

EVALUACION COMPUTARIZADA DEL TERRENO PARA UNA FINCA EN TENJO - COLOMBIA

*Edgar Madero M. **

COMPENDIO

Se empleó el sistema automatizado ALES, un programa de computador que permite al evaluador construir un sistema experto para evaluar terrenos. Para el caso las entidades evaluadas tuvieron en cuenta consociaciones con contenido pedológico de fases de serie de suelos y, el balance hídrico histórico de la zona. Para cada uso escogido (cebada, maíz y la asociación de pastos kikuyotetralite) se construyó la lista de requerimientos y una lista de características del terreno, de acuerdo con las condiciones locales de la finca. El estudio tuvo cuatro componentes: Un modelo para describir cada uso en términos físicos y económicos; un modelo para describir las unidades de terreno a ser evaluadas; un modelo para armonizar los anteriores componentes y determinar la aptitud de cada terreno para los usos propuestos; y la presentación de resultados desde los puntos de vista físico, agronómico y económico. Los suelos evaluados presentaron un patrón muy influenciado por la presencia de ceniza volcánica y con predominio de los grandes grupos Hapludalf y Dystrandept. Los factores que afectan el rendimiento de la cosecha influyen en una mayor medida sobre la rentabilidad de los usos estudiados, que los factores que afectan los costos de producción. Ganadería para leche es el más rentable de los usos planteados pero requiere mayor infraestructura y acceso al crédito; cebada es ideal porque es relativamente más rústica, no necesita alta inversión de capital y difícilmente deja pérdidas. Maíz para grano no es recomendable debido al precio actual de sustentación.

ABSTRACT

COMPUTARIZED LAND EVALUATION TO A FARM IN TENJO - COLOMBIA

The computerized programme ALES (Automated Land Evaluation System) was employed here, it permitting the user or evaluator to construct an expert system, based on established FAO (1976) methodology. This system can be employed in different scales of studies; for this case the entities were calculated in relation to the pedological content of soil phases series taking as base an intensive soil study, made previously to this evaluation. The uses chosen were barley, corn and the association kikuyo-tetralite pasture. For each of these uses were constructed their proper listing of requirements and a list of soil characteristics to infer the local land qualities. The study was four components: A model for describing each use in physical and economic terms; a model for describing the units of soils to be evaluated; a model for combining components 1 and 2 above, and determine the capability of soil units for their proposed uses; and the presentation of physical, agronomic and economic results. The conclusions from the study were: 1. The field study exhibited a soil pattern highly influenced by the presence of volcanic ash with Hapludalf and Dystrandept as principal soil great groups. 2. The factors which affect the harvest yield have more influence over the profits than those factors which affect the costs of production. 3. Dairy cattle was the most profitable use but requires large infrastructure and access to capital; barley is ideal because it is relatively mostly rustic, does not need a high capital investment and usually have a low loss. Grain corn is not recommendable due to its low sustenance price.

INTRODUCCION

La evaluación de tierras por el sistema FAO lleva a resultados sobre la aptitud física y económica de una unidad de tierra frente a un uso determinado; comparado con otros esquemas, implica que el evaluador se compromete con los resultados de su investigación y así tiende a mejorar la calidad de los estudios y hacer una utilización exhaustiva de los levantamientos de

suelos que son la base de la evaluación.

El trabajo dispendioso que se puede derivar del estudio propuesto por la FAO se alivia con programas de computador estilo ALES(8), ya que en principio el evaluador construye un sistema experto que servirá de esqueleto para más evaluaciones de la misma escala y además

* Profesor Subdirección de Docencia e Investigación del IGAC. Actualmente Profesor Asociado UN. Sede Palmira. AA. 237.

tiene la opción de elegir el sistema de producción al entrar los costos variables.

Con el objeto de implementar esta metodología a fondo, se escogió una pequeña zona de la Sabana de Bogotá utilizada para agricultura y ganadería de leche, la cual ya posee un estudio intensivo de suelos realizado recientemente y exige de una evaluación muy detallada de tierras; esto permitirá desarrollar los modelos deductivos de las cualidades de la tierra haciendo acopio del mayor número de características posible, y de paso allanar el camino para la deducción de estas mismas cualidades en estudios de escala más pequeña.

OBJETIVOS

1. Recopilar y organizar los resultados del levantamiento de suelos realizados en una finca del municipio de Tenjo, vereda Zaque.
2. Implementar la metodología FAO de evaluación de tierras, para cebada, maíz y pastos, utilizando un sistema automatizado.

METODOLOGIA

Levantamiento de suelos

Se siguieron las normas del IGAC para levantamientos detallados e intensivos (3) con observaciones cada 40 m en red rígida, utilizando fotografías aéreas de escala 1:22.000 y ampliaciones de escala 1:4.500, para generar un mapa de suelos de escala 1:10.000.

Evaluación de tierras

La metodología de la FAO para evaluación de tierras con fines agrícolas (Figura 1), implica

primero un estudio profundo del cultivo de tal forma que se definan muy bien sus necesidades o requerimientos agroecológicos básicos: clima, período vegetativo, suelo, tolerancia a sales, susceptibilidad a excesos o déficits de humedad, requerimientos nutricionales y protección que brinda el cultivo contra la erosión acelerada; y segundo, la determinación de la rentabilidad potencial de la tierra.

Con esta información sobre los tipos de utilización se pasa a evaluar en el levantamiento de suelos de la zona, las cualidades de la tierra que responden a esos requerimientos, por ejemplo: permeabilidad, régimen de humedad del suelo, régimen de temperatura del suelo, fertilidad, capacidad de enraizamiento y riesgo de erosión.

