

EVALUACIÓN DE TIERRAS PARA LA ZONIFICACIÓN CON FINES AGROPECUARIOS A NIVEL NACIONAL. METODOLOGÍA A ESCALA GENERAL (1:100.000)



upra

Unidad de Planificación
Rural Agropecuaria

Consulte la versión actualizada aquí



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



MINAGRICULTURA



TODOS POR UN
NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

**EVALUACIÓN DE TIERRAS PARA
LA ZONIFICACIÓN CON FINES
AGROPECUARIOS ANIVEL NACIONAL.
METODOLOGÍA A ESCALA GENERAL (1:100.000)**

Consulte la versión actualizada [aquí](#)

En el 2019, este documento fue revisado y actualizado por el equipo de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). La versión más reciente se puede encontrar en el siguiente enlace:

[https://www.upra.gov.co/
documents/10184/104284/EVALUACI%C3%93N
+DE+TIERRAS+PARA+LA+ZONIFICACI%C3%
93N+CON+FINES+AGROPECUARIOS](https://www.upra.gov.co/documents/10184/104284/EVALUACI%C3%93N+DE+TIERRAS+PARA+LA+ZONIFICACI%C3%93N+CON+FINES+AGROPECUARIOS)

© Unidad de Planificación de Rural Agropecuaria- Upa

ISBN: 978-958-59384-2-7

Impreso en Colombia

Imprenta Nacional

Este documento es propiedad intelectual de la UNIDAD DE PLANIFICACIÓN RURAL AGROPECUARIA - UPRA. Sólo se permite su reproducción parcial cuando no se use con fines comerciales y citando este documento como:

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA, "Evaluación de Tierras para la Zonificación con fines Agropecuarios. Metodología a Escala General (1:100.000)", (2013).



MINAGRICULTURA



EVALUACIÓN DE TIERRAS PARA LA ZONIFICACIÓN
CON FINES AGROPECUARIOS A NIVEL NACIONAL.
METODOLOGÍA A ESCALA GENERAL 1:100.000

Consulte la versión actualizada [aquí](#)



JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN • *Presidente de la República de Colombia*

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR

AURELIO IRAGORRI VALENCIA • *Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural*

JUAN PABLO DÍAZ GRANADOS • *Viceministro de Desarrollo Rural*

JUAN PABLO PINEDA AZUERO • *Viceministro de Asuntos Agropecuarios*

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, UPRA

FELIPE FONSECA FINO • *Director General*

DORA INÉS REY MARTÍNEZ • *Directora Técnica de Ordenamiento de la Propiedad y Mercado de Tierras*

DANIEL ALBERTO AGUILAR CORRALES • *Director Técnico Uso Eficiente del Suelo Rural y Adecuación de Tierras*

DANIEL MAURICIO ROZO GARZÓN • *Jefe de la Oficina de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*

EMIRO JOSÉ DÍAZ LEAL • *Asesor de Planeación*

CAMILO ANDRÉS PULIDO LAVERDE • *Asesor de Control Interno*

JOHANA TRUJILLO MOYA • *Asesora de Comunicaciones*

DENNIS WILLIAM BERMÚDEZ • *Asesor Jurídico*

LUZ MARINA ARÉVALO SÁNCHEZ • *Asesora Técnica*



MINAGRICULTURA



**TODOS POR UN
NUEVO PAÍS**

PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

EVALUACIÓN DE TIERRAS PARA LA ZONIFICACIÓN CON FINES AGROPECUARIOS ANIVEL NACIONAL. METODOLOGÍA A ESCALA GENERAL (1:100.000)

Consulte la versión actualizada [aquí](#)

Editores

- Felipe Fonseca Fino
- Daniel Alberto Aguilar Corrales

Coordinador Técnico

- Daniel Alberto Aguilar Corrales

Autores UPRA

- Andrés Felipe Rodríguez Vásquez
- Alba Natalia Flórez Zambrano
- Ricardo F. Siachoque Bernal

Revisión de texto y estilo

- Johana Trujillo Moya
- Sandra García González
- Claudia Marcela Estrada

Diseño y diagramación

- Felipe Alejandro García
- Lorena Maryeth Rodríguez
- Constanza Rodríguez

Fotografías

- Banco de Imágenes UPRA
- Fotografías cedidas por
Corpoica



CONTRATO 124 DE 2013

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, UPRA
Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias
Agrarias.

Autores: Universidad Nacional de Colombia.

Luis Joel Martínez Martínez	Agrólogo MSc. Coordinador
Yolanda Rubiano	PhD, Profesora Evaluación de tierras
Hermann Restrepo Díaz	PhD, Profesor producción de cultivos
Sergio Andrés García	Ingeniero Agrónomo, Msc. Geomática
Jeiner Yobany Buitrago Escobar	Ingeniero Agrónomo, M Sc. Geomática
Deyanira Esperanza Vanegas	Economista, Área Socioeconómica
Cristhian Eduardo Páez	Zootecnista, Área producción Pecuaria
Ramiro Ocampo Gutiérrez	Agrólogo, Área Suelos
Alefsi David Sánchez Reinoso	Ingeniero Agrónomo, Producción de cultivos
Diana Alexandra Gómez	Ingeniera Agrónoma
Carlos Arturo Ramos	Estudiante MSc. Geomática
José Alexis Sánchez	Estudiante Ingeniería Agronómica
Rubén Darío Sandoval	Estudiante Ingeniería Agronómica
Jorge Eduardo Díaz	Estudiante Ingeniería Agronómica
Jennifer Andrea Bautista	Estudiante Ingeniería Agronómica



Resumen

Como parte del contrato 124 de 2013 celebrado entre la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria –UPRA– y la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, sede Bogotá, se desarrolló una propuesta metodológica para la evaluación de tierras con fines agropecuarios a nivel nacional. La metodología es a escala 1: 100.000, incluye criterios de tipo biofísico, sociales, económicos y ambientales. Se realizó una validación de la metodología propuesta mediante dos aplicaciones en 13 municipios del norte del departamento del Cauca y 9 municipios del sur del departamento del Tolima. Se realizaron 6 talleres para la socialización de los resultados y ajustes de la metodología propuesta.

Palabras claves:

Evaluación de tierras, zonificación, usos agropecuarios, UPR.

