

66724

60-PE



República de Colombia

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

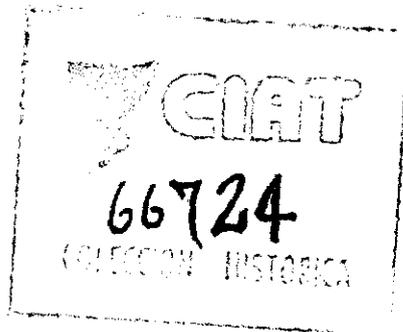
COLECCION HISTORICA



**GUIA PARA LA CARTOGRAFIA DE NIVELES DE
RESTRICCION DE LOS SUELOS, UTILIZANDO
EL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA
"MAP MAKER POPULAR" Y LA HOJA
ELECTRONICA EXCEL.**

**Maryory Rodriguez
Yolanda Rubiano
Nathalie Beaulieu
Ovidio Muñoz**

Diciembre 1999



INTRODUCCION

Actualmente, el ordenamiento territorial es un tema muy concurrido debido a que por mandato del gobierno colombiano (Ley 388 de 1997), se requiere su desarrollo por parte de municipios y departamentos. Dentro de la planificación del territorio es de vital importancia tener en cuenta la "aptitud de las tierras" y las restricciones de uso de ellas, para evaluar si los esquemas deseados de desarrollo son realizables. Hemos querido colaborar en esta tarea con la elaboración de la presente guía que comprende los pasos a seguir para la determinación de las restricciones agrícolas debidas al suelo y al relieve mediante un sistema de información Geográfica (SIG). Para determinar la aptitud de las tierras, es necesario determinar una serie de otros factores como son las restricciones relacionadas al clima, a la accesibilidad a los mercados, la disponibilidad laboral, entre otros.

Esta guía surge como herramienta para la determinación de las restricciones de uso de la tierra después de ser aplicada con éxito para el municipio de Puerto López, Meta en Colombia. Dada su sencillez, se espera que el método propuesto sea utilizado en otros municipios que requieran apoyo para el desarrollo de su ordenamiento territorial. Además, los programas utilizados son muy accesibles; el programa de SIG MapMaker Popular es distribuido sin costo a las instituciones sin fines de lucro, y ahora las hojas de cálculo son muy comúnmente utilizadas. El mismo método puede ser aplicado con otros programas de SIG y cualquier programa de hoja de cálculo, siempre cuando hay un formato de archivos de datos que ambos puedan compartir. El producto final del análisis será un mapa interactivo donde se representa la distribución de los niveles de restricción en función de los criterios especificados por el usuario.

La guía explica como crear una cobertura digital de suelos a partir de estudios y mapas de suelos existentes, como crear la base de datos (tabla de atributos) correspondiente, como codificar las propiedades de suelos, como diseñar las fórmulas lógicas para determinación de los niveles de restricción y como desplegar los mapas finales. Para los usuarios de MapMaker Popular, esta guía es un complemento a la guía de aprendizaje de este programa (Beaulieu *et al.*, 1999) y, consecuentemente, no repite las explicaciones básicas del funcionamiento del programa.

La guía presenta, además, ejemplos de los requerimientos de algunos cultivos que tienen potencial para los llanos orientales de Colombia.

PRINCIPIOS DE LA EVALUACION DE TIERRAS

Se entiende por "Evaluación de Tierras" la valoración de la explotación de la tierra cuando se utiliza con propósitos específicos, que ofrece una base racional para tomar decisiones relativas al uso de la tierra basadas en análisis de las relaciones entre la utilización de la tierra y la tierra misma" (FAO, 1985).

Con dicha evaluación se pretende seleccionar el mejor uso posible para cada unidad de tierra definida, considerando en todo momento los parámetros físicos, socioeconómicos y de conservación de los recursos naturales para su uso futuro, para lo cual es necesario aplicar los principios en que se basa la Evaluación de Tierras.

Los principios mencionados son los siguientes:

- La aptitud de la tierra se evalúa y clasifica con respecto a clases específicas de uso.
- Se necesita un método multidisciplinario, que considere los diferentes campos que intervienen en un estudio de evaluación.
- La evaluación se hace en términos que corresponden al contexto físico, económico y social de la referida zona.
- La aptitud se refiere a un uso de carácter continuo, es decir, que se deberán tener en cuenta los riesgos de erosión y otros tipos de degradación del suelo.

La aptitud de la tierra es la capacidad de un tipo dado de tierra para que se implemente en ella un tipo específico de uso. Sin embargo, cuando se toman en cuenta factores por separado, es más conveniente hablar de "restricciones de uso", ya que es muy delicado decir que la tierra es apta para determinado uso cuando sólo se han considerado por ejemplo, las características del suelo. De esta manera, la aptitud (o la capacidad) de uso de la tierra sería el resultado de considerar diferentes restricciones en conjunto (suelo, clima, mercado, vías de acceso, etc.), que se presenten en la zona. Como esta guía trata solamente de los limitantes de los suelos y de la pendiente, habalremos más de "niveles de restricción" que de "niveles de aptitud".

NIVELES DE RESTRICCIÓN

La clasificación por niveles de restricción permite caracterizar la tierra de acuerdo a las limitaciones que ésta ofrece para la adopción de determinados cultivos, y las recomendaciones que propicien una buena aptitud para su uso. Además permite también identificar las zonas que, por su estado, no deben ser utilizadas para la agricultura, sino que deben ser destinadas para la conservación de la biodiversidad de las especies, nacimientos de los ríos y de los demás recursos.

Los suelos pueden ser agrupados por clases o categorías, que serán establecidas según sean las características de la zona de estudio. Por medio de estas categorías pueden identificarse los diferentes niveles de restricción con que cuenta la tierra a partir de la evaluación de los factores considerados y saber cuales son los suelos que pueden usarse sin mayor restricción con cultivos comerciales; los suelos que son aptos solamente para pastos nativos, cultivos perennes de raíces superficiales, ganadería extensiva, sistemas silvopastoriles con especies forrajeras; y lo más importante, es posible determinar cuales son los suelos que deben ser conservados en cuanto a la biodiversidad de los bosques de galería, morichales, matas de monte, y los demás elementos que hacen parte de los recursos naturales, en especial las fuentes de agua.

Las limitaciones de los suelos pueden derivarse de una condición de mal drenaje o de un drenaje excesivo, problemas de inundaciones, profundidades efectivas muy bajas, baja fertilidad, textura (granulometría) inadecuada, pendientes altas, presencia de piedras en superficie o en el perfil en superficie, deficiencia de humedad por mala distribución de las lluvias o por efectos de erosión actual.

METODOLOGIA PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE RESTRICCIÓN DE USO DE LA TIERRA

Los pasos a seguir para la determinación de los niveles de restricción del uso de la tierra son: 1) identificación y codificación numérica de las unidades cartográficas presentes en el mapa de suelos; 2) digitalización del mapa de suelos; 3) elaboración de tablas de atributos para la caracterización de las unidades cartográficas y de sus componentes (suelos), 4) elaboración de una tabla simplificada y codificada; 5) determinación del nivel de restricción de cada suelo en la unidad; 6) categorización de las unidades en clases, en función de las proporciones de suelos con diferentes niveles de restricción y 7) la edición del mapa final. Estas etapas se detallan a continuación:

1 Identificación y codificación numérica de las unidades cartográficas presentes en el área de estudio

Los estudios de suelos están acompañados de planchas cartográficas (mapas), en las cuales aparecen conjuntos de líneas cerradas delineaciones o polígonos. Cada polígono representa una unidad cartográfica de suelos, llámese asociación, consociación, complejo, grupo indiferenciado, etc., la cual se representa en el mapa a través de un símbolo. Los símbolos se repiten en el mapa en la medida que los suelos de una unidad cartográfica dada predominen en el área estudiada. Antes de realizar la digitalización de estos mapas y la elaboración de las tablas correspondientes, se recomienda hacer una lista de las unidades cartográficas que se encuentran en el estudio de suelos, y de asignar a cada una un código numérico. Este código será posteriormente usado para ligar los polígonos del mapa a las tablas que caracterizan las unidades cartográficas.

Las unidades cartográficas en los estudios de suelos se representan por 2 o más letras mayúsculas acompañadas de unos subíndices alfabéticos o numéricos, por ejemplo así:

BVd1, donde

BV = Nombre vernáculo (asociado a un lugar) que identifica la unidad cartográfica, en este caso Consociación Buena Vista

d = rango de pendiente: 12-25%

1 = el grado de erosión: ligera

En estudios más recientes se ha eliminado el uso de nombre vernáculos y se ha preferido integrar al símbolo letras asociadas al clima la primera, al material parental la segunda y aparece una tercera letra mayúscula que indica cambios asociados a características del suelo. Así mismo, en los estudios más antiguos se consideraban las fases de pendiente, erosión y otras (letras minúsculas) como subdivisiones de la unidad cartográfica, en tanto que ahora estas fases acompañan a la unidad taxonómica (clase de suelo).

Una fase es una subdivisión que se hace al interior de una unidad con base a criterios que tienen importancia práctica para el uso y manejo. Cuando las fases aparecen como divisiones de las unidades cartográficas es posible encontrar en el mapa más de una delineación con el mismo símbolo en mayúscula acompañada por diferentes subíndices (letras minúsculas). Esto indica que para una misma unidad asociación, consociación o complejo, se cartografiaron fases con el propósito específico de señalar características que son fundamentales para evaluar la capacidad de uso o la aptitud, por ejemplo el grado de pendiente, de erosión, de pedregocidad, de salinidad, etc. Las diferentes fases constituyen diferentes unidades cartográficas y deben entonces tener números diferentes.

Por ejemplo, el mapa mostrado en la figura 1 tendría la lista correspondiente. Nota que las unidades LGab y LGa así como BVcd y BVcd1 tienen números diferentes.

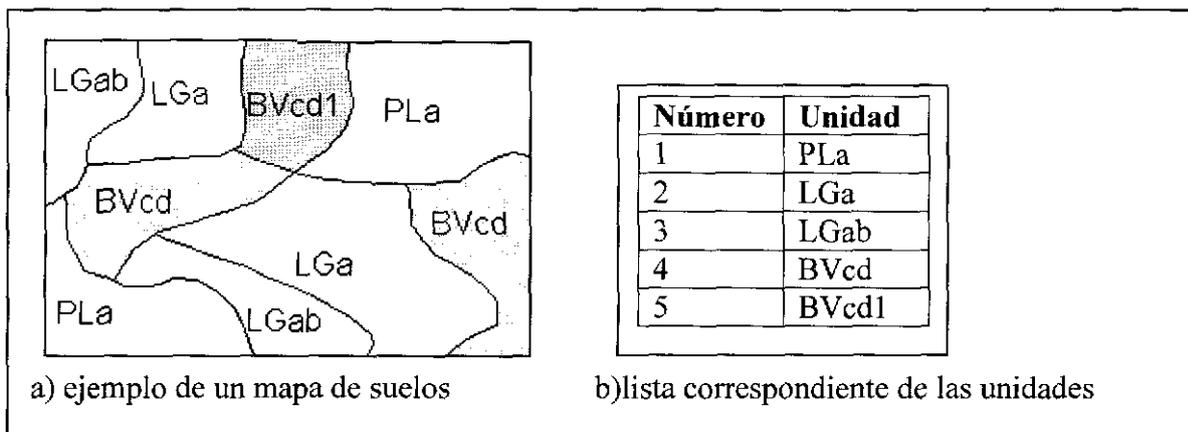


Figura 1: ejemplo sencillo de un mapa de suelos y lista correspondiente de las unidades cartográficas

2 Digitalización y edición del mapa de suelos

Las planchas cartográficas deben ser digitalizadas, si todavía no existen en forma digital. Hay tres maneras diferentes para digitalizarlas:

- Digitalización de los mapas en papel por medio de una mesa digitalizadora
- Digitalización en pantalla a partir de un mapa escaneado
- Reproducción de los rasgos del mapa en pantalla sobre una imagen de satélite o una fotografía aérea escaneada y geocodificada, a condición de poder reconocer los límites mostrados en el mapa sobre la imagen

En esta guía, no se va a describir la forma como realizar la digitalización, pero se puede mencionar que la mayoría de los paquetes de SIG permiten los tres métodos. El programa MapMaker Popular permite trabajar con mapas escaneados y con imágenes de satélite que han sido geocodificadas y realizadas con un programa de procesamiento digital de imágenes. El programa MapMaker Pro permite digitalizar a través una mesa digitalizadora.

Cualquiera que sea la forma de digitalizar, al final se obtendrán polígonos a partir de un conjunto de límites cerrados (delineaciones), que corresponderán a las unidades cartográficas mencionadas en la etapa 1. Al editar los polígonos del mapa digitalizado, asegúrese que cada polígono tenga su propio identificador numérico (ID). Además de este identificador, atribuiremos a cada polígono el número que se ha asignado, en la etapa 1, a la unidad cartográfica. Si está usando el programa MapMaker, este atributo puede ser almacenado en el número del estilo, y si usted lo desea, puede entrar el símbolo completo en el campo de la etiqueta. Los programas de SIG permiten generar, automáticamente, una tabla (o base de datos) a partir de la cobertura de polígonos, y esta tabla relacionará los identificadores de los polígonos con los respectivos números de unidad cartográfica. Con el programa MapMaker, al generar una base de datos a partir de una cobertura, se tiene la opción de incluir tanto la etiqueta, el número del estilo, el área del polígono, las coordenadas del centro y campos adicionales.

La figura 2 muestra, para el ejemplo de la figura 1, los IDs, las etiquetas y los números de las unidades cartográficas de cada polígono, así como la tabla (base de datos) que se generó automáticamente a partir de la cobertura.

3 Elaboración de tablas para la caracterización de las unidades cartográficas de suelo.

La representación geográfica de los suelos se sintetiza en unidades cartográficas, las cuales a su vez están constituidas por una o más clases de suelos (unidades taxonómicas). Los criterios que definen la clase de unidad cartográfica se especifican en el Manual de Levantamientos de Suelos de los Estados Unidos, Soil Survey Staff (1992) y se resumen así:

Consociaciones: en esta unidad el 75% o más de los suelos que la constituyen pertenecen a una clase taxonómica y pueden ocurrir inclusiones de suelos diferentes en pequeñas

proporciones. Se admite hasta un 25% de suelos diferentes, si éstos **no** son limitantes para el uso y hasta un 15% si son limitantes.