En cada unidad de tierra se procede entonces a calificar la aptitud actual mediante la armonización de requerimientos con cualidades.

La evaluación en este punto exige una definición del tipo de manejo o prácticas agrícolas destinadas a mejorar lo que está regular y a mantener lo que está bien. El nivel tecnológico recomendado en cada caso depende directamente del sistema de producción escogido para cada uso, de las medidas de conservación de suelo previstas, y del dinero disponible o también de la tasa mínima de retorno marginal.

Cuando ya se tienen establecidas en términos agroeconómicos las medidas a implementar en cada unidad de tierra, la calificación potencial de una unidad la dará su rendimiento relativo por producción de biomasa y por rentabilidad de la inversión.

Evaluación automatizada

Se implementó el programa ALES en el que

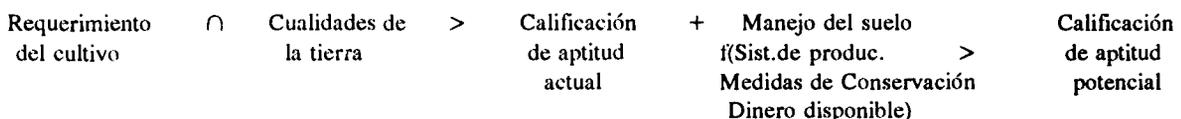


FIGURA 1. Esquema metodológico de la FAO

cada evaluación consiste de un grupo de usos la tierra, que en este caso fueron cultivos y pastos, y un grupo de unidades de tierra. Como se emplea el sistema FAO para evaluación de tierras, cada unidad de mapeo se evalúa por su capacidad para cada cultivo, y se muestra el resultado en una matriz de capacidades. Se contemplaron dos tipos de evaluaciones: la física y la económica; estas dos se consideran inseparables ya que es difícil determinar grados de capacidad sin escala económica y además es impreciso comparar dos tipos de utilización en términos estrictamente físicos (8).

- **Evaluación física:** En esta evaluación se enfatiza en riesgos como los debidos al ambiente, y en limitaciones absolutas como las relacionadas con el clima, con el fin de justificar posteriores análisis económicos para aquellos usos que no sean muy riesgosos ó físicamente imposibles de sostener.

Teniendo en cuenta esto, el programa divide aquí en grupos de manejo a aquellas unidades de tierra que no son completamente adecuadas, y esto lo hace con cada uso.

- **Evaluación económica:** En este aspecto se ofrece un estimativo de la capacidad real de cada unidad de tierra para cada cultivo, basándose en la ganancia neta expresada en \$/ha/año y sin considerar los costos de inversión, se contabiliza únicamente el pago de intereses a la deuda.

El modelo relaciona la ganancia neta con las necesidades de cada uso, teniendo en cuenta que las limitaciones pueden resultar en incrementos de los costos de producción y en variaciones de los rendimientos. Los costos se representan mediante un listado del número de unidades de insumo que se requiere.

Una de las novedosas ventajas de este programa es que en corto tiempo se puede cambiar en el archivo el valor de los parámetros económicos para recomputar una evaluación e imprimir de nuevo los resultados, en caso de que estas condiciones cambien rápidamente como es

normal en este campo.

ALES posee tres rasgos fundamentales: En primer lugar no posee ningún sistema de georeferencia que le permita analizar espacialmente a cada unidad de mapeo con sus semejanzas y aproximaciones a otras.

Su segundo rasgo es que no permite el uso directo de fórmulas matemáticas ya que las características utilizadas como base en la evaluación se tratan como datos ranqueados, p.e. Clases de pendientes, clases texturales, etc.

Su tercera característica la constituyen los Árboles de Decisión ideados para que el sistema deduzca las cualidades de la tierra a partir de las características de la tierra; las variaciones de los rendimientos a partir de valores de las cualidades de la tierra, y algunos valores de características de la tierra a partir de otras características de la tierra. En estos árboles las hojas serían los resultados esperados (p.e. los valores esperados de cada cualidad de la tierra), y las ramas interiores serían los criterios de decisión de las cualidades (p.e. los valores de las características de la tierra).

Los árboles se deben construir por un especialista en el tema, y en la computación de los resultados los datos de la tierra se pasan a través de cada modelo de árbol para su evaluación. Cuando se consideran muchos factores, los árboles de decisión se pueden volver muy complicados y poco prácticos, entonces el programa permite definir los rendimientos potenciales a través del uso de factores paramétricos limitantes, o bien mediante la creación de subclases de manejo para cada unidad de mapeo utilizando las cualidades de la tierra que puedan limitar al máximo el crecimiento de los cultivos.

En el ejemplo de la Figura 2 se muestra un árbol de decisión simple que permite al programa deducir el valor de la cualidad permeabilidad para un horizonte superficial con base en la estructura y la clase de friabilidad del suelo (5). En la Figura 3 se presenta un caso simplificado para cebada de la forma como ALES hace el cómputo fisiológico por clases.