Abstract

As part of a contract between the Unidad de Planificación de Tierras Rurales Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios –UPRA– y la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, sede Bogotá, a proposed methodology for land evaluation for agricultural purposes at national level was developed. The method is to scale 1: 100,000, includes biophysical, social, economic and environmental criteria. Validation of the proposed method was performed through two applications in 13 municipalities of northern Cauca and 9 municipalities in southern Tolima. Six workshops for socialization of results and method adjustments were made.

Keywords:

Land evaluation, land zoning, UPR, land use.

Tabla de contenido

Índice de tablas	10
Índice de ilustraciones	11
Introducción	14
Estructura del informe	15
Objeto	15
Alcance	15

Capítulo 1.

Antecedentes	16
--------------	----

1.1. Contexto sectorial	17
1.2. Marco jurídico	

Capítulo 2.

Diagnóstico	18
-------------	----

Capítulo 3.

Marco de Referencia	20
---------------------	----

3.1. Marco teórico	21
3.2. Marco conceptual	22
3.3. Definiciones	22
3.4. Componente social y económico dentro de la evaluación de tierras	25
3.4.1. Análisis territorial para la evaluación de tierras	25

3.4.2. Evaluación económica y social en el marco de la evaluación de tierras	26
3.4.3. Criterios para adelantar la evaluación socioeconómica	29
3.4.4. Componentes temáticos de la evaluación socioeconómica en la evaluación de tierras	30
3.4.5. Identificación y caracterización de actores e instancias de planificación y ordenamiento territorial y ambiental	31
3.4.6. Contexto político e institucional	32
3.4.7. Área de evaluación de tierras	33
3.4.8. Tipos de uso de las tierras	34
3.4.9. Interacción entre los componentes conceptuales de análisis	35
3.5. Unidades de tierra	36
3.5.1. Selección de las unidades de tierra	37
3.5.2. Zonas agroclimáticas	37
3.5.3. Zonas agroecológicas	37
3.5.4. Unidades de manejo	38
3.5.5. Unidades cartográficas de suelos	38

Capítulo 4.

Metodología propuesta para la evaluación de tierras	44
---	----

4.1. Consultas iniciales	46
4.1.1. Contactos institucionales y planificación de la evaluación de tierras.	46
4.2. Definición de los objetivos de la evaluación de tierras	46
4.2.1. ¿En qué consiste?	46
4.2.2. ¿Cómo se lleva a cabo?	46
4.2.3. Tipo de información y datos requeridos	46
4.2.4. Principales fuentes de información	47
4.2.5. Resultados a obtener	47
4.2.6. Métodos para acopiar, procesar y presentar los datos e información	47
4.3. Análisis territorial	48
4.3.1. Identificación y caracterización de actores y sus roles en la evaluación de tierras.	48
4.3.2. Instancias de planificación y ordenamiento y contexto político – institucional	51
4.3.3. Análisis del contexto político – institucional	53

4.4. Características y cualidades de las unidades de tierra	54	Capítulo 7.	
4.4.1. Clima ambiental	57	Clasificación del uso actual y la cobertura de la tierra	84
4.4.2. Relieve (topografía)	57		
4.4.3. Disponibilidad de oxígeno en la zona radicular	58	7.1. Fuentes de datos requeridos	87
4.4.4. Disponibilidad de agua en la zona radicular	59	7.2. Capas de coberturas CLC-Colombia	87
4.4.5. Disponibilidad de nutrientes	61	7.3. Imágenes de satélite y su procesamiento	88
4.4.6. Exceso de sales y/o sodio	65	7.4. Modelos Digitales de Elevación-MDE	91
4.4.7. Toxicidades del suelo	66	7.5. Trabajo de campo	91
4.4.8. Capacidad de laboreo	66	7.6. Clasificación y leyenda	92
4.4.9. Riesgos climáticos	68	7.7. Fase dicotómica LCCS	93
4.4.10. Plagas y enfermedades	68	7.8. Fase modular-jerárquica LCCS	93
4.4.11. Acceso dentro de la unidad de producción	68	7.9. Clasificadores de uso definidos por el usuario	94
4.4.12. Tamaño de las unidades de manejo	68		
4.4.13. Ubicación	68	Capítulo 8.	
Capítulo 5.		Clasificación de las tierras por su aptitud	96
Criterios ambientales	70		
5.1. Determinantes ambientales	71	8.1. Clasificación biofísica	97
5.2. Cobertura actual	73	8.2. La clasificación de la aptitud económica	99
5.3. Riesgo de erosión	73	8.2.1. ¿Cómo se lleva a cabo?	99
5.4. Riesgo de inundación	75	8.2.2. Tipo de información y datos requeridos	103
Capítulo 6.		8.2.3. Principales fuentes de información	103
Tipos de usos de la tierra	76	8.2.4. Resultados a obtener	103
6.1. Descripción de los tipos de uso de la tierra	77	8.2.5. Métodos para acopiar, procesar y presentar los datos e información	103
6.1.1. Usos existentes	78	8.3. Análisis de alternativas	104
6.1.2. Orientación del mercado	78	8.3.1. ¿Cómo se lleva a cabo?	104
6.1.3. Necesidad de capital	78	8.3.2. Tipo de información y datos requeridos	104
6.1.4. Mano de obra	78	8.3.3. Resultados a obtener	104
6.1.5. Conocimientos técnicos	78	8.3.4. Consideraciones a tener en cuenta	105
6.1.6. Fuentes de energía	78		
6.1.7. Mecanización	79	Conclusiones	106
6.1.8. Tenencia de la tierra	79	Bibliografía	107
6.1.9. Características de los cultivos	79		
6.1.10. Rendimientos	79		
6.2. Requerimientos de los usos	80		
6.2.1. Requerimientos de los cultivos	81		
6.2.2. Requerimientos de manejo	81		
6.3. Criterios para la selección de los requerimientos	81		
6.3.1. Procedimiento para realizar la valoración de los requerimientos	82		
6.3.2. Fuentes de información	82		