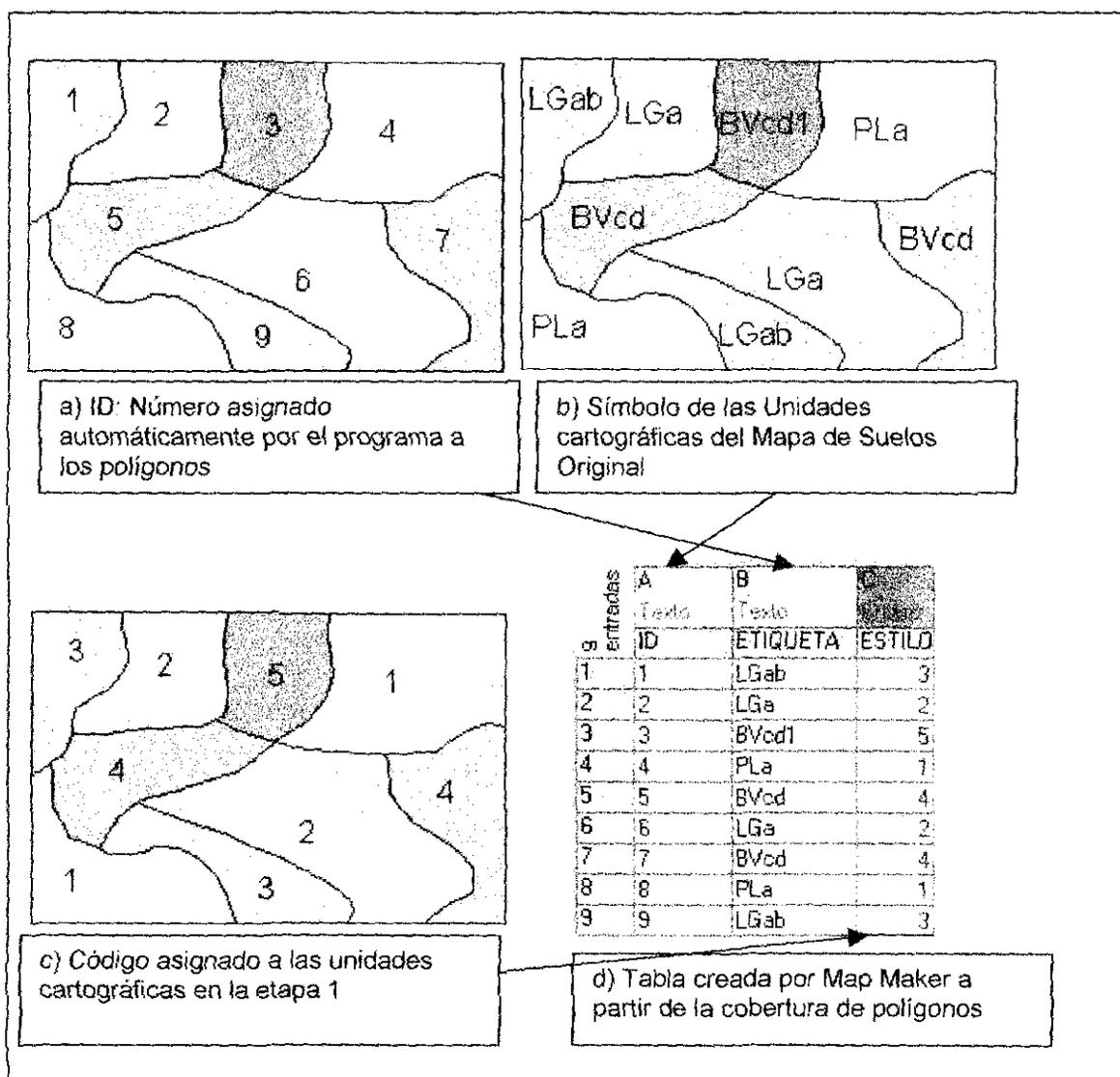


Figura 2. Esquema de codificación de las unidades cartográficas en los polígonos digitalizados.

Asociaciones: agrupación de dos, tres o más suelos diferentes (cada uno pertenece a una unidad o clase taxonómica distinta), asociados geográficamente en un patrón regular y definido, de tal manera que si es necesario, se puedan separar en un levantamiento más detallado. Al igual que en la consociación, las asociaciones permiten inclusiones no limitativas y limitativas, que en ningún caso pueden exceder al menor de los componentes principales.

Complejos: Agrupación de dos o más suelos diferentes, asociados geográficamente en un modelo tan complicado (caprichosamente distribuidos en el espacio), de tal forma que, si se llevara a cabo un levantamiento a una escala mayor de 1:24000, sería muy difícil o imposible separarlos. Tiene las mismas exigencias en cuanto a inclusiones que las asociaciones.

Grupos Indiferenciados o no diferenciados: Dos o más unidades taxonómicas que no estén asociadas geográficamente en una forma consistente, pero que se representan en una misma unidad por tener una misma aptitud o grado de limitación para uso y manejo.

Las unidades taxonómicas se identifican a través de un nombre perteneciente a una clase taxonómica del sistema de clasificación de suelos de los Estados Unidos, Key to Soil Taxonomy. En estudios anteriores a 1995 se utilizaba el Conjunto para hacer subdivisiones al interior de los subgrupos de suelos y a cada conjunto se le asignaba un nombre vernáculo. En la actualidad cada suelo es identificado a través del nombre taxonómico con el cual fue clasificado.

Cuando se van a realizar interpretaciones a partir de los estudios de suelos es necesario tener en cuenta la estrecha relación existente entre el tipo de unidad de suelos cartografiada y la clase de interpretación que resultará de su análisis, así:

Tabla 1: Relaciones entre las unidades cartográficas de suelos y las interpretaciones

| Unidad Cartográfica | Características | Tipo de evaluación |
|------------------------------|---------------------------|---|
| Consociación | 1 Suelo dominante | Interpretación para el suelo dominante y para inclusiones limitativas |
| Asociación | 2 o más suelos dominantes | Asociación de interpretaciones una para cada uno de los componentes y para inclusiones limitativas |
| Complejo | 2 o más suelos | Interpretación para cada uno de los componentes, la unidad se califica con el componente más limitativo |
| Grupo no diferenciado | 2 o más suelos | Una sola interpretación, por compartir el mismo grado de limitación. |

Además, las interpretaciones de los levantamientos de suelos incluyen la valoración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas las cuales se identifican primero en el campo a través de los perfiles modales (descripción detallada de los suelos) y se confirman en el laboratorio a través de análisis de las muestras tomadas para tal fin. El número de perfiles modales, la intensidad de observaciones, el tipo de levantamiento, la metodología de mapeo, la clase de unidad cartográfica a representar están determinadas por el objetivo y la escala del levantamiento. La tabla No. 2 muestra la relación entre el tipo de levantamiento, la escala y algunas características del mapeo de suelos.

Tabla 2: Relación entre el tipo de levantamiento, la escala y algunas características del mapeo de suelos

| Tipo de Levantamiento Objetivo | Escala del Mapa | Método de Mapeo | Unidades Cartográficas | Nivel de Generalización taxonómico | Uso y manejo de los suelos |
|---|--------------------------|---|--|---|--|
| Preliminar Quinto Orden Nacional Región | < 1:250,000 | Áreas piloto: Transectos, Mapeo Libre, Extrapolación | Asociaciones Grupos no asociados | Ordenes Subórdenes Grandes Grupos | Uso actual FAO: clase Capacidad de uso: Agricultura Ganadería Conservación |
| General Cuarto Orden Departamentos Municipios Grandes | 1:100,000 a 1:250,000 | Áreas piloto: Transectos, Mapeo Libre, Extrapolación | Asociaciones Complejos Grupos Indiferenciados Fases: pendiente, erosión, drenaje, pedregosidad, sales. | Grandes Grupos Subgrupos *Conjuntos | Uso Actual FAO: subclase Capacidad de uso: Grupos cultivos, Ganadería Bosques, Conservación, Grupos de Manejo Generales |
| Semidetallado Tercer Orden Municipios | 1:50,000 | Áreas piloto: Transectos, Mapeo Libre, En zonas de Extrapolación Mapeo Libre | Asociaciones Complejos Consociaciones Grupos Indiferenciados Fases: pendiente, erosión, drenaje, pedregosidad, textura superficial | Familias *Conjuntos | Uso Actual FAO: Grupo de Manejo. Capacidad de uso: Sistemas de Producción Cultivos Específicos, Ganadería Bosques, Conservación, Grupos de Manejo Generales |
| Detallado Segundo Orden Áreas de importancia Agrícola, Comunidades Cuencas | 1:10,000 a 1:25,000 | Transectos, Red Rígida, Mapeo Libre. | Consociaciones Series Complejos Fases: pendiente, erosión, drenaje, pedregosidad, textura superficial | Series | Uso Actual FAO: Grupo de Manejo. Sistemas de Producción y Usos Específicos. Recomendaciones de Manejo |
| Muy Detallado Primer Orden Cuencas Fincas | > 1:10,000 | Transectos, Red Rígida, Mapeo Libre. | Consociaciones Series | Series | Uso Actual FAO: Grupo de Manejo. Sistemas de Producción y Usos Específicos, Recomendaciones de Manejo |
| Riegos y Drenaje Distritos de Riego Zonas Cultivos Intensivos Industrializados | 1:10,000 a 1:25,000 | Transectos, Red Rígida, Mapeo Libre. Agrupación de unidades de Suelos características Similares para Riego y Drenaje | Consociaciones Series Complejos Fases: pendiente, drenaje, pedregosidad, textura superficial Inundaciones, Nivelación Sales, Na, Requerimientos De Agua | Subgrupos Familias Series | Uso Actual Clases y subclases De tierras para Regadio. Selección de cultivos Acorde con disponibilidad de agua y requerimientos de los cultivos. |

* Hasta 1995

Obviamente, como resultado del levantamiento de suelos, se obtendrán un sinnúmero de datos, los cuales como ya se ha mencionado son los atributos de los componentes

taxonómicos de la unidad cartográfica. Estos atributos se relacionan entre sí a través del perfil modal, el cual contiene información que describe los factores externos o del medio biofísico del suelo (tales como clima, material parental, uso, cobertura vegetal, pendiente, pedregocidad, etc.) y las características internas de los horizontes que subdividen el perfil (tales como color, textura, estructura, consistencia, poros, actividad de organismos, raíces, pH). Además, para cada horizonte existen a su vez datos provenientes del laboratorio de análisis físicos, químicos y mineralógicos.

Para entrar a analizar consistentemente los datos es necesario tener una llave que los conecte y que permita navegar en el sistema. Esta llave es el código numérico que se le ha asignado a cada unidad cartográfica (aparece en la tabla, repetido, frente a cada nombre taxonómico o conjunto) y que liga a cada uno de los componentes taxonómicos (perfil modal) con el código de los polígonos, los cuales están representando a su vez a las unidades cartografiadas.

Se recomienda, en una primera etapa, elaborar un conjunto de tres tablas detalladas con un identificador común "código de la unidad cartográfica" que contendrán todos los datos que describen al perfil modal; esto es, los datos del medio biofísico, los datos de los horizontes y los datos resultantes del laboratorio. Estas tablas (3, 4 y 5) estarán posteriormente ligadas al mapa digitalizado a través de los polígonos y podrán ser consultados y manipulados usando el SIG.

En la tabla 3 se consignan los datos de caracterización de sitio de cada unidad cartográfica. En ella se mencionan varios de los elementos que permiten ubicar el suelo en su ambiente geográfico natural, y se describen algunas de las características que podrían servir como parámetros de diferenciación en una posterior evaluación de tierras. Dependiendo del objeto de la evaluación, se construirán tablas similares que contengan más o menos parámetros, los cuales estarán acorde no solo con el objetivo sino con la escala a la cual se quiere representar la evaluación.

En la tabla 4, se muestran algunos de los datos descritos para cada horizonte de los perfiles modales (componentes taxonómicos) que integran la unidad cartográfica. Tal como se observa para las unidades 2 y 3 los datos se repiten, lo cual está indicando que las unidades identificadas con éstos códigos (2 y 3), tienen la misma taxonomía, pero están representadas en el mapa por símbolos diferentes (LGa y LGab). Esto es lo clásico cuando se cartografían fases como división de unidades cartográficas, que estarían en este caso mostrando las diferencias existentes no en el suelo sino en el grado de la pendiente; para LGa 0-3% y para LGab 3-7%. Estas diferencias se considerarían en la interpretación, por ejemplo, para diferenciar suelos en los cuales se puede efectuar mecanización plena o difícil respectivamente, o para calcular la cantidad de material que se debe remover si se desea nivelar un terreno con estas características. Como complemento a la descripción que se hace de los horizontes en el campo (perfiles modales), se recolectan muestras que son analizadas en el laboratorio. Estos resultados químicos, físicos, mineralógicos, micromorfológicos, biológicos, etc, se consignan en tablas (como la número 5). Estas tablas sirven para efectuar interpretaciones del interés del usuario, tales como la fertilidad, la dinámica de un elemento en el suelo, la oferta de macro y micronutrientes, etc.

TABLA 3. Algunos atributos que caracterizan los componentes taxonómicos de las unidades cartográficas (descripción de sitio)

| | | | | | | 1 | Código Unidad |
|---|--|--|-----------------------------------|--------------------------------------|--|-----|-----------------------------|
| | | | | | | Pla | Símbolo Unidad Cartográfica |
| Asociación | | Complejo | | | | | Clase Unidad Cartográfica |
| Planicie aluvial de ríos meándricos | | Planicie aluvial de ríos meándricos | | | | | Gran Paisaje |
| Terrazas agradacional Nivel Alto / Arcillas | | Plano de Inundación Mixto / Cantos gravas y arenas | | | | | Paisaje y Litología |
| Plano de Terraza | Plano de Terraza | Bajos en Plano de Vega | Plano de Vega | Cauces abandonados | Dique | | Subpaisaje / Forma terreno |
| Carpintero Plinthic Tropaquent | Llano Grande Tropeptic Haploctox | Inclusión Fluventic Tropaquent | Caicara Acuic Tropofluvents | Humea Tropic Acric Fluvaquents | Puerto Limón Acuic Troposamments | | Conjunto y Taxonomía |
| 1-3% | 1-3% | | 1% | 1-3% | 0-3% | | Fase pendiente |
| | | | | | | | Fase erosión |
| 35 | 65 | 5 | 15 | 20 | 60 | | % Componente Taxonómico |
| Baja | Muy Baja | | Muy Alta | Muy alta | Muy alta | | Fertilidad |
| Superficial | Moderadamente Profunda | | Muy Profunda | Superficial | Superficial | | Profundidad Efectiva |
| Nivel Freático | Nivel Freático | | Ninguno | Nivel Freático | Nivel Freático | | Límite de profundidad |
| Ácuico, isohipertérmico | Údico, isohipertérmico | | Údico, isohipertérmico | Ácuico, isohipertérmico | Údico, isohipertérmico | | Régimen Climático Suelo |
| No Hay | No Hay | | Ocasionales | Frecuentes Regulares | Frecuentes Regulares | | Frecuencia de inundaciones |
| Muy lento | medio | | Mod. rápido | lento | medio | | Drenaje |
| lento | lento | | Mod. rápido | medio | rápido | | |
| Pobre | Imperfecto | | Moderado Bien Drenado | Imperfecto | Imperfecto | | |

