

UN METODO PARA EVALUAR LA APTITUD DE LAS TIERRAS CON FINES DE RIEGO Y DRENAJE ***

Gloria Arevalo V.*

Pedro J. Botero **

COMPENDIO

Se planteó una metodología para clasificar la aptitud de las tierras para uso bajo riego y drenaje como base para crear alternativas de manejo. La metodología propone agrupar los suelos en Unidades de Manejo de Tierras (UMAT) como unidades cartográficas y ecológicas similares en cuanto a necesidad de manejo. Son éstas las que se evalúan con respecto a un (os) Tipos de Manejo bajo Riego (TMR) a través de cualidades de la tierra. Cada cualidad incluye características del suelo y requerimiento de manejo de riego. El acercamiento entre las condiciones de la tierra y los requerimientos de manejo del riego definen la clase de aptitud. Sobre las tierras con mejor aptitud para determinado método de riego se reevalúa en cuanto a su aptitud para la producción de cultivos denominado Tipo de Uso de la Tierra (TUT). Se pueden establecer alternativas de manejo y mejoramiento para encontrar la aptitud potencial.

ABSTRACT

A land capability classification method for irrigated and drained lands was outlined in order to build up management alternatives. This methodology suggests the grouping of soils in Land Management Units (LMU) as cartographical and ecological units similar in its management needs. These units are those evaluated with respect to Irrigation Management Types (ITM) taking account of land qualities which relate to soil physical and chemical characteristics and the irrigation management requirements. The enclosure of land conditions and its irrigation management requirement defines the land capability class. Lands with the best land capability for irrigation are afterwards reevaluated from the crop production stand point, leading to a new group named Land Use Type. This methodology allows to choose several alternatives for the proper land use under irrigation practices without damaging soil and water resources.

1. INTRODUCCION

Los sistemas de clasificación de tierras se han desarrollado de acuerdo con el nivel de conocimientos, experiencia y necesidades de sociedades en un momento histórico, para ayudar al uso, manejo y planificación de las mismas.

En Colombia, las zonas planas agrícola-mente explotables y mecanizables, se encuentran en la zona de influencia de los ríos y corresponden a aproximadamente 7'400.000 ha, 6.7 o/o del país (Cortés, 1982) de las cuales se explotan 600.000 lo que co-

rresponde al 0.08 o/o del área potencial (Forero, 1986), sin contar las zonas de ladera y piedemonte en las que se puede usar riego en condiciones especiales. El problema de manejo de estas tierras hace indispensable el desarrollo de metodologías de evaluación de recursos para planear adecuadamente la agricultura de riego y que permitan hacer predicciones con alto grado de confiabilidad.

Este trabajo pretendió lograr una metodología de evaluación de tierras para riego, buscando optimizar la utilización de los recursos suelo y agua.

* Profesor Universidad Nacional de Colombia. A. A. 237, Palmira

** Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Cra. 30 No. 48-51 Sub. Inv. y Doc. Bogotá, Colombia.

*** Trabajo realizado con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y la colaboración de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Río Cauca - C. V. C.

2. METODOLOGIA

El método de trabajo consistió en escoger parámetros del suelo con relación al manejo de aguas, que son con los que más ampliamente se trabaja en materia de riego, y definir una metodología específica de evaluación de tierras con base en los criterios establecidos por FAO (1976 y 1985).

Para probarla paralelamente se aplicó en una zona en particular, siguiendo los pasos que se mencionan a continuación: definición de los conceptos que involucra la metodología, selección del área de aplicación para prueba de la metodología, recopilación de la información básica en relación con aspectos físico-bióticos y socio-económicos, planteamiento de un modelo simplificado en términos cuantitativos, que muestra la estructura y componentes de los recursos y su interacción; identificación de aspectos y problemas relacionados con el riego y el drenaje, con el fin de definir las cualidades que evalúe la tierra; establecimiento de la relación entre características y las cualidades de los recursos suelo y agua, definición y valoración de Tipos de Manejo de Riego (TMR), definición y valoración de Unidades de Manejo de la Tierra (UMAT), establecimiento de niveles de manejo, escogencia y valoración de los Tipos de Uso de la Tierra (TUT), determinación de las clases de aptitud según el TMR, establecimiento de niveles de mejoramiento y determinación de clases de aptitud para riego y drenaje.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Definición de conceptos que se involucran en la metodología

Se parte del hecho que el suelo y la tierra son conceptos diferentes. El suelo es un cuerpo tridimensional dispuesto sobre la superficie de la tierra, con características propias que son el resultado de la interacción de factores como clima, relieve y organismos que actúan a través del tiempo (Cortés y Malagón, 1983). La tierra son todos los atributos naturales de

un sitio determinado incluidos los resultados de la actividad humana, en la medida que ejerzan influencia potencial en el uso de la misma (FAO, 1985).

3.2. Modelo de evaluación de tierras para riego

Con base en la recopilación de información básica y el establecimiento de necesidades de manejo de riego y drenaje se estableció el modelo de evaluación que muestra los pasos para encontrar la aptitud de las tierras para uso bajo riego (Fig. 1).

3.3. Unidades de Manejo de Tierras (UMAT)

Un UMAT es un área ecológica con características similares que determinan su uso y manejo. Con base en los estudios de suelo, clima y uso de la tierra y factores de tipo socio-económico se definen las Unidades de Manejo de Tierra UMAT. Dichas unidades agrupan suelos similares en cuanto a necesidad o facilidad de manejo, estableciendo categorías. La categoría más alta conforma los grandes grupos y se refiere a suelos afectados por el mismo problema. Ejemplo: sales y sodio, encharcamiento o inundación, aspecto social, accesibilidad, etc. Las categorías inferiores se establecen teniendo en cuenta aspectos como erosión, pedregosidad, estabilidad, pendientes, etc. Esta categoría está relacionada con la serie taxonómica o con la fase cartográfica.