"PERMEABILIDAD ESTIMADA"

- >> Tipo y Grado de estructura
1. Columnar
 - Prismática
 - Laminar > Poco permeable
 - Masiva Arcillosa
 2. Bloques poco desarrollados > Semipermeable
 3. Bloques moderados y bien desarrollados > Clase de estructura
 1. Gruesa o muy fina > Poco permeable
 2. Mediana > Consistencia en húmedo
 1. Friable > Permeable
 2. L. Firme > Semipermeable
 3. Firme > Poco permeable
 3. Fina > Consistencia en húmedo
 1. Muy friable > Semipermeable
 2. Friable > Muy permeable
 3. Ligeram.Firme > Permeable
 4. Firme > Semipermeable
 4. Granular y migajosa poco desarrollada > Permeable
 5. Granular y migajosa moderada y bien desarrollada > Clase de estructura
 1. Muy fina > Semipermeable (sellamiento)
 2. Fina > Consistencia en húmedo
 1. Muy friable > Semipermeable
 2. Friable > Muy permeable
 3. Ligeram.Firme > = 1
 3. Media > Consistencia en húmedo
 1. Muy friable > Semipermeable
 2. Friable > Muy permeable
 3. Ligeram.Firme > Permeable
 6. Masiva friable > Semipermeable

Entidades discriminantes se introducen con >> y subrayado.
Resultados están resaltados.

FIGURA 2. Ejemplo de un árbol de decisión utilizando la característica física Permeabilidad del Suelo

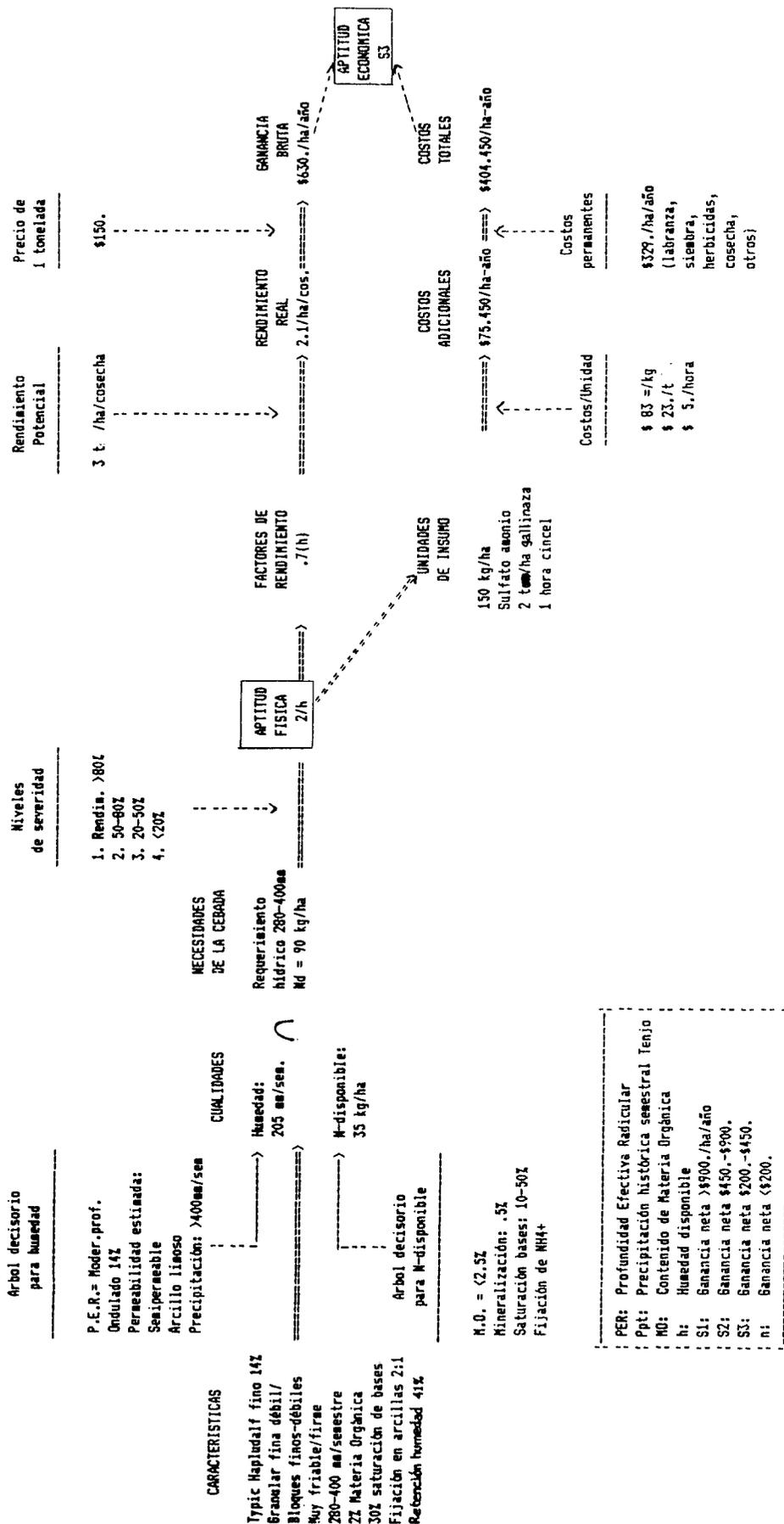


FIGURA 3. Ejemplo simplificado para cebada del cómputo físico y económico que realiza ALES considerando dos cualidades.

Para el estudio se construyeron árboles de decisión para cualidades de la tierra como humedad disponible para las plantas (cobertura x permeabilidad x pendiente x balance hídrico x requerimiento hídrico), oxígeno disponible para las raíces (relieve x color x profundidad napa freática x estructura x friabilidad), condiciones físicas para el enraizamiento (profundidad efectiva radicular x estructura x friabilidad x presencia de fragmentos gruesos x textura), riesgo de erosión (pendiente x profundidad x textura x permeabilidad x erosión actual x prácticas de conservación) y fertilidad (material parental x materia orgánica x pH x textura x balance hídrico). Los niveles de severidad de cada cualidad y sus correspondientes factores de rendimiento aparecen en el Cuadro 1.

CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

1. Generalidades

La finca tiene aproximadamente 67 hectáreas, de las cuales 50 son cultivables, con pendientes que oscilan entre 1 y 14%. Está localizada en el municipio de Tenjo, vereda Zaque, departamento de Cundinamarca-Colombia, a una altura de 2.640 m.s.n.m., con 14°C de temperatura promedio anual y una precipitación de 945 mm repartidos en dos semestres, caracterizada por lluvias de baja a moderada frecuencia y moderada a alta intensidad en cada semestre.

El origen geológico del fondo de la cuenca son sedimentos lacustres del Pleistoceno reciente que subyacen a arcillolitas de la formación Guaduas, del Terciario medio inferior, y a areniscas cuarzonas de la formación Guadalupe del cretáceo Superior, las cuales constituyen el esqueleto de este relieve (10).

La fisiografía señala en su parte más alta un conjunto de laderas estructurales, las areniscas cuarzosas del Cretáceo, del que se origina un piedemonte no muy extenso que limita algo abruptamente con un pequeño valle de inundación del río Chicú con características meándricas en esta zona.

2. Suelos

En el transecto de la Figura 4 se detectó la presencia de materiales amorfos probablemente del tipo alofano, tanto en la parte apical del abanico como en las terrazas aluviales del valle. Estos materiales tienen gran influencia en la génesis y morfología de los suelos de la región (7). Su distribución reveló un patrón muy interesante ya que allí donde se encontraron los materiales amorfos, no había influencia reciente de procesos de erosión y sedimentación aluvial, lo que posiblemente permitió el desarrollo de los suelos blandos y profundos : Typic Dystrandept medial isomésico plano y Andeptic Hapludalf franco fino inclinado, ubicados en los extremos de toda el área cultivable, el uno en el Valle y el

Balance hídrico para el Municipio de Tenjo Vereda Zaque

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	No	Dic
Precipitación (mm)	40	65	60	110	100	50	50	40	60	110	100	60
Evapotrans. (mm)	80	75	85	85	80	75	80	80	75	80	75	75

CUADRO 1. Características utilizadas para definir las cualidades de la tierra, los correspondientes niveles de severidad y los factores de rendimiento.

CUALIDAD	NIVELES DE SEVERIDAD	FACTOR DE RENDIMIENTO			
		PASTOS	MAIZ	CEBADA	LECHE
Humedad Disponible	Adecuado	1.00	1.00	1.00	1.00
	Moderado estrés	0.90	0.90	0.70	0.90
	Severo estrés	0.80	0.60	0.30	0.85
Riesgo*	Ninguno	-	1.00	-	-
Erosión	Ligero	-	1.00	-	-
	Moderado	-	0.90	-	-
	Severo	-	0.00	0.00	-
Oxígeno	Adecuado	1.00	1.00	1.00	1.00
Rizosfera	Inadecuado	0.50	0.00	0.30	0.70
Enraizamiento	Fácil	1.00	1.00	-	-
	Moderado	0.95	0.95	-	-
	Difícil	0.90	0.90	-	0.60
	Muy difícil	0.80	0.80	-	-

* Es el riesgo de erosión cuando se cultiva la tierra. Aquí se mide en cuatro clases;

1. Ningún riesgo (n) = No incrementa costos ni reduce rendimientos.
2. Ligero (l) = implica labranza en curvas de nivel, con un incremento del 10% en horas de mecanización. No se reduce el rendimiento.
3. Moderado (m) = Implica labranza en curvas de nivel, con un incremento del 10% en horas de mecanización; cultivos en fajas, y se debe dejar un 10% del área sembrada con pasto en descanso, lo que baja el rendimiento en un factor de 0.9.
4. Severo (s) = No se puede labrar con maquinaria ya que la tierra se considera físicamente inadecuada para cultivos.

No se contempla la construcción de estructuras que requieren alto costo adicional. (8)

otro en el ápice del abanico, encerrando a suelos en su mayoría de texturas finas: Typic Hapludalf fino fuertemente inclinado, Vertic Hapludalf fino ligeramente inclinado y Aquic Vertic Hapludalf fino² casi plano, en orden de aparición de acuerdo con la disminución de la pendiente, que señala a su vez la dinámica fisiográfica de ciclos de erosión-sedimentación y diferenciación de materiales por intemperismo, con influencia de materiales volcánicos. En el ápice a un lado

del Andeptic Hapludalf, en un área con signos de erosión laminar, se halló un Typic Dystropept francoso fino fuertemente inclinado en los sitios labrados por años en el sentido de la pendiente.