CONTINUACION TABLA 3. Algunos atributos que caracterizan los componentes taxonómicos de las unidades cartográficas

| 5 | | 4 | | 3 | | Código Unidad |
|---|---------------------------------|---|---------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| BVcdH | | BVcd | | LcAb | | Símbolo Unidad Cartográfica |
| Consociación | | Consociación | | Asociación | | Clase Unidad Cartográfica |
| Terrazas aluviales Planicie aluvial de ríos meándricos | | Terrazas aluviales Planicie aluvial de ríos meándricos | | Planicie aluvial de ríos meándricos | | Gran Paisaje |
| Taludes de terrazas | | Taludes de terrazas | | Terrazas agradacional Nivel Alto / Arcillas | | Paisaje y Litología |
| Talud | | Talud | | Plano de Terraza | Plano de Terraza | Subpaisaje / Forma terreno |
| Inclusión Type Distropepts | Buena vista Oxic Distropepts | Inclusión Type Distropepts | Buena Vista Oxic Distropepts | Carpintero Plinthic Tropaquept | Llano Grande Tropoptic Haplortox | Conjunto y Taxonomía |
| | 7-12% y 12-25% | | 7-12% y 12-25% | 1-3% 3-7% | 1-3% 3-7% | Fase Pendiente |
| | Ligera | | | | | Fase Erosión |
| | 15% | | | 35 | 65 | % Componente Taxonómico |
| | Moderada | | Moderada | Baja | Muy Baja | Fertilidad |
| | Superficial | | Superficial | Superficial | Moderadamente Profunda | Profundidad Efectiva |
| | Horizonte Endurecido | | Horizonte Endurecido | Nivel Freático | Nivel Freático | Límite de profundidad |
| | Údico isohipertérmico | | Údico isohipertérmico | Ácico, isohipertérmico | Údico, isohipertérmico | Régimen Climático Suelo |
| | No Hay | | No Hay | No Hay | No Hay | Frecuencia de inundaciones |
| | Muy Rápido | | Muy Rápido | Muy lento | medio | Drenaje |
| | Lento | | Lento | lento | lento | |
| | Bien Drenado | | Bien Drenado | Pobre | Imperfecto | |

| Código U.C. | Categoría | Nomencl. Horizonte | Profund. (cm) | Granulometría | | | | Estructura | | | Consistencia | | Color Munsell | | Poros | Raíces | |
|-----------------|--------------|--------------------|-----------------|---------------|-------|--------|------|------------|-------|-------|-----------------|--------|---------------|----------|----------|--------|----|
| | | | | A (%) | L (%) | Ar (%) | Tex. | Tipo | clase | Grado | Húmedo | Mojado | Matris | Manchas | | | |
| 1 | Puerto Limón | Ah | 00-12 | 24 | 60 | 16 | FL | BS | M, F | D | F | P, LP | 5Y4/1 | | PFM | AF | |
| | | Ae | 12-45 | 78 | 14 | 8 | FA | SU | - | - | MF | NP, NP | 10YR3/1 | 10YR3/2 | RF, PM | AF | |
| | | C ₁ | 45-70 | 94 | 2 | 4 | A | SU | - | - | SU | NP, NP | 10YR3/2 | | N | RF | |
| | | C ₂ | 70-120 | 94 | 2 | 4 | A | SU | - | - | SU | NP, NP | 10YR3/2 | | N | N | |
| | Humera | Ap | 00-17 | 24 | 48 | 28 | FAr | BS | M | D | F | P, P | 10YR4/2 | 7.5YR5/8 | RF, PM | AF | |
| | | C ₁ | 17-28 | 32 | 46 | 22 | F | SU | - | - | SU | LP, LP | 2.5YR3/2 | 10YR5/4 | PFM | PF | |
| | | C ₂ | 28-40 | 40 | 50 | 10 | F | SU | - | - | SU | LP | 5Y4/1 | 10YR6/6 | RF, PM | PT | |
| | | C ₃ | 40-110 | 24 | 50 | 26 | F | SU | - | - | SU | P, P | 5Y3.5/1 | 5Y4/4 | PFM | N | |
| | Caicara | Ap | 00-17 | 42 | 34 | 24 | F | BS | F | D | F | LP, LP | 5YR4/4 | | AF, RM | E | |
| | | Ae | 17-36 | 44 | 42 | 14 | F | BS | F | D | MF | NP, NP | 10YR4/4 | | AFM | E | |
| | | C ₁ | 36-84 | 54 | 34 | 12 | FA | SU | - | - | MF | NP, NP | 10YR4/4 | 10YR5/1 | AFM | E | |
| | | C ₂ | 84-98 | 52 | 36 | 12 | FA | SU | - | - | SU | NP, NP | 10YR5/1 | 10YR5/6 | AF, PM | E | |
| 2 | Llano grande | Ah | 00-13 | 52 | 28 | 20 | F | BS | M | M | F | LP, LP | 10YR3/2 | | AF, PM | AF | |
| | | Ab | 13-26 | 46 | 28 | 26 | F | BS | M | M | L | LP, LP | 10YR4/3 | 10YR3/2 | AF | RF | |
| | | Bs ₁ | 26-35 | 44 | 26 | 30 | FAr | BS | M | M | Fi | LP, LP | 10YR5/4 | 5YR4/6 | N | PF | |
| | | Bs ₂ | 35-76 | 32 | 30 | 38 | FAr | BS | F | F | Fi | P, P | 2.5YR5/4 | 2.5YR4/8 | N | PF | |
| | | C | 76-150 | 36 | 28 | 36 | FAr | MA | - | - | Fi | P, P | 2.5Y6/4 | 2.5YR4/8 | N | N | |
| | Carpintero | Ah | 00-18 | 50 | 26 | 24 | FArA | GR | F | D | F | LP, LP | 10YR3/2 | 2.5YR4/6 | AF, RM | AF | |
| | | Bsg | 18-40 | 42 | 30 | 28 | FAr | BS | M | D | F | P, P | 10YR4/1 | 2.5YR4/6 | N | PM | |
| | | Cg _{1pn} | 40-140 | 36 | 26 | 38 | FAr | MA | - | - | Fi | MP, MP | 6N1- | 7.5YR6/8 | N | N | |
| | | Cg _{2pn} | 140-170 | 38 | 24 | 38 | FAr | MA | - | - | MF ₁ | MP, MP | 7N- | 7.5YR4/4 | N | N | |
| | 3 | Llano grande | Ah | 00-13 | 52 | 28 | 20 | F | BS | M | M | F | LP, LP | 10YR3/2 | | AF, PM | AF |
| | | | Ab | 13-26 | 46 | 28 | 26 | F | BS | M | M | L | LP, LP | 10YR4/3 | 10YR3/2 | AF | RF |
| | | | Bs ₁ | 26-35 | 44 | 26 | 30 | FAr | BS | M | M | Fi | LP, LP | 10YR5/4 | 5YR4/6 | N | PF |
| Bs ₂ | | | 35-76 | 32 | 30 | 38 | FAr | BS | F | F | Fi | P, P | 2.5YR5/4 | 2.5YR4/8 | N | PF | |
| C | | | 76-150 | 36 | 28 | 36 | FAr | MA | - | - | Fi | P, P | 2.5Y6/4 | 2.5YR4/8 | N | N | |
| Carpintero | | Ah | 00-18 | 50 | 26 | 24 | FArA | GR | F | D | F | LP, LP | 10YR3/2 | 2.5YR4/6 | AF, RM | AF | |
| | | Bsg | 18-40 | 42 | 30 | 28 | FAr | BS | M | D | F | P, P | 10YR4/1 | 2.5YR4/6 | N | PM | |
| | | Cg _{1pn} | 40-140 | 36 | 26 | 38 | FAr | MA | - | - | Fi | MP, MP | 6N1- | 7.5YR6/8 | N | N | |
| | | Cg _{2pn} | 140-170 | 38 | 24 | 38 | FAr | MA | - | - | MF ₁ | MP, MP | 7N- | 7.5YR4/4 | N | N | |
| 4 | | Buena Vista | Ap | 00-45 | | | | FArA | BS | M | D | F | LP, LP | 10YR4/3 | | AFM | AF |
| | | | Bs ₁ | 45-81 | | | | ArA | BS | M | D | F | P, P | 5YR5/6 | 2.5YR4/8 | AFM | AF |
| | | | Bs ₂ | 81-150 | | | | FArA | BS | M | D | F | LP, LP | 2.5YR4/6 | 2.5YR5/2 | AFM | N |

TABLA 4. Atributos que caracterizan los componentes taxonómicos de las unidades cartográficas (descripción de horizontes)

| #Muestra U.C. | Conjunto | Horizonte | Profundidad | pH | %C | Capacidad intercambio catiónico | | | Bases de cambio | | | | | Al | Saturaciones | | | P ₂ O ₅ Kg/Ha | | |
|---------------|--------------|-----------------|--------------|-----|-------|---------------------------------|------|------|-----------------|-----|------|------|-----|------|--------------|------|------|-------------------------------------|------|----|
| | | | | | | CICA | CICE | CICV | Ca | Mg | K | Na | BT | | SBA | SBE | SAL | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Puerto Limón | Ah | 00-12 | 5.1 | 1.09 | 8.2 | 6.1 | 2.1 | 3.3 | 1.6 | 0.2 | 0.4 | 5.5 | 0.6 | 67.1 | 90.2 | 9.8 | 74 | | |
| | | Ac | 12-45 | 5.9 | 0.27 | 4.8 | 3.9 | 0.9 | 1.6 | 2.0 | 0.2 | 0.1 | 3.9 | | 81.3 | 100 | | 65 | | |
| | | C1 | 45-70 | 5.8 | 0.13 | 3.8 | 2.3 | 1.5 | 0.8 | 1.2 | 0.2 | 0.1 | 2.3 | | 60.3 | 100 | | 52 | | |
| | | C2 | 70-120 | 5.9 | 0.07 | 3.6 | 2.2 | 1.4 | 0.4 | 1.6 | 0.2 | 0.04 | 2.2 | | 61.1 | 100 | | 42 | | |
| | Humeca | Ap | 00-17 | 4.3 | 1.56 | 8.6 | | | 5.3 | 2.9 | 0.04 | 0.1 | 8.3 | 1.4 | 96.5 | | | 52 | | |
| | | C1 | 17-28 | 4.3 | 0.61 | 6.9 | | | 4.3 | 2.0 | 0.04 | 0.4 | 6.7 | 1.6 | 97.1 | | | 44 | | |
| | | C2 | 28-40 | 4.0 | 1.12 | 8.2 | | | 9.0 | 0.8 | 0.04 | 0.1 | 9.9 | 2.6 | | | | 49 | | |
| | Caticara | C3 | 40-110 | 4.6 | 1.34 | 9.1 | | | 5.9 | 2.5 | 0.1 | 0.1 | 8.6 | 1.1 | 94.5 | | | 54 | | |
| | | Ap | 00-17 | 5.3 | 0.88 | 7.7 | 4.7 | 3.0 | 3.2 | 0.8 | 0.1 | 0.04 | 4.1 | 0.6 | 53.2 | 87.2 | 12.8 | 30 | | |
| | | Ac | 17-36 | 6.1 | 0.87 | 6.4 | 5.8 | 0.6 | 4.4 | 0.4 | 0.1 | 0.9 | 5.8 | | 90.6 | 100 | | 23 | | |
| | | C1 | 36-84 | 5.0 | 0.87 | 5.4 | 2.4 | 3.0 | 0.8 | 0.4 | 0.04 | 0.04 | 1.2 | 1.2 | 22.2 | 50 | 50 | 18 | | |
| | | C2 | 84-98 | 4.6 | 1.21 | 6.5 | 2.4 | 4.1 | 0.2 | 0.2 | 0.04 | 0.04 | 0.4 | 2.0 | 6.2 | 16.7 | 83.3 | 11 | | |
| 2 | Llano Grande | C3 | 98-150 | 4.8 | 0.47 | 4.8 | 2.1 | 2.7 | 0.4 | 0.6 | 0.04 | 0.1 | 1.1 | 1.0 | 22.9 | 52.4 | 47.6 | 18 | | |
| | | Ah | 00-13 | 4.6 | 1.57 | 10.3 | 3.5 | 6.8 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.04 | 0.5 | 3.0 | 4.9 | 14.3 | 85.7 | 14 | | |
| | | Ab | 13-26 | 4.7 | 1.01 | 10.5 | 3.9 | 6.6 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.04 | 0.5 | 3.4 | 4.7 | 12.8 | 87.2 | 9 | | |
| | | Bs1 | 26-35 | 4.9 | 0.93 | 10.3 | 3.6 | 6.7 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.04 | 0.5 | 3.1 | 4.9 | 13.9 | 86.1 | 11 | | |
| | | Bs2 | 35-76 | 5.2 | 0.68 | 9.8 | 4.0 | 5.8 | 0.4 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 1.2 | 2.8 | 12.2 | 30.0 | 70 | 9 | | |
| | Carpintero | C | 76-150 | 5.4 | 0.21 | 8.9 | 5.5 | 3.4 | 0.4 | 2.1 | 0.1 | 0.1 | 2.7 | 2.8 | 30.3 | 49.0 | 51.0 | 7 | | |
| | | Ah | 00-18 | 4.3 | 2.45 | 15.7 | 6.7 | 9 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.04 | 1.4 | 5.3 | 8.9 | 20.9 | 79.1 | 35 | | |
| | | Bsg | 18-40 | 4.2 | 1.21 | 11.3 | 3.9 | 7.4 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.04 | 0.5 | 3.4 | 4.4 | 12.8 | 87.2 | 23 | | |
| | | Cg1pn | 40-140 | 4.6 | 0.47 | 10.1 | 4.7 | 5.4 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.04 | 0.7 | 4.0 | 6.9 | 14 | 85.1 | 23 | | |
| | | Cg2pn | 140-170 | 4.7 | 0.33 | 12.7 | 5.8 | 6.9 | 0.4 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 1.4 | 4.4 | 11.0 | 24.1 | 75.9 | 28 | | |
| | | 3 | Llano Grande | Ah | 00-13 | 4.6 | 1.57 | 10.3 | 3.5 | 6.8 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.04 | 0.5 | 3.0 | 4.9 | 14.3 | 85.7 | 14 |
| | | | | Ab | 13-26 | 4.7 | 1.01 | 10.5 | 3.9 | 6.6 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.04 | 0.5 | 3.4 | 4.7 | 12.8 | 87.2 | 9 |
| Bs1 | 26-35 | | | 4.9 | 0.93 | 10.3 | 3.6 | 6.7 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.04 | 0.5 | 3.1 | 4.9 | 13.9 | 86.1 | 11 | | |
| Bs2 | 35-76 | | | 5.2 | 0.68 | 9.8 | 4.0 | 5.8 | 0.4 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 1.2 | 2.8 | 12.2 | 30.0 | 70 | 9 | | |
| C | 76-150 | | | 5.4 | 0.21 | 8.9 | 5.5 | 3.4 | 0.4 | 2.1 | 0.1 | 0.1 | 2.7 | 2.8 | 30.3 | 49.0 | 51.0 | 7 | | |
| Carpintero | Ah | | 00-18 | 4.3 | 2.45 | 15.7 | 6.7 | 9 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.04 | 1.4 | 5.3 | 8.9 | 20.9 | 79.1 | 35 | | |
| | Bsg | | 18-40 | 4.2 | 1.21 | 11.3 | 3.9 | 7.4 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.04 | 0.5 | 3.4 | 4.4 | 12.8 | 87.2 | 23 | | |
| 4 | Buena Vista | Cg1pn | 40-140 | 4.6 | 0.47 | 10.1 | 4.7 | 5.4 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.04 | 0.7 | 4.0 | 6.9 | 14 | 85.1 | 23 | | |
| | | Cg2pn | 140-170 | 4.7 | 0.33 | 12.7 | 5.8 | 6.9 | 0.4 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 1.4 | 4.4 | 11.0 | 24.1 | 75.9 | 28 | | |
| | | Ap | 00-45 | 5.5 | 1.43 | 9.7 | 4.8 | 4.9 | 3.6 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 4.6 | 0.2 | 47.4 | 95.8 | 4.2 | 9 | | |
| | | Bs ₁ | 45-81 | 5.7 | 0.67 | 8.9 | 3.4 | 5.5 | 2.8 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 3.4 | - | 38.2 | 100 | - | 11 | | |
| | | Bs ₂ | 81-150 | 5.4 | 0.27 | 5.0 | 0.9 | 4.1 | 0.4 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.9 | nd | 18.0 | 100 | - | 16 | | |