3.4. Cualidades de la Tierra

Una cualidad es un atributo complejo que depende de sus características y que actúa como factor independiente en el comportamiento de la tierra para un fin específico (Forero, 1987). Las cualidades a través de las cuales se establece la aptitud de la tierra con respecto a un Tipo de Manejo de Riego (TMR) o método de riego, son: disponibilidad y calidad del agua para riego, adecuación de la topografía al riego, riesgo de compactación del suelo, drenabilidad, manejo de sales y/o sodio, riesgo de pér-

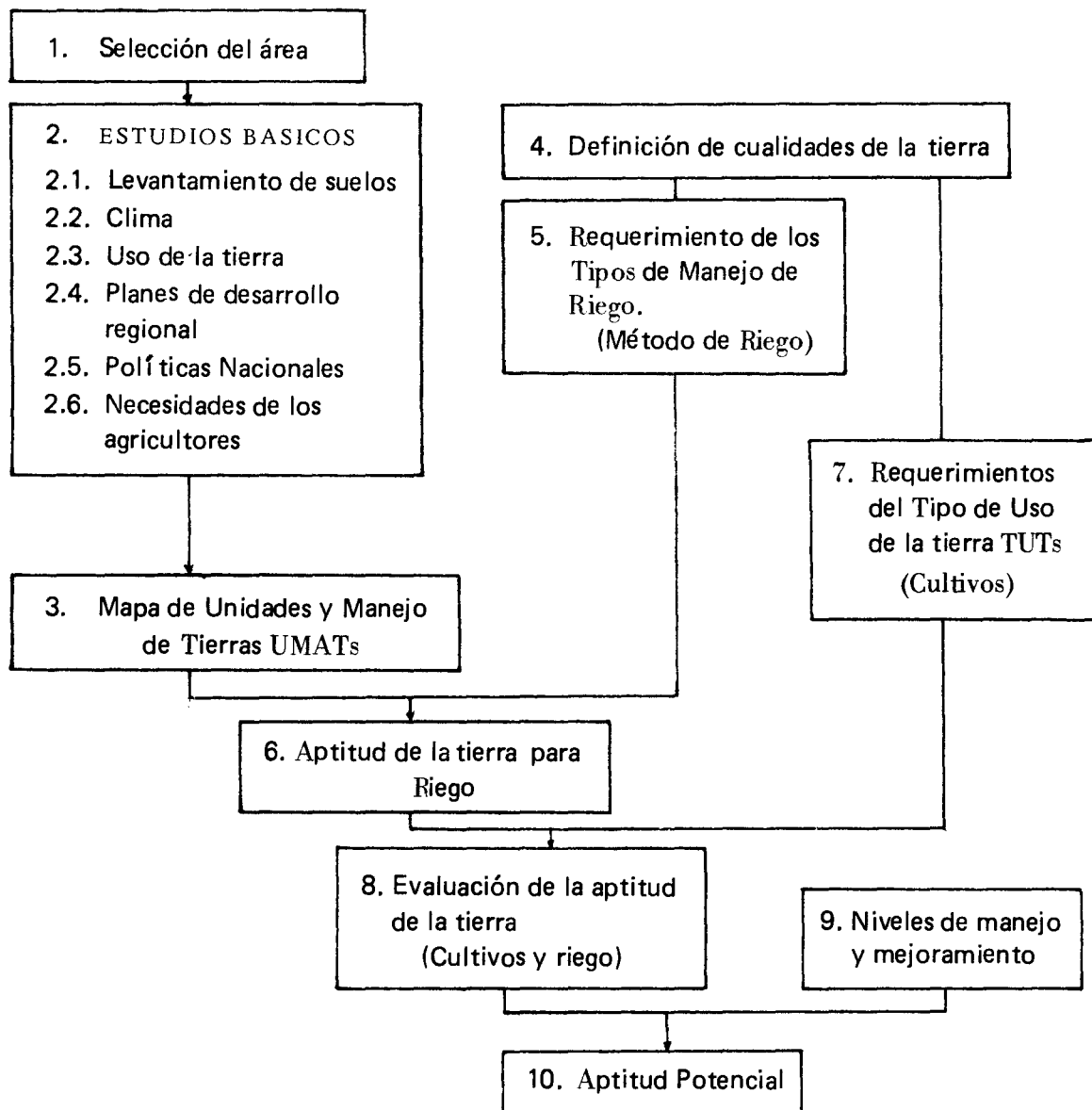


Fig. 1. Modelo de evaluación de tierras para riego

dida de agua por percolación profunda, riesgo de inundación y/o encharcamiento y facilidad de mecanización.

Las cualidades con las que se evalúa la tierra con respecto al cultivo a establecer ó Tipo de Uso de la Tierra (TUT) son: disponibilidad de nutrientes en el suelo, disponibilidad de agua en el suelo, disponibilidad de O_2 , presencia de sales y/o sodio, riesgo de salinización ó sodización y riesgo de formación de costra.

Para convertir las características de la tierra en términos de cualidad se diseñaron los Cuadros 1 a 14 para cada caso, dentro de las que se establecen rangos cualitativos. Para convertirlos a términos numéricos se usaron los Cuadros 15 y 16.

3.5. Tipos de Manejo Bajo Riego (TMR)

Se tuvo en cuenta la definición de manejo como el proceso de conducir y usar un recurso hacia el mantenimiento y/o mejoramiento de sus condiciones y aumento de productividad en forma sostenida; y como tipo de manejo al conjunto de prácticas que definen el manejo de una unidad de tierra (UMAT) para producir este resultado. Los métodos de riego se definen en términos de Tipo de Manejo bajo Riego (TMR), los cuales tienen unos requisitos de manejo expresados en términos de cualidades, (Cuadro 17) donde A-1 expresa el máximo requerimiento y A-4 el mínimo.

3.6. Calificación de los UMAT con respecto a los TMR

Con base en las características de cada UMAT y usando los Cuadros 1 a 8 se cualifican y cuantifican sus condiciones. La calificación va de 1 (condición óptima) a 4 (menos favorable). El número 5 indica que la Unidad de tierra tiene condiciones demasiado restringidas para determinar su aptitud.

3.7. Aptitud del UMAT para los diferentes Tipos de Manejo de Riego (TMR)

La aptitud se define como el grado de adaptación de la tierra a un tipo de manejo bajo

riego específico (FAO, 1985). Para encontrarla se mide el grado de acercamiento entre la calificación dada al UMAT (Cuadro 18 como ejemplo) y los requerimientos del TMR. El resultado define la clase de aptitud para un método de riego en particular.

3.7.1. Clase de aptitud

Se establecen 5 clases de aptitud así: (1) óptima sin limitación para establecer un método de riego, (2) regular, con limitaciones moderadas por lo que la necesidad de realizar una inversión de capital es moderada, (3) restringida, con fuertes limitaciones pero en las que todavía se justifica hacer uso del riego ya que garantiza un aumento en la producción (4) muy restringida con limitaciones severas pero susceptibles de mejoramiento mediante prácticas de manejo de gran magnitud y (5) no apta con condiciones que impiden ejercer la práctica del riego.