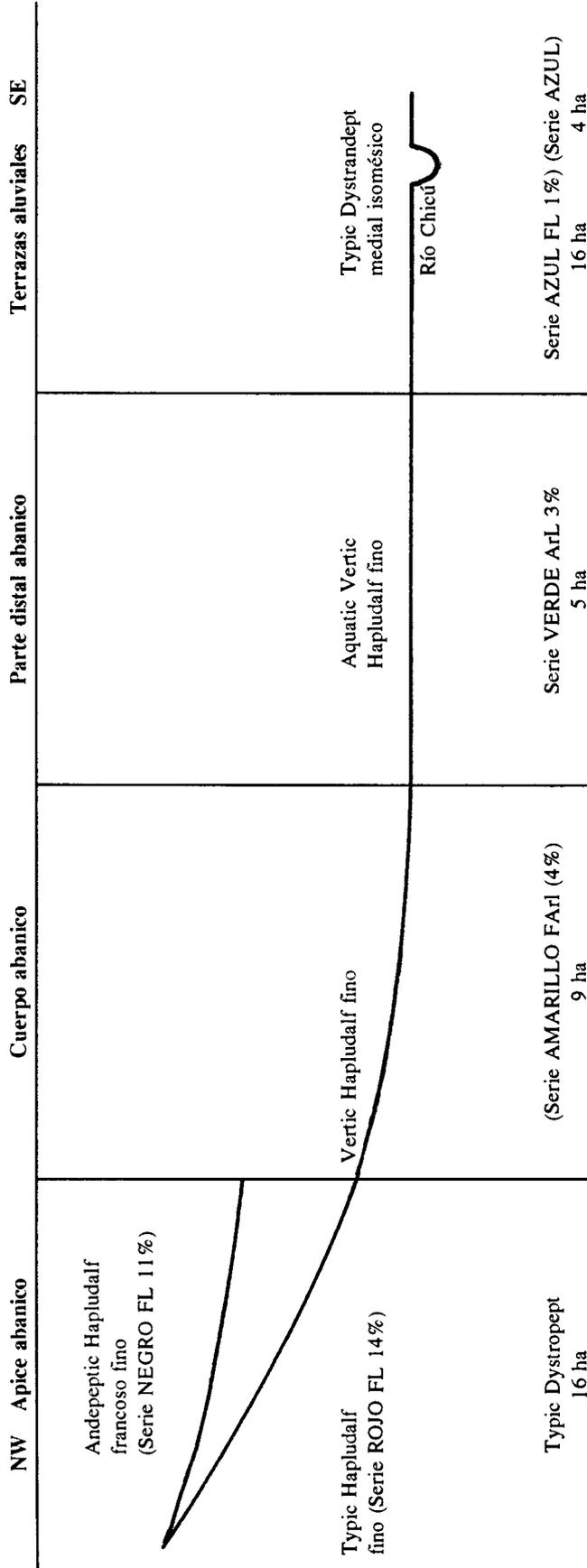
SISTEMA DE PRODUCCION

El sistema tecnificado de manejo de la Hacienda posee las siguientes características:

1. Es completamente mecanizado
2. Existe un alto nivel de destreza en el manejo de la finca.

² En la taxonomía de Suelos (1987) son dos subgrupos

FIGURA 4. Toposecuencia de los suelos de una finca en Tenjo Vereda Zaque (sin escala, inclinación del terreno sobreestimada).



3. Posee las mejores prácticas de manejo del cultivo.
4. Fácil acceso al crédito.

REQUERIMIENTOS DE LOS USOS

En el Cuadro 2 se pormenorizan los requerimientos ambientales y nutricionales de cada uso extraídos de bibliografía internacional para países tropicales (1, 2, 4, 9) y en el caso de cebada se amplió con investigaciones del autor para Colombia (6).

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Cualidades Ambientales

Este grupo de cualidades se refiere al medio físico del suelo y sus relaciones con la atmósfera que lo rodea (Cuadro 3).

El riesgo de erosión hídrica llega hasta ligero con pastos y cebada, pero con maíz se acerca hasta moderado por tratarse de un cultivo limpio.

La capacidad de enraizamiento es muy similar para todos, y teniendo en cuenta que se ha desarrollado un argílico en tres de ellos, obviamente no siempre se ofrecieron condiciones óptimas para el desarrollo radicular.

La humedad disponible para las plantas fue la cualidad problema para los tres usos debido en gran medida a reducciones en la capacidad de almacenamiento de agua en el perfil, por inadecuada permeabilidad de algunos suelos, por el grado de la pendiente, y también por los relativamente altos requerimientos hídricos de los pastos y el maíz; es por esta razón que aunque la mayoría se clasificó con régimen de humedad údico, cuando se considera el agua disponible a menos de dos atmósferas es difícil que los suelos cumplan con los requerimientos hídricos específicos sin que las plantas se estresen severamente en algunas fases críticas del desarrollo.

Nótese que el suelo con problemas de drenaje (Aquic Vertic Hapludalf) posee niveles mode-

rados de humedad para pastos y se considera que la cualidad oxígeno del suelo está adecuada, no obstante que para el maíz y la cebada no reúne los requisitos de drenaje; se estima que los pastos con el uso consuntivo tan grande que poseen tienen un mayor poder desecante, de forma que en estos medios van desalojando el agua de los macroporos con lo que se balancea el sistema.

2. Cualidades de Fertilidad

Los macronutrientes NPK son los que requieren más atención para los tres usos propuestos; las necesidades de cal, azufre y elementos menores quedan más o menos cubiertas para maíz y cebada en todos los suelos, pero con pastos es necesaria su aplicación al suelo. Hay que tener presente que la asociación Kikuyo-tetralite es muy sensible a bajas en la disponibilidad de nutrientes, y exige un nivel alto de ellos en el suelo después de cada corte (40 días) para mantener una alta producción de forraje.

ANALISIS DE COSTOS

La aptitud física para los suelos con relación a un uso determinado (Cuadro 4) fue la base del análisis económico subsiguiente, con precios de 1990, para llegar a una clasificación de aptitud económica final (Cuadro 5).