TABLA 5. Algunos atributos que caracterizan los componentes taxonómicos de las unidades cartográficas (análisis de laboratorio)

Tablas como éstas aparecen en los levantamientos de Suelos o pueden ser elaboradas teniendo en cuenta una infinidad de parámetros en ellos consignados. Lo ideal es construir las de tal forma que reflejen la mayor cantidad de información y representen la escala del tipo de levantamiento efectuado. Iniciar con tablas detalladas es ventajoso ya que a partir de ellas se podrán realizar interpretaciones con el mismo grado de precisión del levantamiento o generalizar a escalas menores, "nunca mayores". Es importante resaltar que la calidad de la interpretación está sujeta no solo a la calidad de los datos contenidos en el levantamiento de suelos sino también a la habilidad del interprete para sacar de ellos el mayor provecho.

4 **Elaboración una tabla simplificada y codificada, en función de las necesidades de la evaluación.**

Es múltiple el número de interpretaciones que pueden derivarse de los levantamientos de suelos. Como ya se mencionó, dependiendo de los intereses del evaluador, éste puede optar por usar el total de los datos consignados en su base de datos (tablas detalladas) o puede crear a partir de ellas tablas simplificadas que contengan únicamente los datos que satisfagan su interés. Por ejemplo, si lo que se desea es hacer un mapa que muestre la fertilidad, se pueden elegir exclusivamente los datos que se utilizan para evaluarla (pH, capacidad catiónica de cambio, bases de cambio, saturación de bases, saturación de aluminio, contenido de fósforo, contenido de materia orgánica, etc) y construir alrededor de ellas el algoritmo que le permita modelar esta cualidad y determinar rangos o usar los existentes para espacializar las áreas donde la fertilidad es alta, media o baja.

Pero si lo que el evaluador desea es encontrar las áreas con mayor capacidad para un cultivo específico, entonces tendrá que construir su base de datos (tablas) no solo con los datos de fertilidad, sino que además tendrá que considerar aspectos del paisaje tales como el tipo de relieve (pendiente), el tipo de suelo (caracterización física y química), el clima (balances hídricos, cantidad e intensidad de las lluvias), datos socioeconómicos (insumos, costos, análisis de mercadeo) en fin todos aquellos factores que estarían afectando la implementación de su proyecto.

Una vez se tienen identificados los datos con los cuales se va a trabajar es necesario codificarlos. Esta es una tarea que el IGAC ha venido realizando hace algunos años con el objeto de estandarizar la información, para accederla a su base de datos. En el presente trabajo, para codificar las propiedades de los suelos, se tomaron algunos de los parámetros consignados en el Manual de Códigos para los Levantamientos de Suelos de 1996 (IGAC, 1996), adaptándolos a las necesidades y a las características de una zona ubicada en el municipio de Puerto López. Este esquema de codificación se muestra en el anexo 1.

Las interpretaciones de los levantamientos de suelos tienen en cuenta no sólo los datos consignados en los estudios de suelos (oferta), sino que además, es necesario contar con una base de datos (tablas) que contengan los requerimientos de los tipos de utilización que se desean implementar. Algunas de estas tablas ya existen o pueden extraerse con facilidad de los estudios realizados por entidades como ICA, CORPOICA, CIAT, INAT, etc., especialmente para estudios a escalas menores. Sin embargo, cuando se eleva el nivel de detalle, es necesario tratar cada "tipo de utilización" de una manera particular y empezar a identificar sus requerimientos. En el anexo 3, se muestran algunos de éstos, producto de la consulta de bibliografía y/o de la consulta de especialistas en estos temas.

La tabla 6 muestra, para el ejemplo que venimos desarrollando, una tabla simplificada que contiene solamente los parámetros que se tomarán en cuenta para una posterior evaluación de las restricciones a

la mecanización. La tabla 7 presenta su correspondiente tabla codificada según los códigos del anexo 1.

Tabla 6: Base de datos simplificada, antes de la codificación, con los parámetros necesarios para evaluar las posibilidades de mecanización de las unidades de tierra.

| ID | simbolo | Conjunto | % Componente Trazado | pendiente | Textura Superficial | Profundidad Efectiva | Drenaje natural | Frecuencia Inundación | Presencia Bosque Galería |
|----|---------|--------------|----------------------------|---------------|------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 1 | PLa | Puerto Limón | 60 | 0-3 | Fl. | 00-45 | Imperf. | Frecuentes regulares | No |
| | | Huasca | 20 | 1-3 | FAr | 00-28 | Imperf. | Frecuentes regulares | No |
| | | Caicará | 15 | 1 | FA | 00-150 | Moder. Bien Dre | Ocasionales | No |
| | | Inclusiones | 5 | | | | | | |
| 2 | L.Ga | Llano grande | 65 | 1-3 | F | 00-76 | Imperf. | No hay | No |
| | | Carpintero | 35 | 1-3 | FArA | 00-40 | Pobre | No hay | No |
| 3 | L.Gab | Llano grande | 65 | 0-3 3-7 | F | 00-76 | Imperf. | No hay | No |
| | | Carpintero | 35 | 0-3 3-7 | FArA | 00-40 | Pobre | No hay | No |
| 4 | BVed | Buena Vista | 85 | 7-12 12-25 | FArA | 00-45 | Bien Drenado | No hay | No |
| | | Inclusiones | 15 | | | | | | |

ID = Código unidad cartográfica

Tabla 7: Base de datos simplificada y codificada (con los códigos del anexo 1 para evaluar las posibilidades de mecanización de las unidades de tierra)

| ID | simbolo | Conjunto | % Componente Trazado | pendiente | Textura Superficial | Profundidad Efectiva | Drenaje natural | Frecuencia Inundación | Bosque Galería |
|----|---------|--------------|----------------------------|-----------|------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|
| 1 | PLa | Puerto Limón | 60 | 2 | 2 | 3 | 11 | 4 | 0 |
| | | Huasca | 20 | 2 | 2 | 3 | 11 | 4 | 0 |
| | | Caicará | 15 | 2 | 6 | 6 | 12 | 2 | 0 |
| | | Inclusiones | 5 | | | | | | |
| 2 | L.Ga | Llano grande | 65 | 2 | 6 | 4 | 11 | 0 | 0 |
| | | Carpintero | 35 | 2 | 9 | 3 | 10 | 0 | 0 |
| 3 | L.Gab | Llano grande | 65 | 3 | 6 | 4 | 11 | 0 | 0 |
| | | Carpintero | 35 | 3 | 9 | 3 | 10 | 0 | 0 |
| 4 | BVed | Buena Vista | 85 | 7 | 9 | 3 | 13 | 0 | 0 |
| | | Inclusiones | 15 | | | | | | |

5 Determinación del nivel de restricción de uso de cada tipo de suelo, mediante una operación lógica.

En algunos estudios se han utilizado los grados de limitación como un medio para clasificar los requisitos de uso de la tierra. Para cada tipo de evaluación se preparan tablas en las cuales se califica a cada cualidad según sus efectos en el uso especificado, tal como se hace en la tabla 9.

Tabla 9. Definición de los grados de limitación

| Grado de Limitación | Factores utilizados para fijar los Límites de las clases |
|----------------------------|--|
| Ninguno | Se cumplen todas las condiciones para calificar a la tierra para la cualidad evaluada. son sumamente aptas. |
| Ligero | Se detecta algún (o más de un) factor limitante fácil de corregir que no significa una elevación exagerada de los costos de producción, el efecto perjudicial de la implementación del uso propuesto es menor y requiere practicas sencillas para corregirlo. |
| Moderado | Se detecta uno (o más de un) factor limitante, que no es tan fácil de corregir pero que no lo hace impracticable o antieconómico. El efecto perjudicial del uso propuesto es importante lo cual significa que se requieren prácticas especiales para corregirlo o un manejo especial para proteger el suelo o el ambiente. |
| Grave | Condiciones que probablemente harían que el uso de la tierra sea impracticable o antieconómico, a menos que otras circunstancias sean particularmente favorables, por ejemplo en áreas con problemas de inundación se efectúe la infraestructura necesaria para adecuarla dentro de un distrito de riego. |
| Muy Grave | Uso impracticable, antieconómico, o restringido legal, cultural o socialmente. Ejemplo: Areas de protección de cursos de agua. |

Es posible establecer el nivel de restricción de uso correspondiente para cada unidad de suelo mediante una operación lógica la cual se tiene que diseñar cuidadosamente, siguiendo una secuencia que podría ser así:

- Definir la cualidad a evaluar, por ejemplo “Aptitud para la mecanización”
- Identificar los requisitos de la cualidad a evaluar (pendiente, profundidad efectiva, drenaje natural, frecuencia inundación, presencia o ausencia de bosque de galería) y elaborar la tabla que califica el grado de aptitud
- Identificar las características de la unidad de tierra para confrontarlos con los requisitos de la cualidad objeto de la evaluación y construir la tabla respectiva (Tabla 6) codificar las características utilizando códigos preestablecidos (por ejemplo, los del Anexo 1) para obtener una tabla codificada (Tabla 7).
- Se define la fórmula lógica a utilizar en una hoja de cálculo Microsoft EXCEL, que incluya todos los parámetros a evaluar.

La tabla 10 muestra un ejemplo de requisitos para la cualidad "posibilidades de mecanización":

Tabla 10. REQUISITOS DE LA CUALIDAD "POSIBILIDADES DE MECANIZACION"

| Factor Diagnostico | Unidad | APTUD / Nivel de restricción | | | | |
|----------------------|--------|---|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| | | Apta 1 Ninguna | Moderada 2 Moderada | Marginal 3 Severa | Potencial Severa* | No apto 4 Muy severa |
| Pendiente | % | 0-3 ≤2 | 3-7 >2 | 7-12 >3 | 0-7 <9 | >12 >6 |
| Textura | clase | F 5-10 | F/Medios <5, >10 | F/Fin-Gr <3, >11 | F/Fin-Gr 3-11 | Ar, A <2, >12 |
| Profundidad Efectiva | cm | >50 ≥3 | 25-50 <4 | 10-25 <3 | 25-50 >2 | <10 =1 |
| Drenaje | clase | Moderado, Bien Drenado 12,13 | Imperfecto <12 | Imperfecto <11, >13 | Pobre >8 | M. Pobre <10, >14 |
| Inundaciones | clase | No hay 0 | Raras >0 | Ocasionales >1 | Frecuentes >0 | Frecuentes ≥3 |
| Bosque Galeria | S/N | No hay 0 | No hay 0 | No hay 0 | No hay 0 | No hay 0 |

* **POTENCIAL** (en amarillo). Aunque la limitación sea severa con obras de infraestructura, esta clase puede en una evaluación posterior ser calificada en un grado de aptitud más alto o ser definitivamente descartada por no poseer los requisitos necesarios para implementar el uso propuesto.

En rojo se resaltan los códigos que posteriormente se utilizarán para correr el modelo de evaluación.

Es importante mencionar que este es solo un ejemplo y aquí se ilustran tan solo algunos parámetros que se deben tener en cuenta para evaluar las posibilidades de mecanización. Otro aspecto importante es el hecho de que, aunque una tierra topográficamente muestre una alta aptitud para permitir el trabajo de las maquinas, también es importante incluir dentro de la evaluación los riesgos causados por el uso indiscriminado y las prácticas inadecuadas de mecanización.

La fórmula lógica correspondiente a esta tabla es la siguiente (está fórmula será explicada en detalle más adelante):

=+IF(BOSQ=1,5,+IF(OR(PEND>6,TEX<2,TEX>12,PROF=1,DREN<10,DREN>14,INUND>=3),4,+IF(OR(PEND>3,TEX<3,TEX>11,PROF<3,DREN<11,DREN>13,INUND>1),3,+IF(OR(PEND>2,TEX<5,TEX>10,PROF<4,DREN<12,INUND>0),2,1))))

ecuación (1)

Para aplicar el modelo y poder establecer los parámetros de la fórmula es necesario encontrar los límites superior e inferior correspondientes a cada uno de los niveles (rangos de variación de una característica) que le permitirían ubicarse en un nivel de restricción determinado. La figura 3 ilustra, para la textura, los límites asignados para de cada nivel (ver tablas de códigos del anexo 1).