3.7.2. Subclases de aptitud

Reflejan la limitación y se expresan mediante letras minúsculas así: limitación por agua (a), por condición topográfica (t), por riesgo de compactación (c), por mala drenabilidad (d), en el manejo de sales y/o sodio (s), por riesgo de encharcamiento ó inundación (i), por pérdida de agua a profundidad (p) y limitación para mecanización (m).

3.8. Aptitud potencial de la tierra para riego

Se evalúa la aptitud potencial de la tierra teniendo en cuenta los niveles de manejo. Quiere decir que para cada nivel de manejo se espera que la tierra tenga una clase diferente a la que se encontró para condiciones naturales. Entre mayor sea la diferencia de clase, existe mayor justificación para realizar la (s) práctica (s) de manejo.

La evaluación de la aptitud potencial de la tierra se hace al introducir niveles de manejo. Para ello se identifican las causas que generan

Cuadro 1

Características que definen la cualidad de disponibilidad y calidad de agua de riego

Factor evaluado	Grado de aptitud			
	Alta	Media	Baja	Muy baja
(1) Caudal disponible (Qd) en la época del cultivo	$Qd \gg Etp^*$	$Qd > Etp$	$Qd = Etp$	$Qd < Etp$
(2) Calidad de agua de riego:				
- Según USDA	C_1, C_2, S_1	C_3, S_2	C_4, S_3	S_4
- Según FAO adaptado (grado de restricción)	Ninguno a ligero	moderado	fuerte	severa
(3) Necesidad de lavado (o/o)	Menor de 5 baja	de 5 a 30 media	Mayor de 30 Alta	

* Caudal disponible y evapotranspiración potencial

Cuadro 2

Características que definen la cualidad de adecuación de topografía al riego

Factor evaluador	Grado de aptitud			
	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
(1) Topografía pendiente (o/o)	menor de 1	1 - 3	3 - 7	7 - 20
- Forma de la pendiente	Uniforme	Convexa	Concava	microlieve
(2) necesidad de nivelación				ondulado
Promedio de corte y relleno (cm)	menos de 7.5	7.5 - 15	15 - 30	mayor de 30
- Movimiento de tierra (m^3/ha) (cuando la pendiente es menor del 3 o/o)	menos de 100	100 - 400	400 - 800	800 - 1.500
- Profundidad efectiva	Profundo a muy profundo	Moderadamente profundo	Superficial	Muy superficial

las limitaciones y se define el grado de tecnología e inversión de capital necesario para modificar las condiciones ó características que crean la limitación.

Se establecen niveles de manejo para las cualidades limitantes que puedan cambiar y se definen según el grado de inversión y la facilidad en el control, siendo 1 el más bajo y 2 el más alto. Las limitaciones que se pueden superar son:

3.8.1. Disponibilidad de agua

Nivel 1: implica apertura de pozos subterráneos. Se debe sustentar sobre la base de un estudio hidrogeológico y económico. Nivel 2: transvases de cuencas afecta a zonas más extensas como una cuenca hidrográfica y su ejecución implica estudios complejos de manejo de agua y planes de desarrollo regional.

3.8.2. Condición topográfica

Nivel 1: implica movimiento de tierra menor de $600 \text{ m}^3/\text{ha}$ con pendiente en un sentido y eliminación de la pendiente transversal. Nivel 2: movimiento de tierras $> \text{de } 600 \text{ m}^3/\text{ha}$, con grado de nivelación casi cero en pendientes naturales menores de 1 o/o o terraceo en pendientes naturales mayores del 5 o/o.

3.8.3. Riesgo de compactación

Se pueden disminuir pero no eliminar. Nivel 1: uso de maquinaria adaptada, como tractor de orugas o ruedas muy anchas. Labranza mínima y maquinaria menos pesada. Nivel 2: uso de maquinaria cuando el suelo tenga el contenido óptimo de humedad por debajo del límite plástico.

3.8.4. Drenabilidad

Nivel 1: nivelación para uniformizar pendiente y crear gradiente para evacuación de agua; apertura de canales superficiales a menos de 1 m de profundidad y con más de 100 m de espaciamiento. Nivel 2: red de dre-

naje intenso a mayor profundidad y menor espaciamiento que nivel 1 ó necesidad de bombeo del agua de drenaje.

3.8.5. Condición de sales y/o sodio

Nivel 1: drenaje superficial y nivelación para uniformizar pendiente; lavado con láminas abundantes, cultivos de inundación y requerimiento de lavado menor del 30 o/o del volumen total aplicado. Nivel 2: prácticas del nivel 1 y aplicación de enmiendas equivalentes a más de 2.7 t de azufre por hectárea.

3.8.6. Inundación y/o encharcamiento

Nivel 1: construcción de canales, diques o jarillones en las riberas, los cauces o control de caudales mediante construcción de embalses. Nivel 2: control de encharcamiento por nivelación. Si es por ascenso del nivel freático, drenaje subterráneo de acuerdo con la magnitud del problema.

Las condiciones que generan lo que en esta metodología se ha definido como la cualidad de pérdida de agua por percolación profunda y facilidad de mecanización, no son susceptibles de mejoramiento.

La finalidad de aplicar riego es la de mejorar la productividad y hasta ahora solo se ha encontrado la aptitud de la tierra para un (os) métodos de riego. Con ello se crean alternativas para la mejor aplicación del riego, pero no se ha tenido en cuenta el cultivo. Se seleccionan los métodos para los cuales la tierra tiene mejor aptitud y se procede a evaluar la aptitud de la tierra hacia el producto final que es el cultivo denominado TUT.

3.9. Tipos de Uso de la Tierra (TUT)

FAO (1985) lo definió como el Uso de la Tierra dentro de un contexto físico, social y económico dado. En el caso de la evaluación de la aptitud para riego, el TUT se define como el cultivo o producto final que se quiere obtener en un sistema de producción bajo riego.