1. Ganadería para leche

La ganancia neta (Cuadro 5) indica que tener pastos para ganadería de leche puede ser rentable en cualesquiera de los suelos del área estudiada, no obstante que físicamente tres de ellos se mostraron marginalmente aptos por razones de escasa humedad disponible principalmente.

Se aplicaría el siguiente sistema de producción a las 50 hectáreas:

Se recomienda la asociación de gramíneas kikuyo (50%), tetralite (50%), en la que kikuyo contrarresta el efecto compactante del pisoteo del ganado y aporta fibra al animal, y tetralite aunque más exigente en fertilización es de gran valor nutritivo.

CUADRO 2. Requerimientos ambientales de pastos, maíz y cebada para rendimientos de cosecha.

PASTOS		MAIZ		CEBADA	
REQUERIMIENTO HIDRICO MENSUAL (mm)					
00-39 Severo estrés 39-65 Moderado 65-98+ Adecuado		00-29 Severo estrés 29-61 Moderado 61-90+ Adecuado		00-120 Severo estrés 120-280 Moderado 280-400 Adecuado	
CLASE DE DRENAJE					
Excesivo Bien drenado Moderado Imperfecto Mal drenado	Inadecuado Adecuado Adecuado Adecuado Inadecuado	Excesivo Bien drenado Moderado Imperfecto Mal drenado	Inadecuado Adecuado Adecuado Inadecuado Inadecuado	Excesivo Bien drenado Moderado Imperfecto Mal drenado	Inadecuado Adecuado Adecuado Inadecuado Inadecuado
CAPACIDAD ENRAIZAMIENTO					
Firme Moderadam. prof Débil desarrollo	Moderado	Suelto ligeram. Firme Moderadam. prof. Blocosa	Moderada	Firme Superficial Blocosa	Moderado
Ligeramentamente Suelto-Firme Profundo Granular y Blocosa	Fácil	Friable Profundo Granular	Fácil	Ligeram.Firme Moderada/prof Granular y bloc	Fácil
Sto - Muy firme Superficial Débil desarrollo	Difícil	Firme Superficial Débil desarrollo	Difícil	Suelto Superficial Débil desarrollo	Difícil
RIESGO DE EROSION					
No erodable - Nulo Moder.erodable - Nulo Erodable - Nulo		No erodable - Ligero Moder.erodable - Mod. Erodable - Sev.		No erodable - Nulo Moder.erodable - Ligero Erodable - Moderado	
ASOCIACION - TETRALITE			MAIZ	CEBADA	
N Disponible (kg/ha)	P Disponible (kg/ha)	K Disponible (kg/ha)	N P K (kg/ha)	N P K (hg/ha)	
10-100 Muy alto 100-150 Bajo 150-200 Medio 200-300 Alto 300-400 Muy alto	00-20 Bajo 20-40 Medio 40-60 Alto	10-200 Bajo 200-400 Medio 400-1000 Alto	100 20 90 Bajo 160 30 150 Medio 240 40 220 Alto	30 15 30 Bajo 60 25 40 Medio 90 45 60 Alto	
S Disponible	B y Mo	Fe, Mn, Cu, Zn	S Dispon. B Y Mo	Fe, Mn, Cu, Zn	
Alto	Alto	Alto	Medio Medio	Med. Med. Alt Alt	

CUADRO 3. Algunas características del solum de cinco suelos consideradas para evaluar su aptitud

Tipo de suelo Características del solum	T. Dystrandept	T. Hapludalf	T. Dystropept	V. Hapludalf	Aq. Hapludalf
	Serie AZUL FL	Serie ROJO FL	Serie NARANJA FL	Serie AMARILLO FArL	Serie VERDE ArL
Consistencia en hú- medo	Friable	Friable ----- Firme	Friable	Friable ----- Firme	Friable ----- Firme
Estructura	Granular débil ----- Blocosa Moderada	Granular débil ----- Blocosa débil	Granular moderada ----- Blocosa moderada	Blocosa moderada ----- Blocosa fuerte	Blocosa moderada ----- Blocosa débil
Familia textural	Medial	Fina	Franca fina	Fina	Fina
Profundidad efectiva (m)	Profundo	Profundo	Profundo	Moder. profundo	Moder. profundo
Pendiente (%)	0-1	14	14	4	3
Permeabilidad estima- da*	Muy permeable	Semipermeable	Permeable	Semipermeable	Poco permeable
Estimado de la retención de humedad (%) a 1 m	72	41	49	66	38
N. disponible (kg/ha)	75	75	50	50	75
P. disponible (kg/ha)	10	20	40	20	60
Fijación de fosfatos	si	no	no	no	no
K. disponible (kg/ha)	200-400	< 200	200-400	< 200	< 200
Fijación en arcillas 2:1	no	si	no	si	si
Saturación bases (%)	< 50	< 50	< 50	> 50	> 50
Ca: Mg: K	Balanceada	Desbalanceada	Balanceada	Balanceada	Balanceada
S disponible	Medio	Medio	Bajo	Medio	Medio
B y Mo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Fe y Mo	Normal	Normal	Normal	Normal	Alto
Cu y Zn	Bajo	Normal	Bajo	Bajo	Normal
pH	5.1	4.8	5.5	5.8	5.5

* Poco permeable : Lento drenaje interno
 Semipermeable : Moderado drenaje interno
 Permeable : Moderadamente rápido
 Muy permeable : Rápido y muy rápido

CUADRO 4. Calificación actual de las cualidades de cada suelo en función del uso.