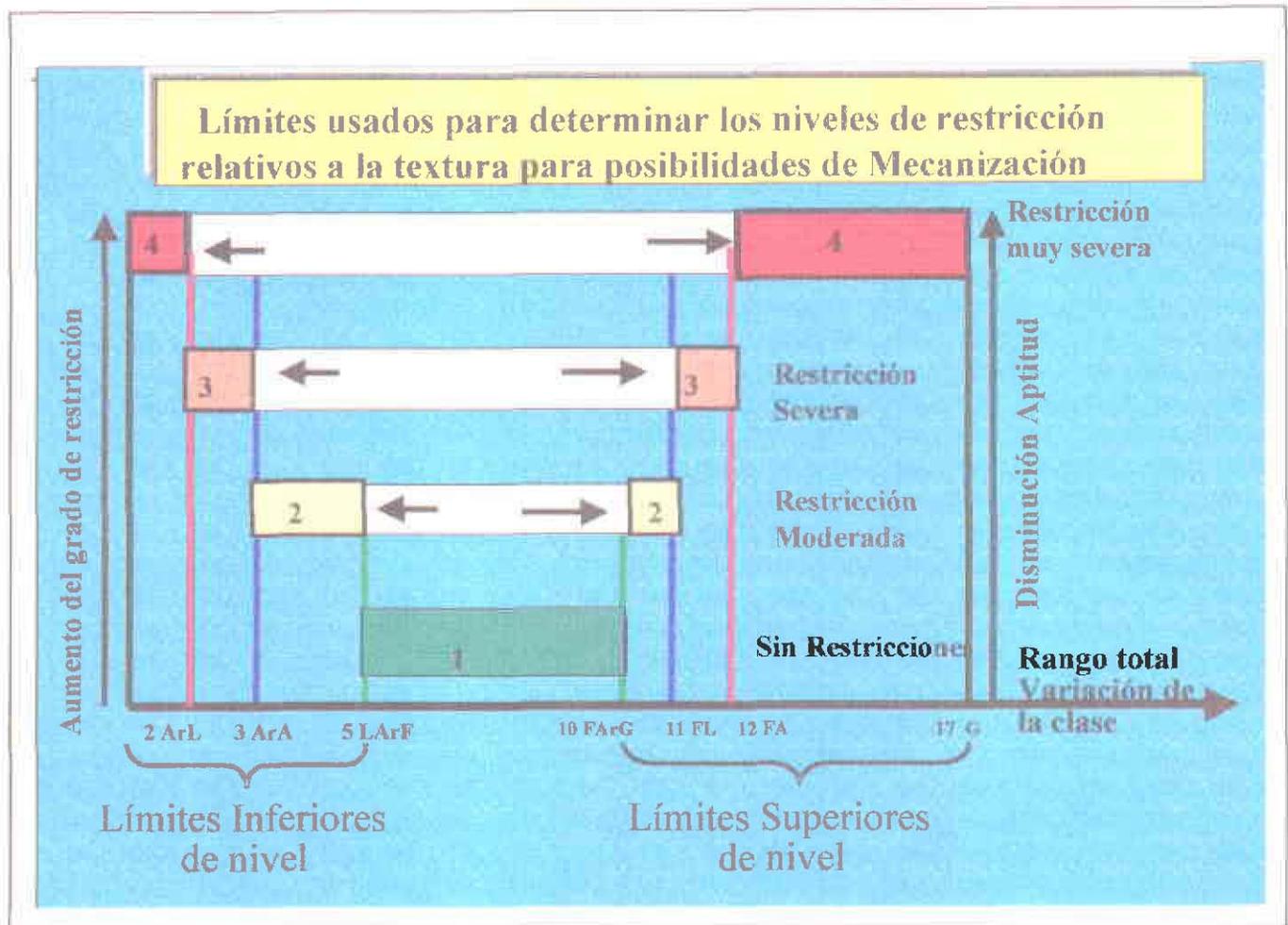


Figura 3. Ilustración de los límites inferior y superior usados para calificar el nivel de restricción de un suelo: ejemplo para la característica de textura.

Tal como se ilustra para la textura, se procede de forma similar con las características de pendiente, profundidad efectiva, drenaje e inundaciones. Cuando en el área de trabajo se encuentran zonas que tienen restricciones de uso legales o es interés del evaluador resaltar la importancia de éstas en la conservación de cursos de agua, de preservación de especies, etc., se incluye dentro de la fórmula un parámetro que permita resaltar esta condición. Este es el caso de las riberas de los ríos, cuyo uso exclusivo recomendado es el de conservación. Para dichas áreas el parámetro restrictivo sería si son suelos ubicados en o cerca de cauces o riberas de ríos, sin interesar el grado de restricción prevalece el uso designado legalmente, conservación de bosque de galería. Estos suelos se deben calificar con el máximo nivel de restricción, en el ejemplo CLASE 5.

En la fórmula esta condición queda especificada así: califique con el nivel 5 cuando haya exigencias de conservación de bosque de galería y cero cuando no haya, lo cual automáticamente la excluye de cualquier otro uso posible.

$$=+IF(BOSQ =1,5, \text{ecuación (2)}$$

En la figura 3 se puede observar que el grado de restricción aumenta en la medida que se disminuye la aptitud. Para definir el nivel de restricción de un suelo, se somete a una serie de pruebas lógicas, en la cual se compara primero las características del suelo con los límites que definen el grado de restricción máximo (más severo). Si el suelo no corresponde a este nivel, sus características se comparan a los

límites de la clase siguiente, menos restrictiva. De nivel en nivel, se van descartando los suelos que cumplen las condiciones del nivel de restricción, y solamente los suelos más aptos (menos restringidos) llegan al final de la fórmula lógica, donde se les atribuye el nivel 1.

Mirando solamente la característica de textura tendremos lo siguiente: los suelos con restricción muy severa (nivel 4) son los que tienen una clase de textura inferior a 2 o superior a 12 (lo que incluye las clases 1 y 13). Los suelos con restricción severa (nivel 3) son los que no han sido identificados como del nivel 4 y que tienen una clase de textura inferior a 3. Los suelos con restricción moderada (nivel 2) son los que no han sido identificados como del nivel 3 y que tienen una clase de textura inferior a 5 o superior a 10. Los demás suelos, con clases de textura entre 5 y 10 inclusivamente, son del nivel 1.

Mirando todas las características que se considerarían, tendríamos:

Nivel 4:

$$+IF(OR(PEND>6,TEX<2,TEX>12,PROF=1,DREN<10,DREN>14,INUND>=3),4, \text{ecuación (3)}$$

Si tenemos alguna de las siguientes restricciones: Pendiente superior a 6, textura inferior a 2 o superior a 12, profundidad igual a 1, drenaje inferior a 10 o superior a 14, inundación superior o igual a 3, entonces calificamos el suelo como de nivel 4. Si no, seguir a la próxima etapa:

Nivel 3 :

$$+IF(OR(PEND>3,TEX<3,TEX>11,PROF<3,DREN<11,DREN>13,INUND>1),3, \text{ecuación (4)}$$

Nivel 2 :

$$IF(OR(PEND>2,TEX<5,TEX>10,PROF<4,DREN<12,INUND>0),2, \text{ecuación (5)}$$

Nivel 1:

$$1 \text{ (todo lo que no fue descartado en las etapas 1 hasta 4)} \text{ecuación (6)}$$

Uniendo las fórmulas parciales (2), (3), (4), (5) y (6) obtenemos la fórmula completa (1).

A partir de los niveles de restricción a la mecanización, es posible establecer el tipo general de agricultura para la cual el suelo es apto. En este caso hay que tomar en cuenta que un suelo calificado para el nivel 1 es también apto para el uso que se ha definido para el nivel 2, 3, 4 y 5 pero nunca un suelo calificado como de nivel 4, será apto para los usos propuestos para los niveles 2; 3, ni mucho menos para el nivel 1.

6 Categorización de las unidades cartográficas en función de las proporciones ocupadas por los diferentes niveles de aptitud o restricción

Hasta ahora, hemos determinado el nivel de restricción de cada suelo conformando las unidades. A partir de las proporciones del área de cada unidad ocupadas por suelos de diferentes niveles, debemos establecer la categoría de las unidades.

La figura 4 muestra la secuencia de cálculo de estas proporciones, y dos ejemplos de cálculo de las categorías. El usuario puede determinar las categorías según las diferentes combinaciones de

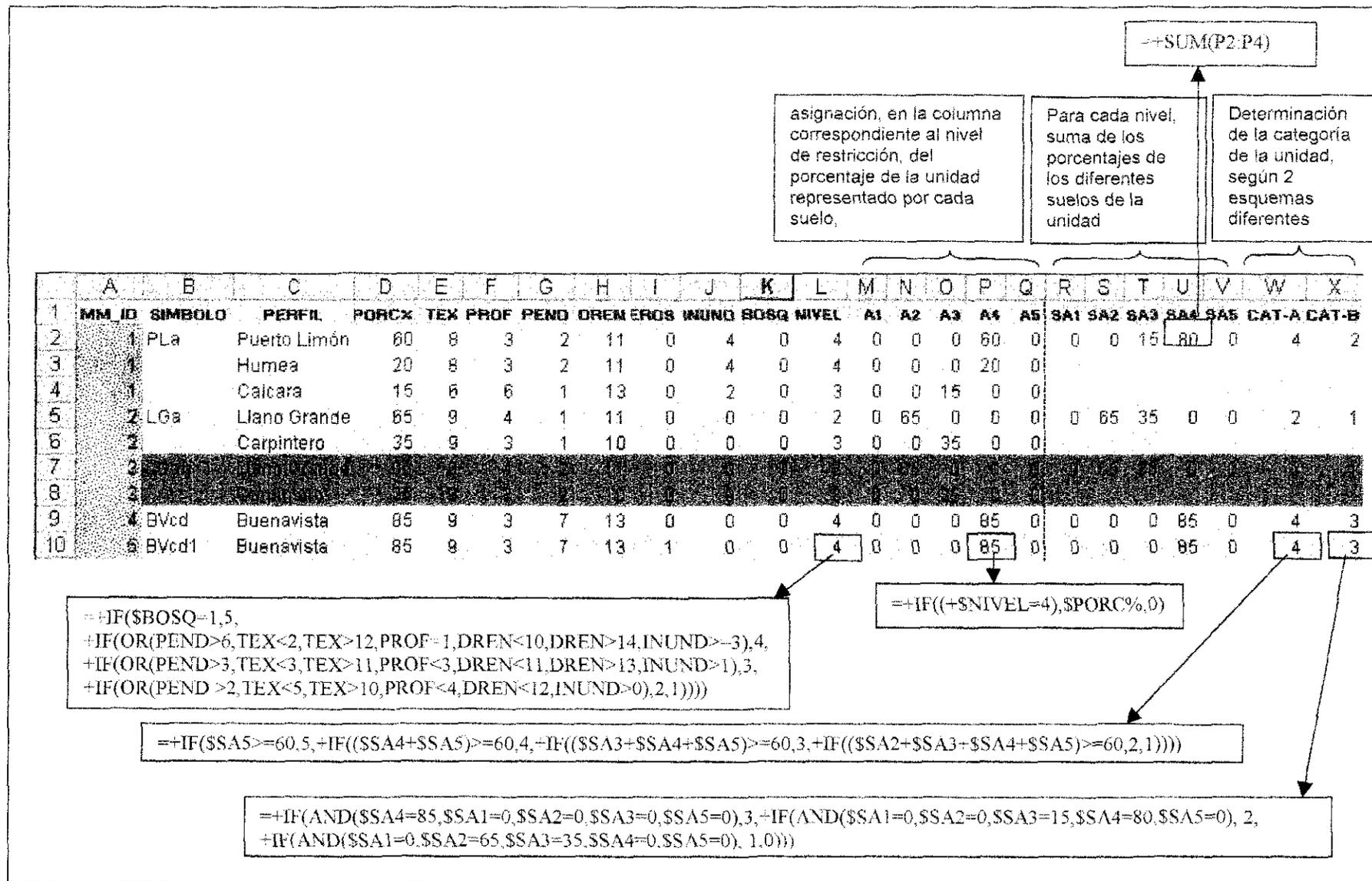


Figura 4: Cálculo de las proporciones de las unidades ocupadas por suelos de diferentes niveles de restricción y, en función de ellas, determinación de la categoría de la unidad

porcentajes de niveles que se presentan en su área, o determinar el nivel más representativo para la unidad.

En esta figura se nota que la consociación (unidad homogénea) Buena Vista (unidades cartográficas 4 y 5), el 100% de la unidad fue calificado como no apto para ser mecanizado (nivel de restricción 4), se incluye el 15% correspondiente a las inclusiones ya que estas no son reportadas como limitativas. A pesar de la presencia de diferentes fases por pendiente y erosión, ninguna de las dos es apta para ser mecanizada, por tanto entrarán en una misma clase (4, No apta).

Para Llano Grande (unidades 2 y 3), se tendría el resultado de la evaluación de una unidad heterogénea (Asociación) donde el componente Llano Grande que ocupa un 65% del área, tiene una aptitud moderada en tanto que el componente Carpintero que ocupa el 35% del área, fue calificado con una aptitud marginal.

Para la unidad Puerto Limón, el 80% de los componentes se calificaron como no aptos y el 15% como marginal. Como se trata de un complejo, la clase de aptitud es definida por el factor o factores más limitantes en este caso el total de la unidad entrará en la clase no apto.

En el ejemplo de la figura 4, se ha definido dos tipos de caracterizaciones. En la primera, CAT-A, se atribuye a toda la unidad el nivel de restricción para el cual 60% o más de la unidad está constituida por suelos teniendo este nivel o más severo. Como podemos ver, las únicas dos categorías que resultaron de esta fórmula son la 2 y la 4. En la categorización según CAT-B, se establecieron 3 categorías diferentes, según las tres combinaciones de proporciones que ocurrían en el ejemplo. En casos reales, es muy posible que ocurran más combinaciones, y hay que recordar que Microsoft Excel solamente acepta 7 niveles de operaciones "IF" incluso una dentro de otras dentro de una misma fórmula.

Una vez que la categorización es hecha, se selecciona la tabla excel y se salva en format dbase4 (con una extensión .dbf) para poder utilizarla en MapMaker.

7. Despliegue del mapa de categorías

Para poder desplegar el mapa de las unidades cartográficas, diferenciándolas con un color que indica su categoría, habría que copiar el número de la categoría correspondiente a cada unidad en la tabla mostrada en la figura 2 d). Eso es una operación de "unir tablas" que no se puede hacer ni en MapMaker, ni en Excel (pero que sí se puede hacer en Arc-View y en Access, por ejemplo). Sin embargo, esta unión de tablas se dificulta mucho por el hecho de tener, en la tabla de unidades de la figura 4, varias líneas para cada unidad (recordemos que es así para acomodar sus diferentes suelos constituyentes). Vamos a utilizar un "truco" que nos permitirá ligar directamente nuestra cobertura de polígonos a la tabla de unidades de suelos y desplegar muy rápidamente cualquier cambio de criterios que deseamos hacer en ella. A partir de la cobertura inicial de polígonos (**suelos.dra**), vamos a crear una nueva cobertura exactamente igual, pero que tenga el número de la unidad cartográfica en el lugar del ID (por ejemplo, **unidades-suelos.dra**). Para el control del despliegue a partir de una columna de la base de datos, MapMaker considera la primera línea correspondiente a un identificador dado, línea en la cual aparece el número de la categoría que fue determinada para cada unidad cartográfica.

Para crear esta nueva cobertura, se deben seguir las etapas presentadas en la figura 5.