Cuadro 3
Características que definen la cualidad riesgo de compactación del suelo

Factor evaluador	Grado de Riesgo		
	Alto	Medio	Bajo
(1) Estabilidad estructural (de los primeros 30 cm)	Menor de 1.5	1.5 a 3	Mayor de 3
- Diámetro ponderado medio (mm) DPM)	Bajo	Medio	Alto
- Estado de agregación (EA) o/o	Menor de 60(Bajo)	60 a 80(Medio)	Mayor de 80(Alto)
(2) Grado de la estructura (en los primeros 30 cm)	Débil	Moderada	Fuerte
(3) Porosidad de aireación (o/o) (en los primeros 30 cm)	Menor de 10	10 a 20	Mayor de 20
(4) Sistema de labranza usado	Convencional	Mínima	Cero
(5) Densidad aparente (gm/cc) (en los primeros 30 cm) si:			
Textura gruesa: recién labrado	1.8 - 1.60	1.6 - 1.45	Menor de 1.45
Suelo en condiciones naturales	Mayor de 1.8	1.8 - 1.65	Menor de 1.65
Textura media: recién labrado	1.6 - 1.3	1.3 - 1.5	Menor de 1.15
Suelo en condiciones naturales	Mayor de 1.7	1.7 - 1.5	Menor de 1.5
Textura fina: recién labrado	1.40 - 1.2	1.2 - 1.05	Menor de 1.05
Suelo en condiciones naturales	Mayor de 1.6	1.6 - 1.45	Menor de 1.45

Cuadro 4
Características que definen la cualidad de manejo de las sales y/o sodio en el suelo

Factor evaluador	Grado de facilidad de manejo		
	Alto	Medio	Bajo
(1) Desalinización			
Necesidad de lavado más del 30 o/o del volumen total aplicado	lb (mm/h) *KH (cm/h)	de 57.5 a 12.5 de 7.6 a 1.8	12.5 - 5 1.8 - 0.25
de 30 a 5 o/o del volumen total aplicado	lb (mm/h) KH (cm/h)	Mayor de 37.5 Mayor de 7.62	37.5 - 12.5 7.62 - 1.8
Menor de 5 o/o del volumen total aplicado o sin necesidad	lb (mm/h) KH (cm/h)	de 12.5 a 37.5 de 1.8 a 7.62	Menor de 12.5 Menor de 1.8
(2) Desodización			
Requerimiento de azufre en Ton/Ha (para suelos sódicos)	Menor 2.7	de 2.7 a 3.5	Mayor de 3.5

* lb : Infiltración básica

KH : Conductividad hidráulica saturada

Cuadro 5

Características que definen la cualidad "drenabilidad"

Factor evaluador	Drenabilidad		
	Alta	Media	Baja
(1) Drenaje superficial			
a) Forma del relieve	Convexa y plano-convexa	Plano y plano-cóncavo	Cóncavo
b) Forma del terreno (de la leyenda mapa suelos)			Basín
Pendiente (o/o) microrelieve	Mayor de 1 nivelado	1 a 0.5 moderado	Menor de 0.5 irregular
(2) Drenaje subsuperficial			
a) Drenaje interno	Bueno	Moderado	Lento a muy lento o excesivo
b) Conductividad hidráulica (cm/h)	7.62 a 2.54	2.54 a 0.25	Menor de 0.25 o mayor de 7.62
c) P. S. I.			
- Suelos con Ar 2:1	Menor de 6	de 6 a 8	Mayor de 8
- Otros	Menor de 10	de 10 a 15	Mayor de 15
d) Macroporosidad (o/o)	Mayor de 20	de 20 a 10	Menor de 10
e) Profundidad del nivel freático durante la época de lluvia (cm)			
- Textura arenosa	Mayor de 80	de 80 a 40	Menor de 40
- Textura ArL	Mayor de 120	de 120 a 60	Menor de 60
- Textura arcillosa	Mayor de 100	de 100 a 50	Menor de 50

Cuadro 6

Características que definen la cualidad de riesgo de pérdida de agua por percolación profunda

Grado de riesgo	Factor evaluador
Alto Pérdidas > 35 o/o	<p>(1) Familia textural</p> <p>a. Fragmental</p> <p>b. Esqueletal arenosa</p> <p>c. Esqueletal medial</p> <p>d. Arenosa (arena de diámetro 2 a 0.25 mm)</p> <p>(2) Contraste textural</p> <p>a. Cualquiera de las siguientes sobre arena: Ceniza volcánica, esqueletal franco, esqueletal arcilloso, limo grueso, limo fino, franco fino.</p> <p>b. Cualquiera de los siguientes sobre esqueletal arenoso: Ceniza volcánica, medial, limo grueso, limo fino y franco fino</p> <p>c. Cualquiera de los siguientes sobre fragmental: Esqueletal franco, medial, franco fino, limo fino</p> <p>d. Arcilloso sobre esqueletal franco</p> <p>(3) Conductividad hidráulica: (no saturada) mayor de 0.3 cm/h (del horizonte menos permeable entre 25 y 120 cm).</p>
Medio Pérdidas entre 10 y 35 o/o	<p>(1) Familia textural</p> <p>a. Arenosa fina (arena de diámetro menor de 0.25 mm)</p> <p>b. Esqueletal franca</p> <p>c. Esqueletal arcillosa</p> <p>d. Franco gruesa</p> <p>(2) Contrastes texturales</p> <p>a. Medial sobre esqueletal franco</p> <p>b. Arcilloso sobre franco</p> <p>c. Arcilla sobre limo fino</p> <p>(3) Conductividad hidráulica: (no saturada) entre 0.3 y 0.05 cm/h (del horizonte menos permeable entre 25 y 120 cm).</p>
Bajo Pérdidas menores del 10 o/o	<p>(1) Familia textural</p> <p>Franca fina o más fina</p> <p>(2) Sin contrastes texturales sobre capas más gruesas que la suprayacente</p> <p>(3) Conductividad hidráulica: (no saturada) menor de 0.05 cm/h (del horizonte menos permeable entre 25 y 120 cm).</p>

Cuadro 7

Características que definen la cualidad de riesgo de inundación y/o encharcamiento

Factor evaluador	Grado de riesgo		
	Alto	Moderado	Bajo
(1) Frecuencia de inundaciones	Frecuentes irregulares regulares	Ocasionales o superior a 1 en 5 años	Poco probables (1 en 10 años)
(2) Altura del nivel freático en época de lluvias (cm)	Menos de 30	30 a 50	más de 50
(3) Conductividad hidráulica de los primeros 50 cm (cm/h) (saturada)			
- Terreno nivelado	Menos de 0.25	0.25 a 7.6	Más de 7.6
- Terreno con microrelieve irregular	Menos de 2	2 a 12.5	Más de 12.5

