHUBERT, C. y VIVAS, L. 1993. *El Cuaternario de la Cordillera de Mérida. Andes Venezolanos*. Universidad de Los Andes y Fundación Polar. Mérida-Venezuela. 345 p.
- LOZANO, E. 2006. *Análisis de cambio multitemporal de uso de la tierra en la cuenca alta del río Santo Domingo. Estado Mérida, Venezuela*. Tesis de Grado Maestría Manejo de Cuencas. Facultad de Ciencias Forestales, IGCRN. Universidad de Los Andes. Mérida.
- SMIT, B. and KRISTJANSON, J. 1989. Parametric approaches to rating the importance of land for agriculture, *J. Envir. Mangt.* 29: 345-62.
- TULET, J. C. 2002. La révolution du maraîchage dans les Andes du Venezuela. *Cahiers des Amériques*. N° 40: 49-64.
- TULET, J. C. 2005. *Amérique Latine: la plus forte croissance de production agricole au monde*, «*Questions de Géographie. L'Amérique latine*», Ed. du Temps, Nantes, 285 pages, pp. 55-77.
- VERHEYE, W. 1984. Land evaluation methodology and interpretation of the EC soil maps of Europe. En J.C.F.M. HANNS, G.G.L. STEUR Y G HEIDE (eds), *Progress in Land Evaluation*. A.A. Balkema. Rotterdam., pp. 67-78.