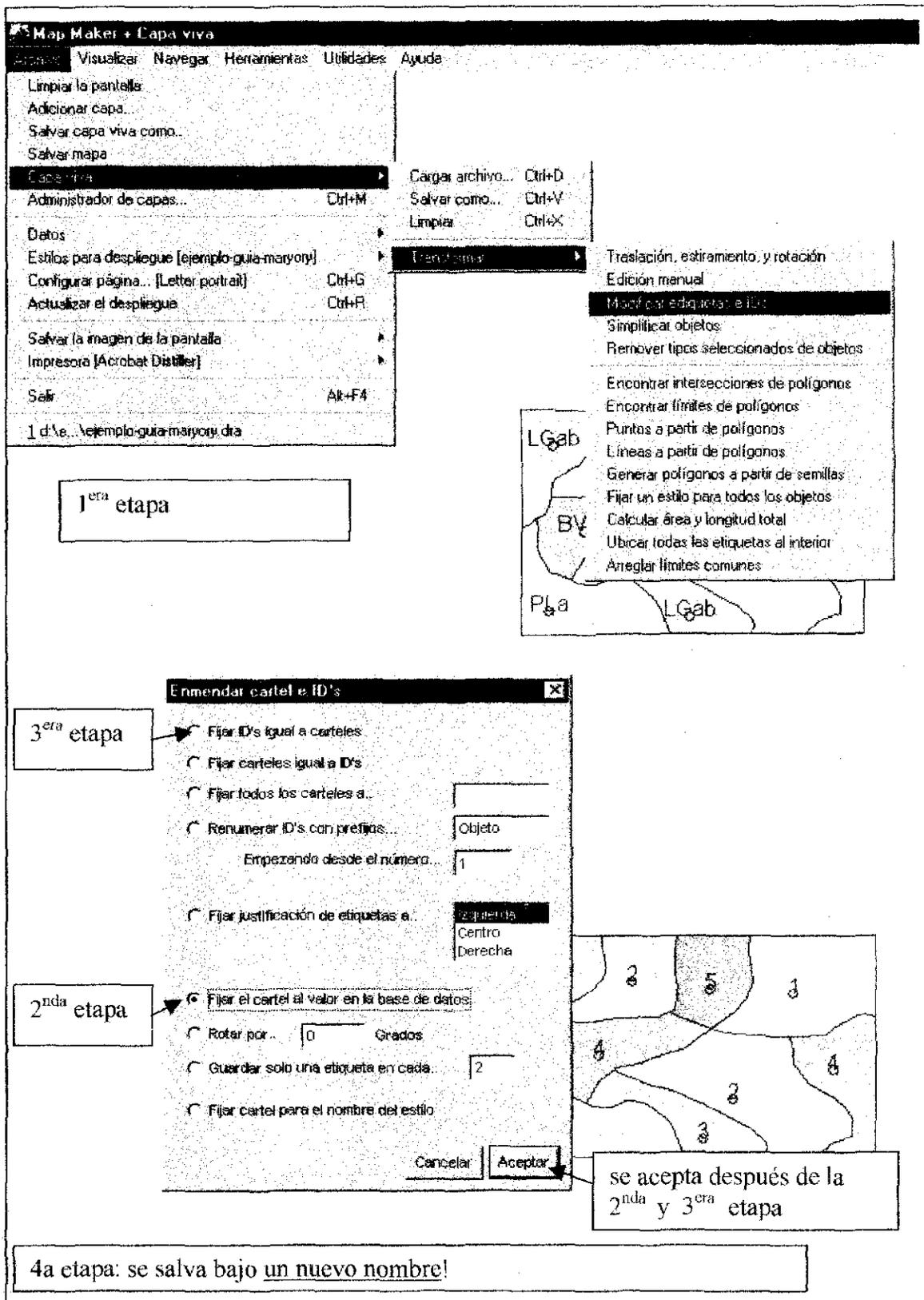


Figura 5: Etapas para la creación de una nueva capa que tenga el ID igual al número de la unidad cartográfica, para permitir un enlace directo con la tabla de evaluaciones

Las etapas resumidas del despliegue del mapa de evaluaciones son las siguientes:

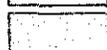
- Entrar a Map Maker, abrir el archivo **unidades-suelos.dra**,
- En la siguiente pantalla se escoge la opción VALORES DE DATOS EXTERNOS
- Allí selecciona la BASE DATOS **unidades-suelos.dbf**
- En la siguiente pantalla se escoge la opción ARCHIVOS DE CONTROL DE ESTILOS y se selecciona el archivo de estilos que se va a utilizar para recolorar el mapa (el cual debe haber sido creado previamente)
- Luego se va a la opción COLUMNA PARA ESTILO, en ella se escoge la columna que tiene el código por la cual se desea reclasificar el mapa ("CAT-A" o "CAT-B" para determinar el estilo de despliegue, según el esquema de categorización que desea).
- se elige la opción ACEPTAR.

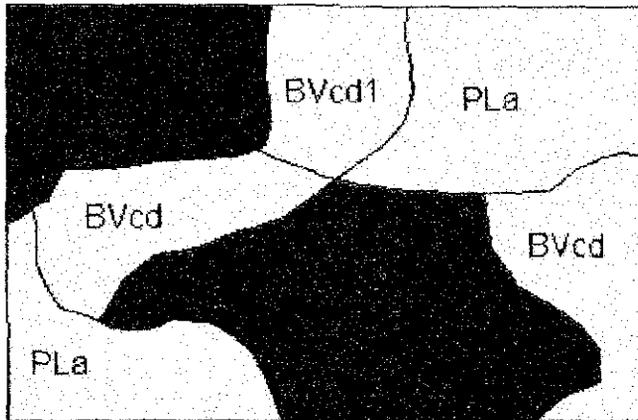
Para más detalles sobre la configuración de las capas y el enlace con bases de datos, se recomienda seguir los pasos de la lección 5 de la guía de aprendizaje de MapMaker (Beaulieu *et al.*, 1999)

La figura 6 muestra el mapa de la figura 1, con las unidades cartográficas coloreadas en función de la categoría determinada, utilizando un archivo de estilos preestablecido. La lección 4 de la guía de aprendizaje de MapMaker explica el procedimiento de creación de las leyendas. El recuadro a) muestra las categorías determinadas en la columna "CAT-A" de tabla **unidades-suelos.xls** de la figura 4, mientras que el recuadro b) muestra las categorías determinadas en la columna "CAT-B".

Sin salirse del MapMaker, se pueden modificar los criterios de determinación de los niveles de restricción, simplemente modificando la fórmula lógica en la columna "NIVEL" en la tabla Excel (usted puede tener los dos programas abiertos al mismo tiempo, si la memoria de su computador es suficiente). Las demás columnas de la tabla se actualizarán automáticamente. Después de haber salvado el archivo **unidades-suelos.xls**, sálvelo en formato dbase 4 (**unidades-suelos.dbf**). Para actualizar el despliegue del mapa, escoger **archivo/actualizar el despliegue** en el menú de MapMaker.

Categoría según el cálculo A

-  1: >40% del área sin restricciones
-  2: <40% del área no tiene restricciones moderadas
-  3: <40% del área no tiene restricciones severas
-  4: <40% del área no tiene restricciones muy severas
-  5: Conservación del bosque de galería



Categoría según el cálculo B

-  1: 65% del área tiene el nivel 2, 35% el nivel 3
-  2: 15% del área tiene el nivel 3 y 80% el nivel 4
-  3: 85% del área tiene el nivel 4

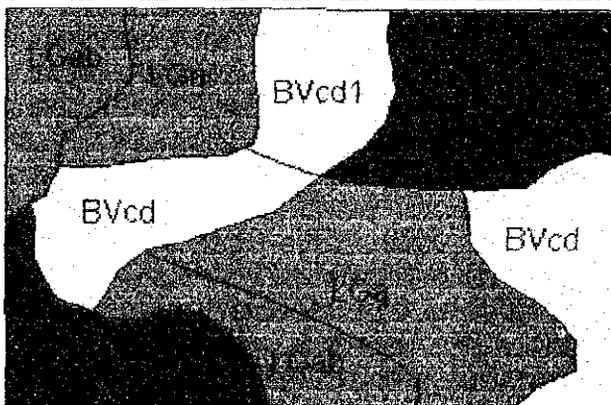


Figura 6: resultado de la evaluación, según dos tipos de determinación de la categoría final

BIBLIOGRAFIA

- BEAULIEU Nathalie, IMBACH Pablo, MUÑOZ Ovidio, Guía de Aprendizaje de Map Maker. Santiago de Cali, 1999.
- CIAT, EMBRAPA. (1999) Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina. Publicaciones CIAT No. 313. Palmira, Colombia.
- CORTÉS L. , A.y Malagón C., D. 1984. Los levantamientos Agrológicos y sus Aplicaciones Múltiples. Universidad de Bogotá "Jorge Tadeo Lozano". Santa Fe de Bogotá.
- IGAC (1978). Estudio general de suelos de los municipios de Cabuyaro, Fuente de Oro, Puerto López, San Carlos de Guaroa y la Inspección de Barranca de Upía. Departamento del Meta. Santa Fe de Bogotá, Colombia
- IGAC, 1982. Estudio General de Suelos del Municipio de Puerto Gaitán Departamento del Meta. 214 p.
- IGAC, 1987. Estudio General de Suelos del Municipio de Puerto Lleras y parte de los Municipios de Puerto Rico y San Martín. Departamento del Meta. 248 p.
- IGAC (1996), Manual de códigos para los levantamientos de suelos, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- LANDON, J. R. Booker Tropical Soil Manual. A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. England, 1984
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. FAO. 1976. Esquema de Evaluación de Tierras. Boletín 32. Roma, Italia. 65 p.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. FAO (1985). Directivas: evaluación de tierras para la agricultura en secano. Servicio de recursos, manejo y conservación de suelos. Dirección de fomento de tierras y aguas. Boletín de suelos No. 52. Roma.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. FAO (1985). Evaluación de tierras con fines forestales. Estudio FAO Montes No. 48. Roma.
- ROSSITER, D. 1996. Notas de clase del curso de Evaluación Automática de las Tierras – ALES-dictado en el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Oficina CIAF.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993. Soil Survey Manual. USDA-SCS Agriculture Handbook. No. 18 U.S. Gov. Punt Office, Washington D.C.
- UNITES STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA): Natural Resources Conservation Service, 1998. Key To Soil Taxonomy. Eighth Edition, Washington D.C.

VILLOTA H. 1992. El Sistema CIAF de Clasificación Fisiográfica del Terreno. Revista CIAF Vol. 13
pág. 55 – 70. Santa Fe de Bogotá.

ZINCK A. 1989. Sistema de clasificación Geomorfológica. International Institute for Aerospace
Survey and Earths Science –ITC- Enschede. The Netherlands.

ANEXO 1

CODIGOS TOMADOS Y/O ADAPTADOS DEL MANUAL DE CODIGOS DE SUELOS DEL IGAC (1996) Y DEL SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993.

PENDIENTE.

RANGO CODIGO

| | |
|--------------|----|
| 0 – 1 | 1 |
| 1 – 3 | 2 |
| 0 – 3 – 7 | 3 |
| 3 – 7 | 4 |
| 3 – 7 – 12 | 5 |
| 7 – 12 | 6 |
| 7 – 12 – 25 | 7 |
| 12 – 25 | 8 |
| 12 – 25 – 50 | 9 |
| 25 – 50 | 10 |

TEXTURA.

SIMBOLO CODIGO

| | |
|------------------------------------|----|
| Ar (arcilloso) | 1 |
| Ar L (arcillo-limoso) | 2 |
| Ar A (arcillo-arenoso) | 3 |
| L (limoso) | 4 |
| L Ar F (limoso-arcilloso-franco) | 5 |
| F (franco) | 6 |
| F Ar (franco-arcilloso) | 7 |
| F Ar L (franco-arcillo-limoso) | 8 |
| F Ar A (franco-arcillo-arenoso) | 9 |
| F Ar G (franco-arcillo-gravilloso) | 10 |
| F L (franco-limoso) | 11 |
| F A (franco- arenoso) | 12 |
| F A G (franco-arenoso-gravilloso) | 13 |
| F G (franco-gravilloso) | 14 |
| A (arenoso) | 15 |
| A F (arenoso-franco) | 16 |
| AG | 17 |

PROFUNDIDAD EFECTIVA

| CLASE | SIMBOLO | CODIGO | RANGO (cm) |
|----------------------------|---------|--------|------------|
| Extremadamente superficial | Ext S | 1 | < 10 |
| Muy Superficial | Muy S | 2 | 10 - 25 |
| Superficial | Su | 3 | 25 - 50 |
| Moderadamente Profunda | Mo P | 4 | 50 - 100 |
| Profunda | P | 5 | 100 - 150 |
| Muy Profunda Muy | P | 6 | > 150 |

DRENAJE NATURAL

| CLASE | SIMBOLO | CODIGO |
|-------------------|---------|--------|
| Pantanosos | Pan | 08 |
| Muy Pobre | Muy Po | 09 |
| Pobre | Po | 10 |
| Imperfecto | Imp | 11 |
| Moderado | Mo | 12 |
| Bien Drenado | BiD | 13 |
| Moderado excesivo | Mo ex | 14 |
| Excesivo | Exc | 15 |

CARACTERISTICAS DE LAS CLASES POR FRECUENCIA DE LAS INUNDACIONES

| CLASE | CODIGO |
|------------------------|--------|
| No hay | 0 |
| Raras | 1 |
| Ocasionales | 2 |
| Frecuentes irregulares | 3 |
| Frecuentes regulares | 4 |
| Inundables excesivas | 5 |

BOSQUE DE GALERIA, CODIGO

Areas que deberían estar conservadas con bosque de galería 1

GRADOS DE EROSION ACTUAL

| GRADO | CODIGO |
|--------------|---------------|
| No hay | 0 |
| Ligera | 1 |
| Moderada | 2 |
| Severa | 3 |
| Muy severa | 4 |

PH

| RANGO | CODIGO |
|--------------|---------------|
| < 4,5 | 1 |
| 4,5 - 5,0 | 2 |
| 5,1 - 5,5 | 3 |
| 5,6 - 6,0 | 4 |
| 6,1 - 6,5 | 5 |
| 6,6 - 7,3 | 6 |
| 7,4 - 7,8 | 7 |
| 7,9 - 8,4 | 8 |
| 8,5 - 9,0 | 9 |
| > 9 | 10 |

ANEXO 2

ESQUEMAS UTILIZADOS PARA OBTENER LOS LÍMITES ENTRE NIVELES DE APTITUD O RESTRICCIÓN.