Índice de tablas

Tabla 1.	Cualidades y características de las unidades de tierra	56
Tabla 2.	Clases de pendiente (fases estudios de suelos – IGAC)	58
Tabla 3.	Clases de longitud y forma de la pendiente	58
Tabla 4.	Clases por drenaje natural	59
Tabla 5.	Clases de régimen de humedad del suelo	60
Tabla 6.	Clases de textura del suelo	61
Tabla 7.	Clases de fertilidad utilizada por IGAC en los estudios de suelos	62
Tabla 8.	Escala de calificación del porcentaje de carbón orgánico de un suelo	62
Tabla 9.	Clasificación de la relación Carbono/Nitrógeno, utilizada para estimar la disponibilidad de nutrientes en el suelo	63
Tabla 10.	Clasificación de la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo	64
Tabla 11.	Escala de calificación de la reacción del suelo (pH)	64
Tabla 12.	Calificación de la saturación de bases total del suelo (CIC)	65
Tabla 13.	Saturación de Cationes del suelo (CIC)	65
Tabla 14.	Clases de salinidad del suelo	65
Tabla 15.	Clases de sodicidad del suelo	66
Tabla 16.	Clases de saturación de aluminio (SAI) del suelo	66
Tabla 17.	Calificación de la profundidad efectiva del suelo	67
Tabla 18.	Clases por abundancia de afloramientos rocosos y recubrimiento de fragmentos de roca o piedra en superficie	68
Tabla 19.	Clases por volumen de fragmentos de roca o piedra en el perfil	68
Tabla 20.	Clases por intensidad de heladas	68
Tabla 21.	Determinantes Ambientales según el artículo 10 de la Ley 388/97	73
Tabla 22.	Clases por grado de erosión	74
Tabla 23.	Clases por frecuencia y duración de inundaciones-encharcamientos	75
Tabla 24.	Listado de rubros para la descripción los tipos de utilización de la tierra con fines agrícolas	78
Tabla 25.	Lista de usos agrícolas seleccionados para establecer los requerimientos	80
Tabla 26.	Fuentes de datos necesarios para la clasificación del uso actual y la cobertura de las tierras	87
Tabla 27.	Especificaciones técnicas de las imágenes RapidEye	90
Tabla 28.	Criterios de decisión teniendo en cuenta el Valor Presente Neto (VPN)	101
Tabla 29.	Interpretación de los valores de la Relación Beneficio Costo (RBC)	102

Figura 1.	Mapa conceptual general del proceso de evaluación de tierras en su componente socioeconómico	30
Figura 2.	Articulación de la metodología de los aspectos socioeconómicos a la metodología general de la evaluación de tierras	30
Figura 3.	Actores e instancias de planificación y ordenamiento en la evaluación de tierras	31
Figura 4.	Contexto político – institucional en la evaluación de tierras	32
Figura 5.	Área a ser evaluada con el enfoque de evaluación de tierras	33
Figura 6.	Tipos de uso de las tierras	35
Figura 7.	Interacción entre componentes conceptuales de la evaluación socioeconómica en la evaluación de tierras	37
Figura 8.	Representación gráfica de una consociación de suelos	41
Figura 9.	Representación esquemática de una asociación de suelos	42
Figura 10.	Diagrama conceptual de la metodología propuesta para la evaluación de tierras con fines agropecuarios	45
Figura 11.	Ejemplo de los componentes de los estudios de suelos realizados por el IGAC, base de la interpretación de evaluación de tierras	55
Figura 12.	Metodología propuesta para la clasificación del uso actual y la cobertura de las tierras agrícolas	86
Figura 13.	Ejemplo Capas CLC-Colombia en el nivel 1. Fuente: estudio actual	88
Figura 14.	Ejemplo mosaico de imágenes RapidEye. Fuente: estudio actual	90
Figura 15.	Ejemplo Modelo Digital de Elevación MDE. Fuente: estudio actual	91
Figura 16.	Distribución espacial de las coberturas mediante un proceso de cartografía social	92
Figura 17.	Fase dicotómica LCCS y la ruta para llegar a la clase de cobertura áreas terrestres manejadas y cultivadas	93
Figura 18.	Fase modular-jerárquica LCCS para la cobertura tipo áreas terrestres manejadas y cultivadas	94
Figura 19.	Módulo LCCS de atributos técnicos (nivel VI)	95
Figura 20.	Determinación de las clases de aptitud	98
Figura 21.	Análisis de alternativas resultantes en la evaluación de tierras	104

Índice de ilustraciones

Presentación

La formulación de políticas de uso del suelo en Colombia debe sustentarse en una serie de estudios técnicos y en el desarrollo de una serie de instrumentos de planificación para que los resultados y los impactos sean los esperados; en este sentido el desarrollo de la misión de la UPRA tiene como epicentro la formulación de lineamientos, criterios e instrumentos en materia de uso eficiente del suelo en Colombia, para alcanzar esta premisa adicionalmente es fundamental la coherencia y la articulación a la realidad y particularidad de los diferentes territorios.

El presente documento expone de forma sistemática el método para evaluar la tierra en función de su capacidad productiva, incorporando las dimensiones económica, social y ambiental; en cumplimiento del desarrollo misional y subsanando un vacío en materia de instrumentos de planificación rural agropecuaria, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a través de la UPRA responde de forma clara y objetiva la siguiente cuestión, ¿cuáles sistemas productivos son viables desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental, en un territorio particular?, respuesta esencial que orienta específicamente las políticas y reduce el riesgo y la atomización de las inversiones.

Si bien con esta publicación se pone a disposición del sector agropecuario y entes territoriales una herramienta que ayuda a la toma de decisiones sobre el uso eficiente del suelo, se debe entender que las zonificaciones producto de la aplicación de este método no reglamentan el uso del suelo; dado que el instrumento de planificación que determina la política de uso del suelo es el plan de ordenamiento territorial.

FELIPE FONSECA FINO
Director General Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, UPRA

Prólogo

Los retos de la agricultura a nivel mundial implican responder a una demanda de productos agropecuarios que suplan las necesidades de una población que está por encima de los 7.000 millones de habitantes y unas proyecciones de 2.000 millones adicionales para el año 2050; panorama que obliga a pensar en una nueva agricultura orientada en tres vías: aumentar el área cultivada en relación a la empleada actualmente, mejorar los rendimientos y la productividad por unidad de área y mejorar la eficiencia en la logística que permita reducir sustancialmente las pérdidas.