Cuadro 8

Características que definen la cualidad de facilidad de mecanización

Factor evaluador	Grado de facilidad			
	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
(1) Pendiente o/o	Menor de 3	3 - 7	7 - 12	12 - 25
(2) Profundidad del material consolidado (cm)	Mayor de 100	100 - 50	50 - 20	Menor de 20
(3) Profundidad del material compacto (cm)	Mayor de 100	100 - 50	50 - 20	Menor de 20
(4) Material grueso de diámetro 0.2 a 25 cm, en los primeros 20 cm (o/o por volumen)	Menor de 5	5 - 20	20 - 35	Mayor de 35
(5) Fragmentos muy gruesos (de 25 a 60 cm de diámetro), sobre la superficie o hasta los 50 cm de profundidad (distancia en m.)	Mayor de 30	30 - 10	10 - 2	Menor de 2
(6) Area mínima de los lotes (ha)	Mayor de 10	10 - 5	5 - 1	Menor de 1
(7) Duración de inundación y/o encharcamiento (días/año)	Menor de 10	10 - 30	30 - 180	180 - 270
(8) Riesgo de compactación	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
(9) Duración del nivel freático por encima de los 50 cm de profundidad (días/año)	Menor de 10	10 - 30	30 - 180	180 - 270

Cuadro 9

Características que definen la cualidad de disponibilidad de nutrientes en el suelo

Factor evaluador	Disponibilidad		
	Alta	Media	Baja
(1) Apreciación de la fertilidad*	Muy alta a alta	Moderada	Baja a muy baja
Calificación de la fertilidad*	Mayor de 6.8	6.7 a 5.2	Menor de 5.2
(2) Relación (Ca + Mg)/K	Menor de 40	40 a 150	Mayor de 150
(3) Relación Ca/Mg	de 2 a 4	de 1 a 2 ó de 4 a 10	Menor de 1 ó mayor de 10

* De acuerdo a Ortega , 1987.

Cuadro 10

Características que definen la cualidad de disponibilidad de agua

Factor evaluador	Disponibilidad		
	Alta	Media	Baja
(1) Lámina de agua retenida por el suelo (cm por m de suelo)	Mayor de 15.1	5.1 a 15	Menor de 5.0
(2) Familia de infiltración del suelo	Media	Alta	Baja
Infiltración básica (mm/hora)	12.5 a 37.5	Mayor de 37.5	Menor de 12.5
(3) Conductividad hidráulica (cm/h)	Menor de 1.50	7.6 a 2.5	Mayor de 7.62
(4) Posición del nivel freático en la época de riego (cm)*			
- Suelos de textura medias	80 a 120	120 a 150	Más de 50
- Suelos de textura gruesas y pesada	100 a 60	100 a 120	Más de 120
- Suelos con problemas de sales y/o sodio	40 a 60	80 a 100	Más de 100

* Si la calidad del agua es normal. Cuando se trata de aguas salinas o en peligro de sodización para el suelo, las restricciones de profundidad del nivel freático se incrementan en 30 cm para evitar el ascenso capilar de las sales.

Cuadro 11

Características que definen la cualidad de disponibilidad de oxígeno

Factor evaluador	Disponibilidad		
	Alta	Media	Baja
(1) Drenaje natural	Excesivamente a bien drenados	Bien moderadamente drenados	Imperfectamente pobre a muy pobremente drenados
(2) Color del suelo	- Rojos - Amarillos fuertes - Pardos muy pálido a pardos muy oscuros - Blancos	- Amarillos tenues y valores mayores de 1	- Grises o intensidades de 1 y valores de 2.5 a 7.5 (Munsell) - Moteados grises pardos y amarillos
(3) Porosidad de aireación hasta los 30 cm (o/o)	Mayor de 20	10 - 20	Menor de 10
(4) Posición del nivel freático (cm)	Más de 120 durante todo el año	de 60 a 120 en alguna parte del año	Menor de 60 en alguna parte del año
(5) Posición de la capa impermeable (cm)	Mayor de 300	300 - 150	Menor de 150
(6) Riesgo de inundación o encharcamiento	Menos de 1 cada 5 años	1 cada 3 años	1 al año

Cuadro 12

Características que determinan presencia de sales y/o en el suelo

Factor evaluador	Grado de Restricción			
	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
	Profundidad a que se encuentra en (cm)			
SALES				
CE (dS/m)				
más de 16	Menos de 25	25 - 50	50 a 100	Más de 100
16 - 8		Menos de 25	25 a 50	Más de 50
8 - 4			Menos de 25	Más de 25
4 - 2				Menos de 25
Menos de 2	No hay	No hay	No hay	No hay
SODIO				
P. S. I				
más de 50	Menos de 25	25 - 50	50 - 100	Más de 100
50 - 15		Menos de 250	25 - 50	Más de 50
15 - 7			Menos de 25	Más de 25
Menos de 7	No hay	No hay	No hay	No hay

Cuadro 13

Características que definen la cualidad de riesgo de salinización y/o sodización del suelo

Factor evaluador	Grado de riesgo		
	Alto	Medio	Bajo
(1) SUELO			
a) Infiltración básica (mm/h)	Menos de 5	5 a 12.5	Más de 12.5
b) Conductividad hidráulica (m/día)	Menos de 0.5	0.5 a 3	Más de 3
(2) NIVEL FREÁTICO			
Profundidad (cm)			
Si agua freática es normal			
- Suelo de textura fina o gruesa	Menos de 60	60 a 90	Más de 90
- Suelos de textura media	Menos de 100	100 a 150	Más de 150
Si la calidad del agua freática no es normal			
- Suelo de textura fina o gruesa	Menos de 120	120 a 150	Más de 150
- Suelo de textura media	Menos de 150	150 a 200	Más de 200
(3) DRENABILIDAD	Baja	Media	Alta
(4) ESTRATO DE SUELO entre 50 y 100 cm CE o (dS/m)			
P. S. I.	Más de 4	4 a 2	Menos de 2
	Más de 15	15 a 8	Menos de 8
(5) CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO			
- Calificación según (FAO, 85) modificado	2 - 1	1 - 0.5	0.5
- Carbonato de sodio residual (CRS) (mg/l)	> 2.5	1.25 - 3.5	< 1.25
- Clase de agua según USDA	C ₄ y C ₃	C ₂	C ₁
Peligro de salinidad			
Peligro de sodicidad	S ₄ y S ₃	S ₂	S ₁
(6) BALANCE HIDRICO			
Precipitación efectiva mayor que la evapotranspiración (meses/año)	Menos de 2	2 a 6	Más de 6