CLASE DE SUELO	CUALIDADES AMBIENTALES						CUALIDADES DE FERTILIDAD																	
	Riesgo erosión		Enraizamiento		Humid. dispon.		Ox. riz.		Nitrog.		Fósforo		Potasio		Ca y Mg		Azufre		Merores					
	pas	mz	ceb	pas	mz	ceb	pas	mz	ceb	pas	mz	ceb	pas	mz	ceb	pas	mz	ceb	pas	mz	ceb			
T. Dystrandept - 20 ha	n	n	n	f	f	f	a	n	a	a	a	a	mb	b	n	n	a	a	n	n	n	b	n	no
T. Hapludalf - 10 ha	n	n	n	n	n	n	s	s	n	a	a	a	mb	b	n	b	b	n	b	b	n	n	no	no
T. Dystrocept - 6 ha	n	n	l	f	f	f	s	s	a	a	a	a	mb	b	b	b	a	a	n	n	n	b	n	no
V. Hapludalf - 9 ha	n	n	n	n	n	n	a	a	a	a	a	a	mb	b	b	b	b	n	n	n	n	n	no	no
Aq. Hapludalf - 5 ha	n	n	n	n	n	n	s	s	s	a	i	i	mb	-	n	a	-	n	n	-	n	no	-	no

n = Normal
 m = Moderado
 l = Ligero
 f = Fácil
 n = Moderado
 s = severo estrés
 a = adecuado
 n = moderada
 s = medio
 mb = muy bajo
 i = inadecuado
 b = bajo
 no = normal

CUADRO 5. Aptitud física y económica de los suelos para pastos, maíz y cebada en una finca del Municipio de Tenjo, 1990.
(Todos los valores están en miles de pesos).

SUELOS	Clases aptitud física*			Ganancia neta /año **			Ganancia Bruta / año			Costos ha/año			Clase aptitud económica		
	Pastos	Maíz	Cebada	Pasto	Maíz	Cebada	Pasto	Maíz	Cebada	Pasto	Maíz	Cebada	Pasto	Maíz	Cebada
T.Dystrandept	1	1 (h)	1	2'122	- 43	1'135	3'240	360	1'500	1'117	403	364	S1	n1	S1
T.Hapludalf	3/h(r)	3/h(r)	2/h(r)	1'571	-205	225	2'754	228	630	1'182	433	404	S2	n1	S3
T.Dystropept	3/h	3/he	2/h(e)	1'609	-217	258	2'754	216	630	1'144	433	371	S2	n1	S2
V.Hapludalf	2/r(h)	1(er)	1 (r)	1'793	- 7	502	2'916	342	900	1'122	349	397	S2	n1	S2
Aq.Hapludalf	3/h(r)	4/0(r)	3/ho(r)	879		- 128	1'950	0	270	1'070	-	398	n1	n2	n1

Las letras en el denominador indican el tipo de limitación del suelo e = riesgo de erosión, r = enraizamiento, h = humedad del suelo. Entre paréntesis se trata de una limitación de menor grado.

* Significado de la aptitud física

1. Sumamente apta; rendimiento > 80%; requiere insumos y prácticas de mantenimiento.
2. Moderadamente apta; rendimiento 50 -80%; requiere insumos adicionales pero son rentables
3. Marginalmente apta; rendimiento 20 -50%; insumos adicionales que son medianamente rentables.
4. No apta; rendimiento <20%; rara vez las limitaciones pueden ser superadas.

** Ganancia neta por ha.

Pastos	Maíz	Cebada
S1 >2.1'	>400.	>900.
S2 1.5'-2.1'	350.-400.	450.-900.
S3 900.-1.5'	300.-500.	200.-400.
n1 300.-900.	<300.	<200.
n2 <300.		

20 hectáreas en riego (terrazas río Chicú): 4.5 cabezas/ha, ciclo de rotación 37 días, producción de leche 20 botellas/animal-día.

30 hectáreas sin riego (resto de finca): 4.5 cabezas/ha, ciclo de rotación 120 días producción de leche 12-16 botellas/animal-día.

Costos adicionales de manejo de suelos para mantenimiento y/o recuperación: \$200.000 - \$300.000 en función de cada unidad de tierra.

Costos de capital referentes a insumos anuales (manejo del ganado, compra de semillas, jornales) e insumos de infraestructura (establo móvil, ordeñador mecánico, picapasto, compra de tres vacas por hectárea): \$850.000/ha-año.

Un suelo físicamente apto como Typic Dystrandept, no encuentra limitantes serias de rendimiento, y se puede llegar a obtener una ganancia bruta de \$ 3'240.000, la cual con unos costos anuales girando alrededor de \$1'100.000, puede dejar en esta unidad una ganancia neta de primer orden.

Los siguientes tres suelos (Cuadro 5) debido a impedimentos radiculares o a escasa retención de la humedad aprovechable, pueden afectar el rendimiento de forraje en un factor de 0.76 a 0.9 y el de leche entre 0.85 y 0.9 con una incidencia en los costos adicionales hasta del 25% dependiendo del suelo, lo que se traduce sin embargo en ganancias netas muy aceptables de segundo orden.

El último suelo de la lista, el Aquic Vertic Hapludalf, a consecuencia de presentar regulares condiciones de oxígeno, de humedad y de enraizamiento durante gran parte del año, puede dañar la producción aproximadamente en un 50% y hacer que la inversión en este uso sea muy riesgosa; no obstante, a largo plazo el establecimiento de esta pradera puede mejorar notablemente las condiciones del suelo gracias a sus aportes orgánicos, a su poder estructurador y al alto uso consuntivo como poder desecante del suelo.