Según estudios realizados por el IICA, para el año 2050 la producción de alimentos deberá incrementarse en un 70%; en este escenario Colombia tiene una excelente oportunidad para impulsar el desarrollo de agronegocios dado que presenta una serie de ventajas competitivas relacionadas con su diversidad de climas, disponibilidad de agua y por contar con alrededor de 21 millones de hectáreas de suelos con vocación agropecuaria, todo esto sumado a una ubicación geográfica privilegiada.

Planificar y proyectar el sector agropecuario a nivel de país para abordar y aprovechar esta vocación, implica dar un paso más allá de ver el suelo como el único recurso a tener en cuenta; para poder definir en que zonas se pueden implementar políticas que promuevan los diferentes sistemas productivos; es necesario que se incorporen las dimensiones económicas, sociales y ambientales, para garantizar el éxito en materia de competitividad y sostenibilidad de las actividades agropecuarias.

En este sentido, la UPRA proyecta al sector agropecuario del país en el marco de una estrategia de ordenamiento productivo y de la propiedad que, integrados, van a permitir alcanzar el uso eficiente del suelo; para ello desarrolla la presente metodología de evaluación de tierras que tiene por objeto responder a la pregunta cuál es la aptitud de la tierra en función de diferentes sistemas productivos, y de esta manera determinar dónde deben ubicarse. Para definir las áreas de aptitud por sistemas agrícolas, pecuarios, forestales, acuciolas y pesqueros en esta metodología incorpora de forma innovadora variables de mercados, infraestructura, condiciones socioeconómicas y bienes y servicios ecosistémicos, de tal forma que permita evaluar la tierra de forma integral.

DANIEL ALBERTO AGUILAR CORRALES
Director Técnico Uso Eficiente del Suelo Rural y Adecuación de Tierras

Introducción

Para lograr los objetivos de la competitividad y sostenibilidad del sector agropecuario es fundamental contar con información confiable, oportuna y pertinente sobre los usos de la tierra en aspectos como ubicación apropiada, extensión, distribución espacial, relaciones entre los tipos de uso, entre otros. Igualmente, es básico tener información de las características biofísicas, ambientales, sociales y económicas de las áreas productoras, de los mercados y precios con el fin de realizar una planificación adecuada de la producción y la comercialización. El uso y manejo apropiados de los suelos, teniendo en cuenta su aptitud, es la forma más importante para conservar los suelos, de lo contrario se generan procesos de degradación que ocasionan no solo pérdida de la capacidad productiva si no impactos ambientales, sociales y económicos negativos.

La Evaluación de Tierras es el proceso mediante el cual se establece el desempeño de la tierra para un uso específico o sea la aptitud de uso de cada una de las clases de tierra existentes en una zona para determinados usos. El objetivo de la evaluación es proponer sistemas de uso que sean biofísicamente apropiados, socialmente aceptables, económicamente viables y que no ocasionen impactos negativos en el medio ambiente, es decir que sean sostenibles a largo plazo.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta la necesidad de contar con una metodología que sea aplicable a las diferentes regiones del país se desarrolló esta propuesta metodológica que permite ordenar los usos agropecuarios en el territorio nacional y que apoya la toma de decisiones referentes al uso y manejo del suelo rural.



Fotografía archivo UPRA.

Estructura del informe

La metodología de evaluación de tierras para zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional se presenta en tres documentos a saber:

- Consolidación de la metodología de la evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional: Propuesta general.
- Aplicación de la metodología general de evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional. Caso: norte del departamento del Cauca.
- Aplicación de la metodología general de evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional. Caso: sur del departamento del Tolima.

Objeto

El objeto del proyecto fue consolidar la metodología general de evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional.

Alcance

La metodología propuesta servirá de base para la planificación del uso agropecuario de las tierras y base general en la formulación de los planes de ordenamiento territorial, en lo referente a los criterios para el uso eficiente del suelo con fines agropecuarios. Dado que el alcance es nacional la metodología es flexible, de manera que se pueda adaptar a las diversas regiones, tipos de uso y características socioeconómicas de país.

Fotografía cortesía de: CORPOICA

Capítulo

1

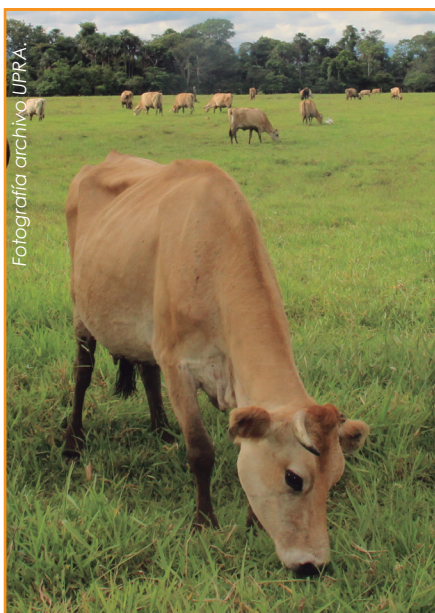
Antecedentes

1.1.Contexto Sectorial

La Evaluación de Tierras se enmarca dentro de la planificación del uso de las tierras y de esta forma se articula al ordenamiento territorial. La Ley 388 de 1997 establece que el ordenamiento del territorio municipal y distrital tiene por objeto complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible. Igualmente, establece que el suelo se clasifica en suelo urbano, suelo de expansión urbana, suelo rural, suelo suburbano y suelo de protección. Por su parte, a la UPRA le corresponde definir criterios, lineamientos y diseñar instrumentos para el ordenamiento del suelo rural apto para el desarrollo agropecuario, que sirvan de base para la definición de políticas a ser consideradas por las entidades territoriales en los Planes de Ordenamiento Territorial.

1.2. Marco Jurídico

Mediante decreto 4145 de 2011 se creó la Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios – UPRA- adscrita al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural con el objeto de orientar la política de gestión del territorio para usos agropecuarios. Según el citado decreto la UPRA planificará, producirá lineamientos, indicadores y criterios técnicos para la toma de decisiones sobre el ordenamiento social de la propiedad de la tierra rural, el uso eficiente del suelo para fines agropecuarios, la adecuación de tierras, el mercado de tierras rurales, y el seguimiento y la evaluación de las políticas públicas en estas materias.