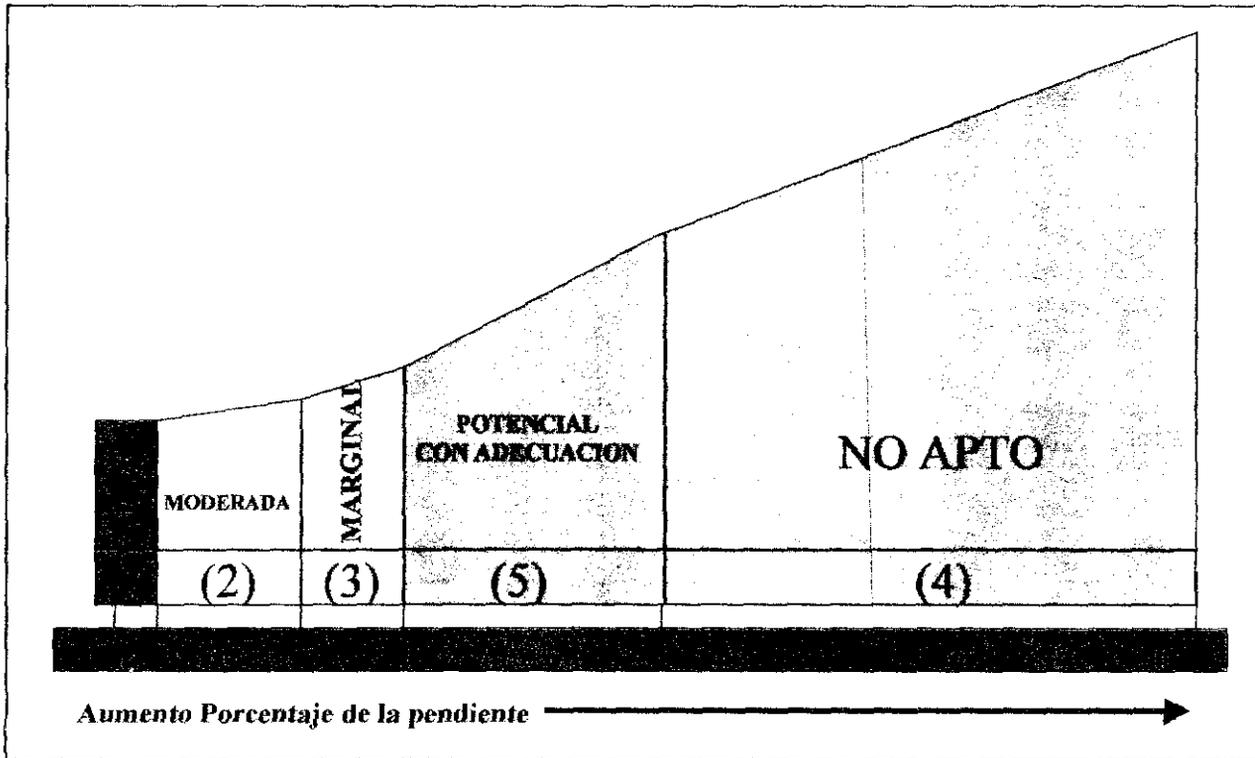


Figura A2-1: Esquema que ilustra los límites superior e inferior de la característica pendiente usados para evaluar la aptitud de las tierras para mecanización en el ejemplo.

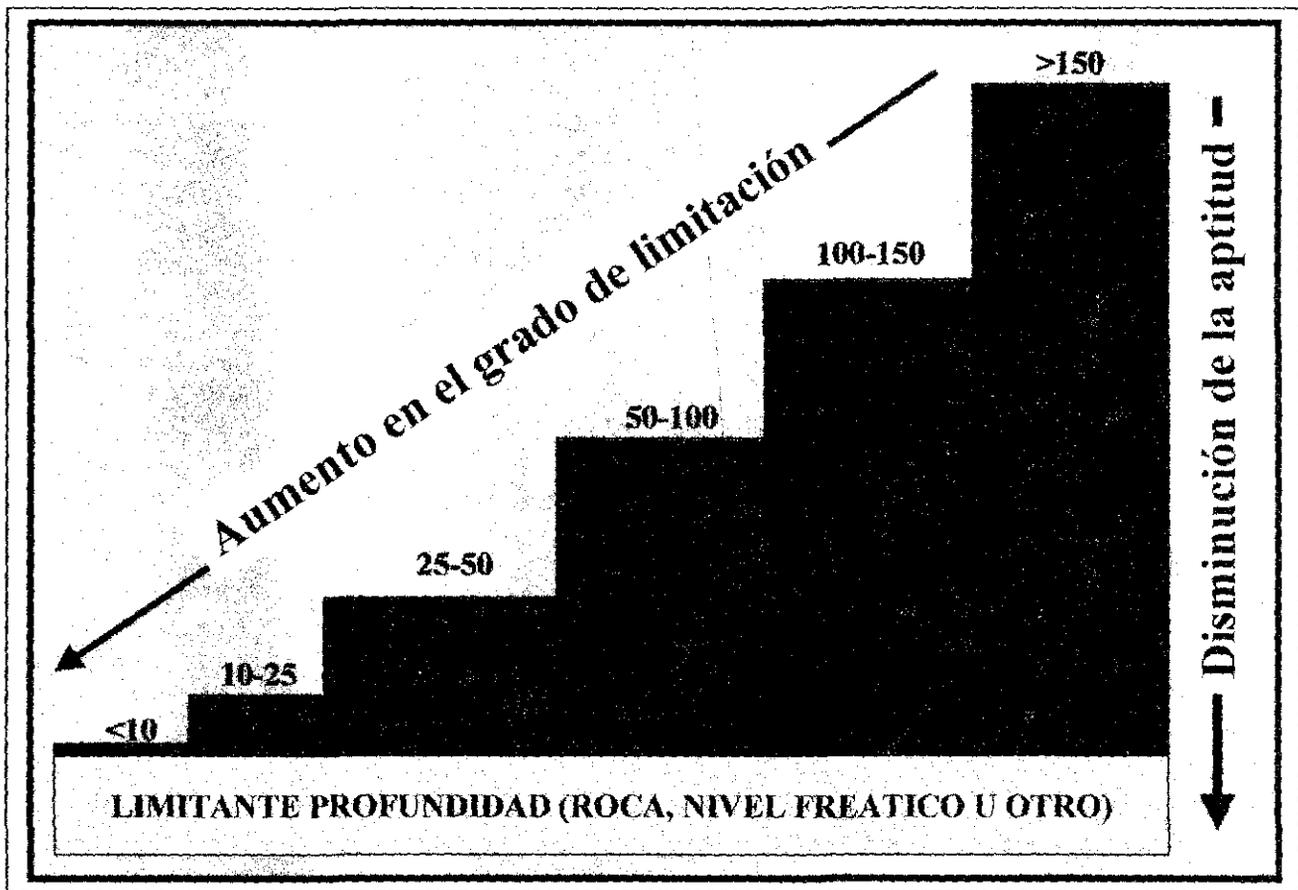


Figura A2-2: Esquema que ilustra los límites superior e inferior de la característica "profundidad efectiva" usados para evaluar la aptitud de las tierras para mecanización en el ejemplo.

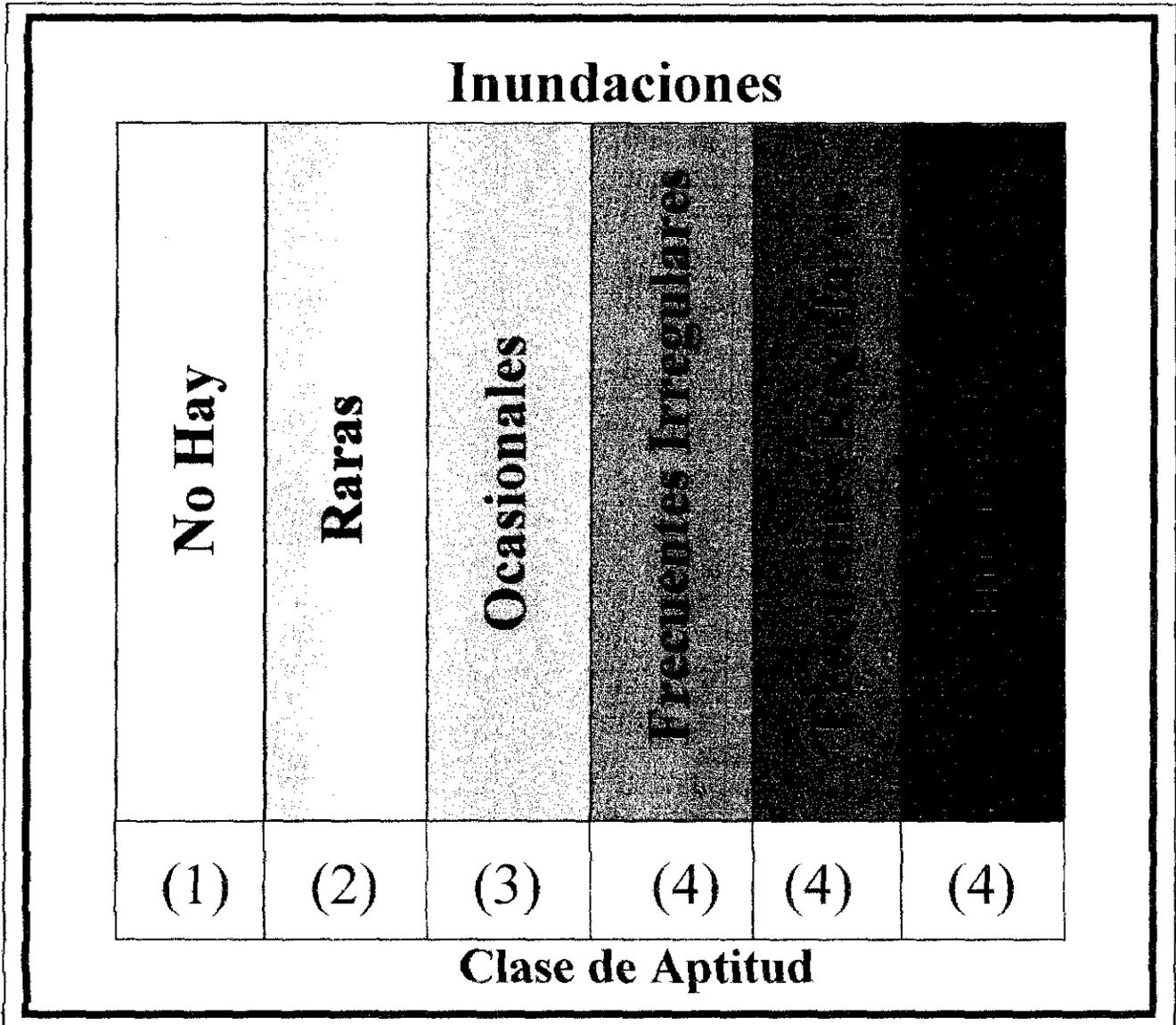


Figura A2-4: Esquema que ilustra los límites superior e inferior de la característica frecuencia de inundaciones usados para evaluar la aptitud de las tierras para mecanización en el ejemplo.

ANEXO 3

REQUERIMIENTOS DE ALGUNOS CULTIVOS Y SU CORRESPONDIENTE FORMULA LOGICA.

| MARAÑON | (1) | (2) | (3) |
|--|---|----------------------------|--|
| 1. Temperatura media anual (°C) | 21 - 29 | 29 - 34 | 29 - 34 |
| 2. Temperatura máxima anual promedio | 38 | >38 | > 38 |
| 3. Temperatura mínima anual Promedio | 10 | < 10 | < 10 |
| 4. Precipitación o lluvia anual (mm.) | 2000 - 3000 | 3000 - 3500 1500 - 2000 | < 1500 |
| 5. Humedad Relativa (%) | 65 - 80 | 80 - 90 55 - 65 | > 90 |
| 6. Vientos Km./h | 2 - 25 | > 25 | >25 |
| 7. Altitud (m.s.n.m) | 0 - 900 | 0 - 900 | |
| 8. Pendiente (%) | 1-3, 0-3-7, 3-7 | 3-7-12, 7-12 | 12-25, 12-25-50 25-50 |
| 9. Drenaje natural | MODERADO BIEN DRENADO | IMPERFECTO | PANTANOSO POBRE MUY POBRE MOD. EXCESIVO EXCESIVO |
| 10. Textura | ArL, ArA, L, LArF, F, FAr, FArL, FArA, FArG, FL | FA, FAG, FG.A,AF, AG | Ar |
| 11. Profundidad efectiva (cm) | > 50 | 25 - 50 | 0-10 y 10-25 |
| 12. pH | 4.5-5.5 | 5.6 - 7.3 | <4.5 y > 7.4 |
| 13. Capacidad de intercambio Catiónico (m-eq/100grs) | 1.42 - 4.64 | | |
| 14. Fósforo disponible (ppm) | 2.0 - 5.0 | | |
| 15. Potasio (meq/100grs) | 0.05 - 0.10 | | |
| 16. Otros nutrientes me/100g: | 0.30 - 0.65 | | |
| Ca | 1.0 - 3.75 | | |
| Al | 0.05 - 0.10 | | |
| Mg | 0.02 - 0.04 | | |
| Na | | | |

| PALMA AFRICANA | (1) | (2) | (3) |
|--------------------------------------|--|----------------------------|--|
| 1. Temperatura media anual (°C) | 25 - 28 | 20 - 25 28 - 30 | < 20 y > 30 |
| 2. Temperatura máxima anual Promedio | 29 - 33 | > 33 | > 33 |
| 3. Temperatura mínima anual Promedio | 22 - 24 | < 22 | < 22 |
| 4. Precipitación o lluvia anual (mm) | 1800 - 2200 | 1500 - 1800 2200 - 2500 | |
| 5. Humedad Relativa (%) | 75 | 65 - 75 | < 65 |
| 6. Insolación h/año (luminosidad) | > 1500 | 1400 - 1500 | < 1400 |
| 7. Altitud (m.s.n.m) | 0 - 500 | > 500 | >500 |
| 8. Pendiente (%) | 0-1, 1-3, 0-3-7, 3-7 | 3-7-12, 7-12 | 7-12-25, 12-25, 12-25-50, 25-50 |
| 9. Nivel freático (cm) | > 150 | 100 - 150 | < 100 |
| 10. Duración de inundaciones (días) | 2 | 3 - 5 | > 5 |
| 11. Drenaje natural | MODERADO BIEN DRENADO | IMPERFECTO | PANTANOSO POBRE MUY POBRE MOD. EXCESIVO EXCESIVO |
| 12. Textura | L, LArF, F, FAr, FArL, FArA, FArG, FL | Ar, ArL, ArA, | FA, FAG, FG, A, AF, G |
| 13. Profundidad efectiva (cm) | >100 | 50 - 100 | < 50 |
| 18. pH | 4.5 - 5.5 | 5.5 - 7.3 | <4.5 y > 7.3 |

| ARROZ DE SECANO | (1) | (2) | (3) |
|--|--------------------------|---|--|
| 1. Temperatura media anual (°C) | 30-32 | 30-24 y 32-36 | 24-18 y 36-40 |
| 2. Precipitación o lluvia anual (mm.) | 1400 | 1400-1200 | 1200-1000 |
| 3. Altitud (m.s.n.m) | 0-1000 | 0-1000 | 1000-1200 |
| 4. Pendiente | 0-1, 1-3 | 0-3-7, 3-7 | 3-7-12, 7-12, 7-12-25, 12-25, 12-25-50, 25-50 |
| 5. Nivel freático (cm) | 25-50 | 25-50 | <25 |
| 6. Duración de Inundaciones (días) | <15 | <15 | >15 |
| 7. Drenaje natural | MODERADO BIEN DRENADO | IMPERFECTO | PANTANOSO MUY POBRE POBRE MOD. EXCESIVO EXCESIVO |
| 8. Textura | Ar- FAr | ArL, ArA, L, LArF, F, FAr, FArL, FArA, FArG, FL | FA, FAG, FG, A, AF, G |
| 9. Profundidad efectiva (cm) | >50 | 10 - 50 | <10 |
| 10. pH | 5.5-6.5 | 5.0 - 5.5 6.5 - 7.3 | < 5.0 y > 7.3 |
| 11. Capacidad de intercambio catiónico (m-cq/100grs) | >16 | 16-14 | <14 |

Las necesidades nutricionales de la plantación en producción de arroz de secano son:

1. Nitrógeno (Kg/Ha) 0 - 30
2. Fósforo (Kg/Ha) 25 - 50
3. Potasio (Kg/Ha) 25- 50

El arroz puede tolerar concentraciones bajas de Al.