Cuadro 14

Características que definen la cualidad de riesgo de formación de costra

Factor evaluador	Grado de riesgo		
	Alto	Medio	Bajo
Si o/o M. O es más de 3 o/o y la capa superficial tiene:			
(1) Textura*	FAr, ArL, FL, L	FArL, Ar	A, AF, FA, F
(2) o/o de limo	Mayor de 30		
(3) Tipo de arcilla	2:1 expandible	1:1	Micas
(4) o/o de carbonato de calcio	Mayor de 18		
(5) P S I	Mayor de 40	40 - 15	Menor de 15
Si o/o de M.O es menos de 3 o/o y la capa superficial tiene:			
(1) Textura*	FArL, ArL, FAr, FL	FA, F, Ar	A, AF
(2) o/o de limo	Mayor de 30		
(3) Tipo de arcilla	2:1 expandible	1:1	Micas
(4) o/o de carbonato de calcio	Mayor de 25	25 - 18	Menor de 18
(5) P S I	Mayor de 15	15 - 8	Menor de 8

* Explicación de los términos de textura:

A= Arenoso, AF= Arenoso franco, FA= Franco Arenoso, F= Franco arcilloso, ArL = Arcilloso limoso

Cuadro 15

Calificación de las cualidades que identifican los Tipos de Manejo de Riego

Cualidad	Grado	Calificación
1. Disponibilidad y calidad del agua	Alta	1
	Media	2
	Baja	3
	Muy baja	4
2. Adecuación de la topografía al riego	Alta	1
	Media	2
	Baja	3
	Muy baja	4
3. Riesgo de compactación	Bajo	1
	Medio	2
	Alto	3
	Muy alto	4
4. Drenabilidad	Alto	1
	Medio	2
	Bajo	3
	Muy bajo	4
5. Efectividad en el manejo de sales y/o sodio en el suelo*	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
	Muy alta	4
6. Pérdida de agua por percolación profunda	Bajo	1
	Medio	2
	Alto	3
	Muy alto	4
7. Riesgo de inundación y/o encharcamiento	Bajo	1
	Medio	2
	Alto	3
	Muy alto	4
8. Posibilidad de mecanización	Alto	1
	Medio	2
	Bajo	3
	Muy bajo	4

* Entre mas efectivo sea el método para control y lavado de sales y/o sodio se pueden adaptar a tierras afectadas con un grado más alto de salinidad y/o sodicidad.

Cuadro 16

Calificación de las cualidades que identifican los TUTs

Cualidad	Grado	Calificación
1. Disponibilidad de nutrientes	Alto	1
	Medio	2
	Bajo	3
2. Disponibilidad de agua en el suelo	Alto	1
	Medio	2
	Bajo	3
3. Disponibilidad de oxígeno	Alto	1
	Medio	2
	Bajo	3
4. Presencia de sales y/o sodio	Bajo	1
	Medio	2
	Alto	3
5. Riesgo de salinización y/o sodización	Bajo	1
	Medio	2
	Alto	3
6. Riesgo de formación de costra superficial	Bajo	1
	Medio	2
	Alto	3

Quadro 17
Requerimientos en términos de cualidades de cada método de riego

Método de riego	Disponibilidad de agua				Adecuación de Topografía				Riesgo de compactación				Drenabilidad				Sales y/o sodio (manejo)				Percolación profunda				Inundación y/o encharcam.				Posibilidad de mecanización			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
1. Desbordamiento	1	2	2	3	2	3	4	4	2	3	4	4	1	2	3	4	1	2	2	3	2	2	3	4	2	3	3	4	2	3	3	4
2. Inundación	1	1	2	3	2	3	3	4	2	2	3	3	2	3	4	4	2	3	3	4	1	1	2	3	2	3	3	4	1	2	3	4
3. Melgas rectangulares	1	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	2	3	1	2	3	4	2	2	3	4	1	1	2	3
4. Melgas en contorno	1	1	2	3	2	2	3	4	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	2	3	1	1	2	3	2	2	2	3	1	1	2	3
5. Pozas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	2	2	3	4	2	2	3	4	1	2	3	4	1	1	2	3
6. Corrugación	1	2	3	4	2	2	3	3	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	1	2	3
7. Surcos rectos	1	2	3	4	2	2	3	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	1	2	3
8. Surcos en contorno	2	2	3	3	2	2	3	4	2	3	4	5	1	2	3	4	1	1	2	3	2	2	3	4	1	2	3	4	2	3	4	4
9. Aspersión	2	3	3	4	3	4	5	5	2	3	3	4	2	3	4	5	3	3	4	4	2	3	3	4	1	1	2	3	2	3	4	5
10. Goteo	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	3	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	1	2	3	4	5	5	5	5

Cuadro 18

Condición de los UMAT (de un sector del Valle del Cauca) con respecto a las cualidades que evalúan su aptitud y con diferentes niveles de manejo**

Calidad a evaluar	Disponibilidad de agua para riego			Adecuación de topografía al riego			Riesgo de compactación			Drenabilidad			Condición de salinidad y/o sodio			Percolación profunda			Inundación y/o encharcamiento			Posibilidad de mecanización		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Condición de manejo*																								
Unidad de tierra																								
A ₁	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1	2	2	2
A ₂	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
A ₃	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
A ₄	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A ₅	1	1	1	3	2	1	2	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A ₆	1	1	1	3	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B ₁	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
B ₂	1	1	1	3	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
C ₁	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	3	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
C ₂	3	2	1	2	1	1	1	1	1	3	2	2	4	3	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2
C ₃	2	1	1	3	2	1	2	1	1	3	2	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D ₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1
D ₂	1	1	1	3	2	1	2	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1
D ₃	1	1	1	3	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1

* Condición de manejo: 1. Condición actual de la tierra
2. Condición de la tierra al nivel de manejo 1
3. Condición de la tierra al nivel de manejo 2