Fotografía archivo UPRA.

Fotografía archivo UPRA.

Capítulo 2

Diagnóstico

La ocupación de gran parte del territorio rural colombiano se realiza sin considerar las características específicas de los suelos, el relieve, el clima, las características ambientales, sociales y económicas, lo cual resulta en incompatibilidad entre la forma como se utilizan las tierras y su aptitud de uso, generando conflictos entre los usos de las tierras. La introducción de usos no apropiados se manifiesta en la baja productividad, la generación de procesos de degradación de las tierras y en consecuencia la disminución de la sostenibilidad y competitividad de los sistemas productivos así establecidos.

Desde hace algunos años se han encaminado acciones para orientar la ocupación del territorio y el uso de sus recursos naturales de acuerdo con los limitantes y potencialidades existentes. Para lograr lo anterior, se requieren mecanismos normativos, algunos ya incluidos como parte de los procesos de ordenamiento territorial y zonificación ambiental actualmente vigentes. En este contexto, el desarrollo de métodos aplicables a las condiciones del país, y que permitan planificar el uso y de manejo de las tierras son fundamentales como apoyo al proceso de toma de decisiones.

Con base en lo anterior, la UPRA inició el desarrollo de esta metodología que permitirá abordar la planificación del uso eficiente del suelo rural. El proyecto tiene por objeto la consolidación de la metodología de evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional.

Fotografía archivo UPRA.

Capítulo 3

Marco de
Referencia

3.1. Marco teórico

El estudio de las tierras se ha realizado desde mucho tiempo atrás, inicialmente con fines catastrales para determinar el avalúo y fijar impuestos. Para el caso agropecuario una de las primeras propuestas fue la clasificación de las tierras por su capacidad de uso (Klingebiel y Montgomery, 1961), que se conoce también como las 8 clases agrológicas. Se basa en una agrupación de los suelos con base en su capacidad para la producción de cultivos y de pastos sin considerar los tipos de uso y de manejo específicos; en consecuencia, el sistema no suministra la información necesaria para realizar una elección entre diferentes opciones de uso de la tierra.

De acuerdo con Rossiter (1994), en la década de los 70, hubo un aumento creciente de personas que estaban en desacuerdo con los métodos de clasificación de tierras existentes debido a su ineficiencia para planificar adecuadamente el uso. Los principales inconvenientes que presentaban los métodos existentes eran:

- Los métodos existentes se basaban únicamente en factores físicos de las tierras e ignoraban los aspectos sociales y económicos del uso de la tierra.
- No consideraban los usos de la tierra ni sus requerimientos específicos, las clases agrupaban usos con requerimientos muy diferentes.
- No se podían aplicar fuera del área donde se había desarrollado el método por lo tanto su generalización implicaba errores muy importantes.

Con el fin de superar estos inconvenientes, la FAO propuso el esquema de evaluación de tierras (FAO, 1976) y posteriormente desarrollo guías para usos forestales (FAO, 1984), agricultura bajo riego (FAO, 1985), ganadería extensiva (FAO, 1981) agricultura en tierras secas (FAO, 1983). En el año 2007, la FAO revisó el esquema propuesto de 1976 y generó un documento de discusión para orientar el enfoque futuro de la evaluación de tierras.

Una revisión de diversos métodos de evaluación de tierras desarrollados en el ámbito internacional se encuentra en el documento de Rositer (1994). Adicionalmente, se ha propuesto recientemente la evaluación de tierras según su calidad (Doran y Jones, 1996) y en otros a calidad de tierra (FAO, 1997;

Bouma, 2002) y a veces se utilizan indistintamente como si fueran equivalentes. La calidad del suelo se ha definido como la condición que éste presenta, que le permite funcionar dentro de los límites de ecosistemas naturales o manejados para mantener la productividad animal y vegetal, mantener o mejorar la calidad del agua, del aire, de la salud y del hábitat para los humanos (Karlen y Stott, 1994; Doran y Parkin, 1994). Según Bouma (2002), la capacidad de funcionamiento del suelo depende además, de factores climáticos y de manejo y en consecuencia considera que es más apropiado hablar de calidad de tierra y no de calidad de suelo.

Dentro de otros métodos de clasificación de aptitud de las tierras se tiene el índice de Storie (Storie, 1963) que califica las tierras en una escala de 0 a 100, intentando relacionar este valor con la productividad o con el manejo de los limitantes. Igualmente, se ha utilizado el valor potencial que es un sistema paramétrico cuyo objetivo es clasificar las tierras y generar una puntuación de valor potencial que en Colombia se utiliza para fines catastrales; la clasificación de tierras para riego y drenaje, que evalúa en forma sistemática las características de la tierra que influyen en el riego; designa en categorías y establece la extensión y el grado de aptitud de las tierras para agricultura con riego permanente.

En Colombia, el sistema de clasificación de tierras por capacidad de uso ha sido adaptado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2010) y es ampliamente utilizado como interpretación de los levantamientos de suelos. En la década de los 70, se realizó un estudio con base en el enfoque de las ocho clases agrológicas, como parte del Programa Nacional de Clasificación de Tierras, PROCLAS produciendo 19 planchas a escala 1:500,000 que cubren gran parte del país. Actualmente, se encuentra cubierto todo el país a escala 1:100,000 al igual que se realizó el mapa de conflictos de uso a la misma escala.

Adicionalmente, se ha realizado estudios de aptitud de tierras para diferentes usos y con diferentes propósitos. Para caña (CENICAÑA, 2011), tabaco (Corpoica, 2007), banano (UNIBAN, 2010), cacao (Corpoica, 2005), cultivos perennes y ganadería (Martínez et al. 1997), papa (Martínez, 2006), pasifloras (Martínez, García y Sanabria, 2009) y agraz (Muñoz, Martínez y Ligarreto, 2009).

3.2. Marco Conceptual

La evaluación de tierras es un proceso que se inscribe en el marco de la planificación del uso de las tierras en un contexto particular. La base conceptual de la evaluación de tierras propuesta es un análisis espacial que involucra el territorio en sus aspectos legales, institucionales, sociales y económicos; los requerimientos de los tipos de uso que se van a evaluar, las características de las tierras, el uso actual y la cobertura. Los aspectos anteriores se describen y se caracterizan en términos de la relevancia que tienen para la evaluación de tierras, esto es, no se trata de un estudio exhaustivo de cada componente sino de tomar de cada componente las variables clave para la evaluación de tierras. El nivel de detalle de esta metodología es 1:100,000 teniendo en cuenta que a esta escala se tiene la mayor cantidad de información requerida de manera generalizada.