2. Cultivo de maíz para grano

En todos los suelos las ganancias por cosecha de maíz resultan inferiores a los costos de producción, lo que quiere decir que su siembra en condiciones de alta tecnificación puede salir muy riesgosa en esta zona. Estos resultados se obtuvieron utilizando los siguientes parámetros de producción:

Densidad de siembra: 25 kg/ha (siembra en curvas de nivel)

Rendimiento potencial máximo: 4 t/ha-año

Precio por tonelada de primera calidad: \$100.000

Costos adicionales de manejo de suelos para mantenimiento y/o recuperación: \$100.000 - \$200.000, en función de la fertilidad y capacidad de enraizamiento en cada unidad.

Costos de capital referentes a insumos anuales (herbicidas, insecticidas, preparación del suelo, labores manuales de siembra, fertilización y cosecha, semilla para siembra): \$250.000/ha-año.

20 hectáreas planas con riego y 30 hectáreas onduladas sin riego.

Al hacer el análisis de rentabilidad se encuentra que los costos de producción de maíz calculados son razonables y sus variaciones se deben específicamente a la fertilización; en cuanto a las producciones estimadas, el factor de rendimiento que más puede afectarlas es el de la humedad disponible del suelo (0.6) en dos de cuatro unidades, esto se refleja en una disminución de las ganancias brutas. Sin embargo, esta no fue la causante de las rentabilidades negativas encontradas y se concluye que es el precio de sustentación el que impide que estas tierras sean aptas para cosechar maíz para grano en las condiciones estipuladas.

El Aquic Vertic Hapludalf debido a su baja infiltración y condiciones de difícil enraizamiento

to no está capacitado para ser utilizado en maíz y tampoco amerita un exámen económico.

3. Cultivo de cebada para grano

La cebada presenta rentabilidad en cuatro de las cinco unidades de tierra analizadas.

A partir de una variedad tolerante a royas y con una densidad de plantas de 1'800.000/ha se pueden alcanzar rendimientos potenciales de 5 t/ha en un sistema de riego (T. Dystrandept) y 3 t/ha en uno sin riego (resto de suelos), con la posibilidad de programar dos cosechas anuales.

Para un precio de \$150.000 por tonelada de grano de alto puntaje, si no hay restricciones ambientales, se puede llegar a una ganancia bruta de \$900.000 y hasta \$1'500.000/ha-año.

Los costos variables por concepto de mantenimiento y/o recuperación del suelo son muy inferiores a los de maíz y varían entre \$30.000 y \$75.000/ha-año; las diferencias de un suelo a otro por este concepto dependen esencialmente de criterios de fertilización y adecuación del lecho de raíces.

Los costos fijos anuales relacionados con el manejo del cultivo desde la labranza hasta la cosecha se calculan en \$329.000/ha-año.

En los suelos sin restricciones significativas para cebada (T. Dystrandept y V. Hapludalf) la alta producción de grano por hectárea se refleja en la maximización de las ganancias netas anuales; estos dos valores son muy dispares porque en una de las unidades se utiliza riego para incrementar en un 70% el rendimiento y su lecho de raíces no exige aplicaciones suplementarias de abonos orgánicos, que a su vez disminuyen los costos.

En los suelos con mas impedimentos para las plantas (T. Hapludalf, T. Dystropept y Aq. Hapludalf), se esperan reducciones del rendimiento entre 30 y 70% por déficit de agua, restricción radicular e insuficiencia de oxígeno; mientras que el número de unidades de insumos

para superar en alguna medida estos problemas se tiende a duplicar con respecto al mejor suelo. Por estas razones las ganancias concretadas son de tercer orden (S3) y en un caso estas limitaciones no se pueden superar a corto plazo para obtener utilidades (n1).

BIBLIOGRAFIA

1. BUNTING, E.S. Assessments of the effects on yield of variations in climate and soil characteristics for twenty crop species. Bogor : ITC, 1981. 58 p.
2. FRIED, M. and BROESHART, H. The soil-plant system in relation to inorganic nutrition. New York : Academic Press, 1967. 358 p.
3. INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI". Metodología para levantamientos edafológicos. Segunda parte: Especificaciones y manual de procedimientos. Bogotá, 1986. 82 p.
4. KNOX, E. Indice de productividad. Bogotá : IGAC. 1975?, 29 p.(mimeografiado)
5. MADERO, E. Notas de clase de la cátedra de fertilidad y manejo de suelos. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 1990. 50 p. (mimeografiado).
6. MADERO, E. y BRITO, M. Avances en la fertilización de cebada. En: Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo, 5, Cartagena-Colombia, 1989. (mimeografiado).
7. MEJIA, L. Características y taxonomía de algunos suelos modales del altiplano Cundi-Boyacense. Revista Suelos Ecuatoriales. Vol. 17, No. 2(198-7); p. 317.
8. ROSITER, D.G. and WAMBEKE, A.R. Automated Land Evaluation System, ALES, versión 2.2 User's Manual. Ithaca : Cornell University, 1989.
9. SYS, C. Land evaluation (Parts I,II, III and Appendices). Brussels : Cooperation and Development, 1985. (Publications Agricoles 7).
10. VILLOTA, H. Geomorfología descriptiva de la cuenca del río Bogotá. Bogotá : CIAF, 1981. 11 p.