** Tomado de Arévalo, G., 1990

Cuadro 19

Requerimientos del cultivo de soya para diferentes niveles de producción

Factor	Grado Rendimiento kg/ha	Alto > 3 500	Moderado 3 500- 2 300	Bajo 2 300 - 1 900	Improductivo < 1 900
CLIMA					
Temperatura		24	(24- 27) ó (24- 22)	(27- 30) ó (22- 20)	< 20 ó > 30
Precipitación efectiva /ciclo (mm)		700	(700- 825) ó (450- 600)	825 - 1500	< 600 ó >1500
PPe/ciclo (mm)		400	(400- 470) ó (380- 400)	380 - 320	< 320 ó > 790
Epoca de mayor requerimiento de humedad		Floración y fructificación			
PROPIEDADES FISICAS DE SUELOS					
Textura		FA- FArA- FAr-FL- F		Ar	A
Profundidad efectiva (m)		> 1.25	0.60 - 1.20	< 60	
Drenaje		Bueno	Moderado a Bueno	Imperfecto	Mal drenado
Nivel freático (m)		< 1.25	1.25 - 0.50	> 0.50	
Tolerancia a inundaciones		Baja	Media		
o/o Agua aprovechable		100	10 - 75	75 - 50	< 50
Dap (gm/cc)		< 1.2	1.2 - 1.6	1.6 - 1.9	> 1.9
PROPIEDADES QUIMICAS DE SUELOS					
pH		6 - 6.5	6.0 - 5.5	5.5 - 4.3	> 8.1 ó < 4.3
CIC		36 - 23.5	23.5 - 16	16 - 9	< 9
o/o M.O		> 3	3 - 2.5	2.5 - 2	< 2
o/o C.O		> 1.74	1.74 - 1.45	1.45 - 1.16	< 1.16
REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES					
N Kg/ha		125			< 57
P kg/ha		20			< 16
ppm		> 30	30 - 22	22 - 15	< 15
K kg/ha		55			
meq/100 g		0.4	0.4 - 0.35	0.35- 0.3	< 0.3
Ca kg/ha		30			
Mg kg/ha		18			
S kg/ha		10			
RESISTENCIA A SALES Y SODIO					
PSI extracto		< 5	5 - 10	10 - 20	> 20
PSI agua de riego		< 1	1 - 2	2 - 4	> 4
C.E extracto		< 5	5 - 6.5	6.5 - 8	> 8
C.E agua de riego		<3.6	3.7 - 4.1	4.2 - 4.9	> 4.9
FERTILIZACION					
N kg/ha		0	0 - 30	30 - 70	> 70
K ₂ O kg/ha		0	0 - 20	20 - 30	40 - 60
P ₂ O ₅ kg/ha		0	0 - 20	20 - 30	30 - 45

Cuadro 20

Requerimientos de cualidades de los TUTs según la clase de aptitud

CUALIDAD	REQUERIMIENTO			
	Clase de aptitud			
	I	II	III	IV
1. Disponibilidad de nutrientes	2*	3	4	4
2. Disponibilidad de agua en el suelo	1	1	2	3
3. Disponibilidad de oxígeno	1	2	3	3
4. Presencia de sales y/o sodio	1	1	2	3
5. Riesgo de salinización o sodización	1	1	2	3
6. Riesgo de encostramiento	1	2	3	4

* El nivel 1 expresa el grado óptimo de requerimiento donde se espera la máxima producción. El número 4 indica condiciones mínimas para obtener una producción restringida. 2 y 3 son grados intermedios.

La escogencia de los TUTs se debe hacer teniendo en cuenta las necesidades de la zona en estudio, el nivel de detalle, la disponibilidad de datos confiables sobre el medio y los cultivos de tal forma que el TUT(s) seleccionado sea relevante. Se pueden agrupar cultivos con requerimientos similares de tipo físico, requerimiento de mano de obra, intensidad del capital, facilidad de mercadeo, infraestructura requerida, etc.

Una vez escogido el TUT se describen sus características en el contexto socio-económico y en el físico-biótico. En el primer caso se describe el producto, el destino de la producción, la intensidad de capital, intensidad de mano de obra por unidad de área e infraestructura de la zona con relación al TUT. En cuanto al cultivo se describe si es de tipo semestral, de rotación o continuo, perenne ó transitorio ó multiple. Además de especificar las prácticas de preparación, siembra, semilleros, trasplante, fertilizantes o insumos, cosecha, procesamiento, etc.

3.9.1. Requerimientos del TUT

Se refiere a los requisitos ó condiciones que definen la producción. Los rangos de aptitud se establecen al definir los rangos de producción, es decir que para obtener una óptima producción se necesitan condiciones definidas. Pero existen condiciones no óptimas que son aceptables ó satisfactorias y que definen los demás rangos.

A manera de ejemplo se incluye el Cuadro 19 donde se definen los requerimientos del cultivo de soya vs los niveles de producción esperados. Los rangos se establecieron con base en revisión bibliográfica.

3.9.2. Calificación de los requerimientos

Se hace con el fin de homogenizar la información y hacerla comparativa con las condiciones de la tierra. La calificación de requerimientos se realiza mediante la conversión a términos de cualidades de la tierra y la conse-

cuenta definición de los grados de limitación. Se dan valores de alto, medio y bajo a los factores que limitan la producción. Las cualidades que se tienen en cuenta para la calificación de los TUT se mencionaron en el numeral 3.4. Los grados de cada cualidad se califican de acuerdo con el Cuadro 16. Siguiendo el ejemplo de la soya se definieron los siguientes requerimientos en términos de cualidades para cada clase de aptitud (Cuadro 20).

3.10. Calificación de los UMATs con respecto a los TUTs

Las características de cada UMAT se expresan en términos cualitativos haciendo la conversión como se indica en los Cuadros 9 a 14. Una vez cualificado, se convierte a calificación como se expresa en el Cuadro 16. Dicha calificación va de 1 a 3, expresando la condición limitante en grado ascendente.

3.11. Aptitud de los UMATs para los TUTs

La aptitud se analiza en los UMAT con clases de aptitud 1 y 2 para métodos de riego (TMR específicos ó clases 3 y 4 pero con posibilidad de mejoramiento por manejo.

Al comparar los requisitos del TUT con las condiciones del UMAT se encuentran la aptitud para un cultivo bajo riego con el significado que se expresó en el numeral 3.7.

3.11.1. Clases de aptitud de los UMAT respecto a los TUT

Existen cinco clases: (I) buena, sin limitaciones para producción sostenida con producción esperada del 80 o/o o más de la óptima; (II) moderada tierras con limitantes manejables sin mayor esfuerzo y que reducen la producción esperada al 70 o/o, de la óptima; (III) restringida, con limitación fuerte que reduce al 50 o/o la producción; (IV) no apta pero susceptible a ser cambiada, se excluye de la producción sostenida donde los rendimientos esperados son menores del 50 o/o del óptimo,

pero susceptibles de cambio mediante prácticas de mejoramiento, y, (V) no apta, tierras donde no se puede lograr producción sostenida y rentable en ninguna condición.