3.3. Definiciones

Tierra

Tierra se define como una extensión delineable de la superficie terrestre que contiene los elementos biofísicos, ambientales y socioeconómicos que influyen en el uso. Incluye el suelo, la forma del terreno, el clima, la hidrología, la vegetación, la fauna, los efectos del uso y las actividades humanas; todo esto mediante su relación con el uso actual o con la aptitud de uso (FAO, 1976; FAO, 1995).

Evaluación de tierras

La evaluación de tierras es el proceso mediante el cual se establece el desempeño de la tierra para un uso específico o sea la aptitud de uso de cada una de las clases de tierra existentes en una zona para determinados usos (FAO, 2007). El objetivo de la evaluación es proponer sistemas de uso que sean biofísicamente apropiados, socialmente aceptables, económicamente viables y que no ocasionen impactos negativos en el medio ambiente, es decir que sean sostenibles a largo plazo (Martínez, et al. 1997).

Sistemas productivos sostenibles

Son aquellos sistemas de producción que satisfacen las necesidades presentes sin comprometer los recursos que satisfarán las necesidades futuras, con el objetivo de conservar y proteger la biodiversidad mediante la mejora de prácticas de manejo (FAO, 2007).

Agricultura sostenible

En respuesta al desarrollo sostenible, la gestión integrada de los recursos naturales tiene como objetivo la gestión responsable de los recursos de la tierra, el agua, los bosques y recursos biológicos con el fin de mantener la productividad agrícola y evitar la degradación de la productividad potencial (FAO, 2007).

Cualidades de la tierra

Una cualidad de la tierra es un atributo de la tierra que actúa de manera distinta en su influencia sobre la aptitud de la tierra para una clase concreta de uso. Las cualidades de la tierra usadas con frecuencia en la evaluación de tierras son: régimen de temperatura, humedad

disponible, suministro de nutrientes, condiciones de enraizamiento, posibilidades de mecanización y riesgo de erosión.

Características de la tierra

Una característica de la tierra es un atributo de la tierra que puede medirse o estimarse y que puede utilizarse para hacer una distinción entre unidades de tierras de diferentes aptitudes de utilización y emplearse como un medio para describir las cualidades de la tierra, por ejemplo, precipitación pluvial anual, pendiente, profundidad efectiva, textura de la capa arable, pH, contenido de carbono orgánico, saturación de bases, entre otras.

Tipos de uso de la tierra

Un tipo de uso de la tierra se refiere a un uso específico que se describe a un nivel de detalle apropiado según la escala de evaluación de tierras, en términos de la producción, el contexto social y económico; sus principales características físicas, agronómicas y productivas, así como los costos y los ingresos generados por la actividad de producción. En la revisión realizada por la FAO (2007), se amplía el concepto de uso hacia los servicios o funciones que pueden cumplir las tierras.

Funciones de las tierras

La tierra es un recurso multifuncional, cumple funciones de tipo ambiental, económico, social y cultural vitales para la vida, y aunque muchas funciones no son mutuamente excluyentes, en algunos casos se puede presentar competencia lo cual implica definir prioridades (ejemplo usos agropecuarios y urbanos, conservación y producción). Por otro lado, la tierra es un recurso natural no renovable, es limitado (las áreas aptas para cada uso tienen una extensión limitada) y la tasa de degradación es relativamente rápida mientras que la formación de suelos o su recuperación son extremadamente lentas (FAO, 2007). Por lo tanto, la preservación, prevención y gestión sostenible de la tierra debe ser el centro de cualquier planificación de uso de la tierra.

Entre las principales funciones de la tierra están (FAO, 2007):

- **Funciones relacionadas con la producción de biomasa:** incluyendo la agricultura, la silvicultura, el pastoreo, la acuicultura y la pesca de agua dulce dependen de la tierra.
- **Funciones relacionadas al medio ambiente:** la tierra tiene una capacidad de almacenamiento, filtrado, transformación y regulación de los ciclos atmosféricos, hidrológicos y de los nutrientes, permitiéndole ser fuente y vertedero de los mismos.
- **Funciones sociales, económicas y culturales:** la tierra es la plataforma donde se desarrollan las actividades humanas, donde habitamos los seres vivos, la fuente de ingresos de gran parte de la población. Alberga la vivienda y la infraestructura, es base para el transporte, la recreación, la industria. Las tierras tienen valores culturales, patrimoniales, estéticos etc.

Requerimientos de los usos de la tierra

Son las condiciones necesarias para el desempeño de un uso específico de la tierra. Incluyen las condiciones biofísicas, ambientales, sociales y económicas que cada uso requiere.

Cobertura de la tierra

La definición de la cobertura de la tierra es fundamental porque en muchos sistemas de clasificación y leyendas se confunde con uso. La cobertura de la tierra se define como la descripción biofísica de la superficie terrestre. En resumen, es la parte fácilmente observable de la superficie terrestre. Una unidad de cobertura es el conjunto de elementos con características propias, diferenciables de conjuntos aledaños, que puedan ser delimitadas y que además se repiten en otros espacios.

Uso de la tierra

El uso de la tierra hace referencia a la dimensión funcional; por ejemplo, el propósito socioeconómico del uso de la tierra: uso residencial, industrial o comercial; de uso agropecuario o áreas en bosques, recreacional o áreas de conservación. El uso de la tierra, al contrario de la cobertura, solo se puede observar de manera parcial, requiriendo frecuentemente de información adicional (FAO, 2003). Esta correcta definición del uso de la tierra establece un vínculo entre la cobertura de la tierra y el impacto de las acciones llevadas a cabo por el ser humano en el ambiente (Van Wijngaarden, 1994), por ejemplo: "pastizal" es un término de cobertura, mientras que "área de pastoreo" o "cancha de tenis" se refieren al uso que se le da a esa cobertura (PNECO, 2009).