Se siembra como monocultivo, intercalado con maíz. Las enfermedades y plagas mas comunes son: Cercospora Oryzae, Leptocorisa acuta, Spodoptera mauritia.

| SOYA | (1) | (2) | (3) |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---|
| 1. Temperatura media anual (°C) | 20 - 26 | 18 - 20 26 - 30 | < 18 y > 30 |
| 2. Precipitación o lluvia anual (m.m) | 350 - 450 | 300 - 350 450 - 500 | < 300 y > 500 |
| 3. Altitud (m.s.n.m) | 900 - 1200 | 800 - 900 1200 - 1250 | |
| 4. Topografía | PLANA | | |
| 5. Pendiente (%) | 0-1, 1-3, 0-3-7, 3-7 | 3-7-12, 7-12 | 7-12-25, 12-25, 12-25-50, 25-50 |
| 6. Nivel freático (cm) | >150 | | |
| 7. Drenaje natural | MODERADO BIEN DRENADO | IMPERFECTO | PANTANOSO MUY POBRE POBRE EXCESIVO |
| 8. Textura | F, FAr, FArL, FArA | Ar, ArL, ArA, L, LArF, FArG, FL | FA, FAG, FG, A, AF |
| 9. Profundidad efectiva (cms) | 50-100 > 50 | 25-50 | < 25 |
| 10. pH | 4.5 - 5.5 | 5.5 - 6.5 | < 4.5 y > 6.5 |
| 11. Fertilidad del suelo | ALTA MUY ALTA | MODERADA BAJA | MUY BAJA |
| 12. Saturación de aluminio (%) | < 20 | | |

Requerimientos nutricionales para la producción de dos toneladas de soya por hectárea.

Cantidades promedio (Kg/Ha) de:

| | |
|--------------|-----|
| 1. Nitrógeno | 180 |
| 2. Fósforo | 40 |
| 3. Potasio | 75 |
| 4. Magnesio | 20 |
| 5. Calcio | 45 |
| 6. Azufre | 14 |

Fuente: Ohlrogge y Kamprath, 1968, citado por Corpoica, 1994

La soya no tolera excesos de humedad en el suelo.

| PAPAYA | | (1) | (2) | (3) |
|---------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| 1. | Temperatura media anual (oC) | 25 - 30 | 20 - 25 30 - 35 | < 20 y > 35 |
| 2. | Precipitación o lluvia anual (m.m) | 1500 - 2000 | 1000 - 1500 2000 - 2500 | < 1000 y > 2500 |
| 2. | Vientos Km/h. | 80 | | |
| 3. | Altitud (m.s.n.m) | 0 - 1600 | | |
| 4. | Pendiente (%) | 0 - 1, 1 - 3, 3-7, 0-3-7 | 7 - 12 3 - 7 - 12 | 12 - 25 25 - 50 7 - 12 - 25 12 - 25 - 50 |
| 5. | Drenaje natural | MODERADO BIEN DRENADO | IMPERFECTO | PANTANOSO MUY POBRE POBRE MOD.EXCESIVO EXCESIVO |
| 6. | Textura | F, FAr, FArL, FArA, FArG, FL, FA | Ar, ArL, ArA, L, LArF | FAG, FG, A, AF |
| 7. | Profundidad efectiva (cms) | 50 - 100 > 100 | 25 - 50 | < 25 |
| 8. | pH | 5.1 - 6.5 | 4.5 - 5.1 6.5 - 7.3 | < 4.5 y > 7.3 |

| YUCA | | (1) | (2) | (3) |
|------|------------------------------------|---|--------------------------|--|
| 1. | Temperatura media anual (oC) | 22 - 28 | 16 - 22 28 - 32 | < 16 y > 32 |
| 2. | Temperatura máxima anual promedio | 32 | > 32 | > 32 |
| 3. | Temperatura mínima anual promedio | 16 | < 16 | < 16 |
| 4. | Precipitación o lluvia anual (m.m) | 750 - 2000 | 700 - 750 2000 - 2050 | < 700 y > 2050 |
| 5. | Altitud (m.s.n.m) | 0 - 2300 | 3-7-12 | 7-12-25 |
| 6. | Pendiente (%) | 0-1, 1-3, 0-3-7, 3-7 | 7-12 | 12-25-50 25-50 |
| 7. | Drenaje natural | MODERADO BIEN DRENADO | IMPERFECTO | PANTANOSO MUY POBRE POBRE EXCESIVO MOD. EXCESIVO |
| 8. | Textura | ArL, ArA, L, LArF, F, FAr, FArL, FArA, FArG, FL | FA, FAG, FG | Ar, A, AF, G |
| 9. | Profundidad efectiva (cms) | 50 - 100 > 50 | 25 - 50 | < 25 |
| 10. | Ph | 5.5 - 6.5 | 4.5 - 5.5 6.5 - 7.3 | < 4.5 y > 7.3 |
| 11. | Saturación de bases (%) | 80 | 50 - 80 | < 50 |
| 12. | Conductividad eléctrica (mmhos/cm) | 0.5 | 0.5-1.0 | > 1.0 |
| 13. | Saturación de Na (%) | 1.0-2.5 | 2.5-6.0 | > 6.0 |
| 14. | Saturación de aluminio (%) | 30 | 30-50 | > 50 |

Recomendaciones con base en el análisis de suelo, para producir 18 toneladas por hectárea, lo que absorbe:

| | |
|-----------|---------|
| Nitrógeno | 87 Kg |
| Fósforo | 37,6 Kg |
| Potasio | 117 Kg |
| Magnesio | 35 Kg |

| CACAO | | (1) | (2) | (3) |
|--------------|------------------------------------|---|----------------------------|--|
| 1. | Temperatura media anual (oC) | 23 - 28 | 21 - 23 28 - 32 | < 21 y > 32 |
| 2. | Precipitación o lluvia anual (m.m) | 1200 - 3500 | 1000 - 1200 3500 - 4000 | < 1000 y > 4000 |
| 3. | Humedad Relativa (%) | 70 - 80 | 65 - 70 80 - 85 | < 65 y > 85 |
| 4. | Altitud (m.s.n.m) | 30 - 1200 | | |
| 5. | Pendiente (%) | 0 - 1, 1 - 3, 0 - 3 - 7, 3 - 7, 3 - 7 - 12, 7 - 12 | 7 - 12 - 25 | 12 - 25, 12 - 25 - 50, 25 - 50 |
| 6. | Drenaje natural | MODERADO BIEN DRENADO | IMPERFECTO | PANTANOSO MUY POBRE POBRE MOD. EXCESIVO EXCESIVO |
| 7. | Textura | Ar, ArL, ArA, L, LArF, F, FAr, FArL, FArA, FArG, FL, FA | | FAG, FG, A, AF |
| 8. | Profundidad efectiva (cms) | 50 - 100 > 100 | 25 - 50 | < 25 |
| 9. | pH | 5.1 - 6.5 | 4.5 - 5.1 6.5 - 7.3 | < 4.5 y > 7.3 |

| MAIZ | (1) | (2) | (3) |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--|
| 1. Temperatura media anual (oC) | 20 - 32 | 10 - 20 32 - 35 | < 10 y > 35 |
| 2. Precipitación o lluvia anual (m.m) | 600 - 700 | 550 - 600 700 - 750 | < 600 y > 750 |
| 3. Altitud (m.s.n.m) | 0 - 3000 | | |
| 4. Pendiente (%) | 0-1, 1-3, 0-3-7, 3-7 | 3-7-12, 7-12 | 7-12-25, 12-25, 12-25-50, 25-50 |
| 5. Drenaje natural | MODERADO BIEN DRENADO | IMPRFECTO | PANTANOSO MUY POBRE POBRE MOD. EXCESIVO EXCESIVO |
| 6. Textura | F, FAr, FArL, FArA, FArG, FL, FA | Ar, ArL, ArA, L, LArF | FAG, FG, A, AF |
| 7. Profundidad efectiva (cms) | 10 - 25 > 25 | | < 10 |
| 8. Ph | 5.5 - 6.5 | 4.5 - 5.5 6.5 - 7.3 | < 4.5 y > 7.3 |
| 9. Aluminio (meq/100gs) | < 2 | | |

Una población de 50.000 plantas por hectárea con un rendimiento promedio de 3,0 Toneladas, extrae:

| | |
|-----------|-------|
| Nitrógeno | 72 Kg |
| Fósforo | 36 Kg |
| Potasio | 54 Kg |
| Calcio | 6 Kg |
| Magnesio | 6 Kg |

| CAUCHO | (1) | (2) | (3) |
|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| 1. Temperatura media anual (oC) | 25 - 30 | 20 - 25 30 - 35 | < 20 y > 30 |
| 2. Temperatura máxima anual promedio | 22 - 30 | 20 - 22 30 - 35 | < 20 y > 35 |
| 3. Temperatura mínima anual promedio | 15 | < 15 | < 15 |
| 4. Precipitación o lluvia anual (m.m) | 1500 - 3000 | 1200 - 1500 3000 - 3500 | < 1200 y > 3500 |
| 5. Humedad Relativa (%) | 70 - 80 | 65 - 70 80 - 90 | < 65 y > 90 |
| 6. Insolación h/año (luminosidad) | 1500 - 1800 | 1300 - 1500 | < 1300 |
| 7. Altitud (m.s.n.m) | 0 - 1200 | | |
| 8. Pendiente | 0-1, 1-3, 0-3-7, 3-7 | 3-7-12, 7-12 | 7-12-25, 12-25, 12-25-50, 25-50 |
| 9. Drenaje natural | MODERADO BIEN DRENADO | IMPERFECTO | PANTANOSO MUY POBRE POBRE MODERADO EXCESIVO EXCESIVO |
| 10. Textura | F, FAr, FArL, FArA, FArG, FL, FA | ArA, L, LArF, FAG, FG | Ar, ArL, A, AF |
| 11. Profundidad efectiva (cms) | 50 - 100 > 100 | 25 - 50 | <25 |
| 11. pH | 4.5 - 6.5 | 6.5 - 7.3 | < 4.5 y > 7.3 |

Las necesidades nutricionales de la plantación en producción, para un rendimiento de 1500 kg/Ha de caucho seco son:

1. Nitrógeno (Kg/Ha) 16 - 24
2. Fósforo (Kg/Ha) 21 - 28
3. Potasio (Kg/Ha) 60 - 90
4. Magnesio (Kg/Ha) 10

**FORMULAS LOGICAS PARA DETERMINAR LOS GRADOS DE RESTRICCION PARA
LOS TIPOS DE UTILIZACION ESPECIFICOS. MARAÑON, PALMA AFRICANA,
CAUCHO, ARROZ DE SECANO, SOYA.**

1. MARAÑON:

`==IF(BOSQ_GAL=1,4,+IF(OR(PEN_RANGO>7,TEXNUM<2,PROFNUM<2,DRENUM<11,DRENUM>13,PH_RANG=1,PH_RANG>6),3,+IF(OR(PEN_RANGO>4,TEXNUM>12,PROFNUM<4,DRENUM=11,PH_RANG>4),2,1)))`

2. PALMA AFRICANA

`==IF(APTITUD=1,4,+IF(OR(PEN_RANGO>6,TEXNUM>12,PROFNUM<3,DRENUM<11,DRENUM>13,PH_RANG=1,PH_RANG>6),3,+IF(OR(PEN_RANGO>3,TEXNUM<5,PROFNUM=4,DRENUM=11,PH_RANG>4),2,1)))`

3. ARROZ DE SECANO

`==IF(BOSQ_GAL=1,4,+IF(OR(PEN_RANGO>4,DRENUM<11,DRENUM>13,TEXNUM>11,PROFNUM<2,PH_RANG<2,PH_RANG>6),3,+IF(OR(PEN_RANGO>2,DRENUM=11,TEXNUM>7,TEXNUM<7,TEXNUM>1,PROFNUM<4,PH_RANG<4,PH_RANG=6),2,1)))`

4. SOYA

`==IF(BOSQ_GAL=1,4,+IF(OR(PEN_RANGO>6,DRENUM<11,DRENUM>13,TEXNUM>11,PROFNUM<3,PH_RANG<2,PH_RANG>5),3,+IF(OR(PEN_RANGO>4,DRENUM=11,TEXNUM<6,TEXNUM>9,PROFNUM<3,PH_RANG<2,PH_RANG>5),2,1)))`

5. PAPAYA

`==IF(BOSQ_GAL=1,4,+IF(OR(PEN_RANGO>6,DRENUM<11,DRENUM>13,TEXNUM>12,PROFNUM<3,PH_RANG<2,PH_RANG>6),3,+IF(OR(PEN_RANGO>4,DRENUM=11,TEXNUM<6,PROFNUM=3,PH_RANG<3,PH_RANG=6),2,1)))`

6. YUCA

`==IF(BOSQ_GAL=1,4,+IF(OR(PEN_RANGO>6,DRENUM>13,DRENUM<11,TEXNUM>14,TEXNUM<2,PROFNUM<3,PH_RANG<2,PH_RANG>6),3,+IF(OR(PEN_RANGO>4,DRENUM=11,TEXNUM>11,PROFNUM=3,PH_RANG<4,PH_RANG=6),2,1)))`

7. CACAO

=>IF(BOSQ_GAL=1,4,+IF(OR(PEN_RANGO>7,DRENUM<11,DRENUM>13,TEXNUM>12,PROFNUM<3,PH_RANG<2,PH_RANG>6),3,+IF(OR(PEN_RANGO=7,DRENUM=11,PROFNUM=3,PH_RANG=2,PH_RANG=6),2,1)))

8. MAIZ

=>IF(BOSQ_GAL=1,4,+IF(OR(PEN_RANGO>6,DRENUM<11,DRENUM>13,TEXNUM>12,PROFNUM<2,PH_RANG<2,PH_RANG>6),3,+IF(OR(PEN_RANGO>4,DRENUM=11,TEXNUM<6,PH_RANG<4,PH_RANG=6),2,1)))

9. CAUCHO

=>IF(BOSQ_GAL=1,4,+IF(OR(PEN_RANGO>6,DRENUM<11,DRENUM>13,TEXNUM<3,TEXNUM>14,PROFNUM<3,PH_RANG=1,PH_RANG>6),3,-IF(OR(PEN_RANGO>4,DRENUM=11,TEXNUM<6,TEXNUM>12,PROFNUM=3,PH_RANG=6),2,1)))