3.11.2. Subclases de aptitud

Indican la limitación que condiciona el UMAT y se representan por letras minúsculas: limitación por nutrientes (n), por disponibilidad de agua en el suelo (b), por disponibilidad de oxígeno (o), por presencia de sales y/o sodio (s) por riesgo de salinización ó sodi-zación (v) y limitación por riesgo de encos-tramiento (e).

3.12. Aptitud potencial

La aptitud potencial se establece teniendo en cuenta lo que en el presente estudio se han denominado niveles de mejoramiento. Con ellos se contemplan soluciones una vez identificadas las causas; cada nivel de mejoramiento define un grado de tecnología e inversión de capital, para modificar las correlaciones que crean la limitación. En este caso se han definido dos niveles de mejoramiento para cada cualidad, que evalúa el o los TUT(s). Las condiciones mejorables son:

3.12.1. Disponibilidad de nutrientes

Nivel 1: aplicación de fertilizantes o abonos. Nivel 2: mejoramiento de la disponibilidad de nutrientes ajustando las relaciones entre elementos Ca/Mg/K. Esta práctica exige manejo integral de la fertilidad. También incluye el manejo de sales y sodio que se mencionaron en los niveles de manejo para control de salinidad (numeral 3.8.5).

3.12.2. Disponibilidad de agua en el suelo

Nivel 1: manejo del riego con aguas de buena calidad, frecuencias altas y láminas pequeñas en suelos con baja capacidad de infiltración. Nivel 2: mejoramiento de las condiciones del suelo para favorecer la capacidad de retener humedad. Aplicación de abonos orgánicos y control de sales y/o sodio.

3.12.3. Disponibilidad de oxígeno y presencia de sales y/o sodio

La primera tiene relación con drenaje. Los niveles de mejoramiento son los mismos para manejar drenabilidad (numeral 3.8.4). Las sales y el sodio se manejan como se anotó en el numeral 3.8.5.

3.12.4. Riesgo de salinización y de encostramiento

El primero se controla aplicando el nivel de mejoramiento contemplado en la disponibilidad de agua en el suelo (numeral 3.12.2).

El encostramiento se puede mejorar en el Nivel 1: control de la costra ya formada con aplicación de riego en el momento de germinación ó pase de la cultivadora. Nivel 2: para prevenir su formación implica manejo integral con lavado de sales y aplicación de correctivo para control de sodio cuando sea necesario. Riego frecuente para mantener nivel de humedad óptimo y si es por aspersión con control del tamaño de la gota.

3.13. Evaluación de la aptitud de la tierra para riego

La evaluación se efectúa al encontrar las clases de aptitud de las tierras para un Tipo de Uso (TUT) específico, a partir de la estimación de la capacidad de producción bajo el método de riego más apropiado, física y financieramente manejables y económicamente rentables.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. El método propuesto permite hacer una evaluación detallada y objetiva, con base en parámetros mensurables a través de los cuales se puede estimar en términos de cualidades que identifican la aptitud de las tierras para riego.

4.2. Por las características del método, se puede

de sistematizar la información, ya que cada parámetro es cuantificable y se ajusta dentro de unos rangos que identifican el grado de la cualidad estimada para cada unidad de tierra.

4.3. Los factores a través de los cuales se evalúa la aptitud de la tierra son cuantificables y cualificables, dentro de rangos que permiten prever la conservación y el mejoramiento de los recursos naturales.

4.4. La metodología que se propone es un sistema abierto, en el sentido que permite variar los rangos estimados para cada parámetro.

4.5. Cualquier modificación se debe hacer apoyada en los resultados de investigaciones regionales específicas en áreas del manejo de suelos y aguas. También se pueden tomar experiencias de otras zonas similares a la que se estudie.

4.6. Es necesaria una actualización y revisión permanente ya que las tecnologías del riego y la agrícola cambian constantemente.

4.7. La metodología es específica en cuanto a sus apreciaciones y alcances. Se considera al riego como una práctica integral de manejo que puede variar. Además, evalúa la tierra frente a diferentes cultivos en zonas variables en cuanto a nivel social, cultural, tecnológico y económico.

4.8. La evaluación siguiendo este esquema es de tipo predictivo pues define aptitud en condiciones actuales y potenciales al establecer niveles de manejo.

4.9. Se incluye el factor económico mediante la estimación del aumento ó decrecimiento de la producción, el

grado de inversión requerido y los costos de producción. Lo mismo para cada nivel de manejo y mejoramiento que se establezca.

- 4.10. El agrupamiento de suelos en unidades de manejo con base fisiográfica, permite hacer la extrapolación de resultados a zonas similares.
- 4.11. Los resultados de la evaluación de tierras para un tipo de manejo de riego, no constituye por si solo un resultado; es necesario considerar el producto, bien sea agronómico (cultivos), pecuarios (ganadería) o de otro tipo.
- 4.12. Para la evaluación es necesario alto nivel de referencia local y el concurso de un grupo multidisciplinario para que sea realmente de tipo predictivo.

5. BIBLIOGRAFIA

1. AREVALO, G. Aptitud para riego y drenaje de un sector de la Planicie Aluvial del Río Cauca-Colombia. Acta Agronómica. Vol. 40, n. 1/2. 1990.
2. CORTES, L. A. Geografía de Suelos de Colombia. Bogotá, Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1982. 161 p.
3. ——— y MALAGON, C. D. Los levantamientos de suelos y sus aplicaciones multidisciplinarias. Bogotá, Universidad Tadeo Lozano, 1983. p. 90.
4. F A O. Esquema para la evaluación de tierras. Boletín de Suelos No. 32. Roma, 1976.
5. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Guidelines: Land Evaluation For Irrigated Agriculture. FAO Soils Bulletin No. 55-Roma, 1985. 231 p.
6. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. IGAC. Estudio semidetallado de suelos del valle geográfico del río Cauca. Bogotá, 1980. 595 p.
7. ORTEGA, R. D. Sistema de evaluación de la fertilidad de un suelo. En: Suelos Ecuatoriales. Vol. 17. No. 2. 1987. p. 281-285.