Debido a que la definición de "uso" de la tierra es altamente dependiente del criterio del experto o el intérprete en el momento de la definición de las clases, esta metodología propone basarse en la definición del "uso actual" formulada por la FAO (1976). En ese reporte se especifica las clases principales de los usos de la tierra, los cuales están explicados por las condiciones físicas, económicas y sociales del área de estudio.

Es necesario precisar que dependiendo de la escala elegida para el estudio, el grado de detalle de las clases de uso variará. Por ejemplo, en un estudio de reconocimiento en áreas extensas los usos de la tierra pueden ser identificados en términos generales como: agricultura de secano, agricultura irrigada, bosque y reservas de conservación sin ir en más detalle. De hecho, en áreas extensas, el rango de los posibles usos de la tierra puede ser muy amplio requiriendo de posteriores subdivisiones. En estudios más detallados, las clases de uso de la tierra deben ser definidas con mayor precisión. Su definición debe incluir detalles no solamente de producción (u otro objetivo previsto) sino también incluir los métodos de producción y el componente socioeconómico.

Se hace necesario entonces, saber de antemano el grado de detalle al cual se llevará a cabo la clasificación de los usos de la tierra, ya que este puede tener relación con el tipo de datos a ser recolectados. Inicialmente, las descripciones de los usos de la tierra pueden ser bastantes generales como por ejemplo: "pequeños agricultores con cultivos de secano a base de maíz y yuca", "cultivo de café a pequeña escala", "reserva natural estatal", estos son ejemplos típicos de uso actual de las tierras.

3.4. Componente social y económico dentro de la evaluación de tierras

3.4.1. Análisis territorial para la evaluación de tierras

La evaluación de tierras es un proceso que se inscribe en el marco de la planificación del uso de la tierra en un contexto particular. Bajo este precepto, la evaluación de tierras por sí sola no resuelve ni agota todos los procesos requeridos en la planificación del uso de las tierras, que integra otros aspectos a cargo de la instancia de planificación que tiene a su cargo esta labor.

La planificación del uso de las tierras es el proceso de distribución de usos de la tierra, incluyendo sus recursos (tierra, capital, trabajo y tecnología, entre los más importantes), para lograr un beneficio máximo a favor de los beneficiarios, tanto en el corto, como en el mediano y largo plazo, sin que se cause degradación de la tierra. La planificación del uso de la tierra tiene como uno de sus principios la sostenibilidad.

La planificación del uso de las tierras, y por tanto la evaluación de tierras, se adelantan para grupos de la sociedad y en su análisis se tienen en cuenta los recursos de todo orden, los cuales suelen ser limitados.

La evaluación de tierras, en este contexto, trata de un proceso integral mediante el cual se determina la aptitud de uso de cada una de las clases de tierra existentes en una zona determinada. Se trata de proponer sistemas de uso que sean biofísicamente apropiados, socialmente aceptables, económicamente viables y que no ocasionen impactos negativos en el medio ambiente, es decir que sean sostenibles a largo plazo (Martínez y Vanegas, 1997).

En la evaluación de tierras se tienen en cuenta los análisis de los aspectos biofísicos, ambientales, sociales y económicos, que sean relevantes para los usos que se van a evaluar y que corresponden de manera exclusiva con el uso de las tierras y sus requerimientos para lograr la sostenibilidad.

La importancia de la integración de los aspectos sociales y económicos radica en que todos los resultados en cuanto al uso y manejo de las diferentes unidades de tierra en un área determinada deben ser adoptados por los productores que en ella se encuentran, por tanto, la evaluación debe guardar coherencia con su entorno social y económico, relacionado de manera específica con el uso y manejo de las tierras para la producción agropecuaria. En este orden, son de tener en cuenta factores como disponibilidad y acceso a capital, costos y disponibilidad de mano de obra, el nivel tecnológico y el acceso a mercados (FAO, 2003).



Los aspectos relacionados con el contexto social y económico del territorio que es evaluado para determinar la aptitud del uso de las tierras, contribuye a la definición de los objetivos a los que contribuye la evaluación de tierras: nivel de vida, problemas relacionados con el orden público, los derechos a la propiedad de la tierra, megaproyectos, entre otros.

De acuerdo a lo anterior, la evaluación de tierras debe referirse a dos o más alternativas con el fin de hacer comparaciones y definir cuáles de ellas contribuyen a mejorar las condiciones sociales y económicas de los productores, sin que se genere degradación de las tierras, que no se ponga en riesgo su capacidad productiva, ni tampoco su función social y ecológica. Para que cumpla estos últimos dos principios, los usos a proponer como alternativas deben generar beneficios económicos que posibiliten la reproducción social y económica de las familias productoras, y deben ser usos sostenibles, con prácticas de manejo que generen beneficios ambientales y socioeconómicos al contexto local y regional.

Para que lo anterior sea posible, se precisa de la participación de los diferentes interesados, desde el inicio de la evaluación de tierras, con el fin de identificar opciones de uso de la tierra que sean reales, reconocidas y aceptadas, y sobre las que exista conocimiento experto (local - regional) e información, de forma que respondan a las características sociales y económicas del área en la cual se lleva a cabo la evaluación.

3.4.2. Evaluación económica y social en el marco de la evaluación de tierras

Dado que la planificación del uso de la tierra es una labor encomendada a una entidad pública (UPRA del MADR), la evaluación económica sigue los principios de la evaluación económica de proyectos de inversión pública, bajo el enfoque del Departamento Nacional de Planeación, DNP.

Para esta entidad, “un proyecto se entiende como la unidad operacional de la planeación del desarrollo que vincula recursos (humanos, físicos, monetarios, entre otros) para resolver problemas o necesidades sentidas de la población.

Los Proyectos de Inversión Pública contemplan actividades limitadas en el tiempo, que utilizan total o parcialmente recursos públicos, con el fin de crear, ampliar, mejorar o recuperar la capacidad de producción o de provisión de bienes o servicios por parte del Estado”. (DNP, 2011).

En su sentido más general, la evaluación económica tiene como propósito la asignación óptima de los recursos de diverso orden, teniendo en cuenta los efectos e impactos del proyecto sobre variables económicas relacionadas con la producción, el empleo, el consumo, el ahorro, la inversión, el comercio regional, nacional y exterior, entre las más relevantes. Esta evaluación se orienta en procura de la eficiencia.

En este sentido, contribuye a la toma de decisiones por cuanto aporta los elementos para determinar en qué alternativa de las evaluadas se logra la mayor eficiencia.

Es de precisar que hay tres tipos de evaluación que se tienen en cuenta en la evaluación económica acá propuesta, en el marco de la evaluación de tierras. Estos son:

- Evaluación financiera: es del interés del inversionista privado, del Gobierno y de las instituciones financieras. La valoración de beneficios, ingresos y costos del proyecto se hace a precio de mercado, es decir, con todas sus distorsiones. Incluye los costos y beneficios directos atribuibles a la alternativa. Para el análisis se utiliza la tasa de interés de oportunidad del mercado.
- Evaluación Económica: Estudia y mide el aporte neto de un programa o proyecto al bienestar nacional, teniendo en cuenta el objetivo de eficiencia.
- Evaluación Social: Además de los análisis de eficiencia de los impactos de una política, un programa o un proyecto en la evaluación social se deben incorporar los efectos sobre la distribución del ingreso y la riqueza". (DNP, 2011).

De igual forma, se tienen en cuenta los principios de la evaluación económica de proyectos de inversión, la que está formada por un conjunto de metodologías destinadas a organizar y medir los componentes y resultados esperados de diferentes alternativas de inversión; en el presente caso, a las diferentes alternativas de uso del suelo, que resulten más eficientes.

Con esta evaluación se puede tener mayor claridad sobre los siguientes aspectos:

- Cuantificación y valoración de costos y beneficios.
- Conveniencia y oportunidad de llevar a cabo, o no, las alternativas seleccionadas.
- Distribución óptima de recursos disponibles entre las diferentes alternativas.

Para la evaluación económica se establecen criterios que permiten identificar y valorar los costos y beneficios para todo el horizonte de la evaluación de tierras, teniendo en cuenta que estos beneficios y costos ocurren en distintos momentos en ese período de tiempo, con un coeficiente de ponderación que los haga comparables. Además, estos costos y beneficios contribuyen al bienestar de la sociedad, de manera directa o indirecta, los que no siempre pueden ser valorados en su totalidad. Para su mejor valoración, se pueden agrupar en tres categorías: directos, indirectos o secundarios y los intangibles.

En la evaluación de tierras se pueden hacer comparaciones, mediante la valoración económica de los costos y beneficios, por ejemplo, como indicadores de la viabilidad de una actividad productiva. En una economía de mercado estos indicadores se pueden expresar en medidas económicas comparables (precios de mercado). Sin embargo, las economías de mercado no funcionan de

manera perfecta, pues no están sujetas al libre juego de la oferta y la demanda, puesto que existen importantes obstáculos que impiden este libre juego. Entre otros, se pueden mencionar: imperfecciones del mercado, impuestos - subsidios – transferencias y magnitud de los proyectos de inversión (Miranda, 2009). En este contexto, los precios de mercado no sirven para medir el verdadero valor de los bienes, porque no reflejan la escasez relativa de bienes y de los factores de producción, ni su verdadero costo de oportunidad. Por lo anterior, se utilizan los llamados precios sombra, también conocidos como precios cuenta o precios sociales. Estos utilizan valores diferentes a los del mercado y permiten medir en forma comparable los costos de oportunidad de los recursos y evaluar su efecto sobre la sociedad.

Por su parte, el concepto de costo de oportunidad se refiere al verdadero valor de los recursos cuando estos se dedican a su uso más valioso o más útil a la sociedad. Este costo está dado por el beneficio que se hubiera obtenido en su mejor uso alternativo (DNP, 2011).

Para concluir, la evaluación económica en la evaluación de tierras, tiene como requisito que todos los datos que se trabajen en ella reflejen las reales condiciones de la economía y los propósitos de la política agropecuaria que se pretenden lograr.

En síntesis la evaluación económica tiene las siguientes características generales:

- El objetivo buscado es el máximo beneficio para la sociedad.
- La evaluación económica considera el Análisis Beneficio/Costo (ABC) y en lo posible el Análisis Costo/Efectividad (ACE).
- La rentabilidad es calculada con precios sombra o precios de cuenta.
- Los efectos externos son considerados de manera explícita.
- Los beneficios y costos son actualizados, es decir, se pasa de precios corrientes a pesos constantes mediante la “deflactación”.
- Las transferencias no son incluidas.



Con el ABC, entendido como un análisis de cantidades de productos y servicios generados por un proyecto que genera beneficios y costos económicos, se considera que si una alternativa genera beneficios sociales netos positivos, es recomendable para la sociedad. Si, por el contrario, arroja un indicador beneficio costo mayor que uno, significa que el retorno social de invertir un peso en él supera sus costos, por tanto no es recomendable.

Por su parte, el ACE “corresponde a un análisis que compara los costos de diferentes alternativas viables para producir un bien y/o servicio en la economía. En el caso de los proyectos, el ACE es importante desde la perspectiva ex ante, ya que permite elegir la mejor alternativa para el proyecto en términos de la minimización de las inversiones necesarias (minimización del costo de oportunidad privado y social)...” (CEDE, 2010).

Es de precisar además considerar que una alternativa tiene viabilidad económica si sus ingresos son superiores a sus costos, ambos medidos en valor presente neto (VPN).

El VPN es la diferencia entre costos y beneficios medidos en valores actuales (pesos constantes), así mismo es el equivalente en pesos actuales de todos los ingresos y egresos, presentes y futuros que constituyen el proyecto. Un proyecto de inversión es viable y recomendable si los ingresos superan o igualan a los costos. Estos ingresos y costos deben incorporar el valor del dinero en el tiempo (DNP, Op. Cit).

De otra parte, una alternativa es técnicamente viable si su diseño puede llevarse a cabo con los conocimientos y la tecnología existente. Es de precisar que la evaluación socioeconómica se adelanta primero para cada uno de los tipos de utilización de la tierra seleccionados, para luego si compararlos y evaluar alternativas de uso de las tierras.

3.4.3. Criterios para adelantar la evaluación socioeconómica

Los criterios que se tienen en cuenta para adelantar una evaluación de tierras en sus aspectos sociales y económicos son:

- Trabajar con información disponible, de fuente oficial, para que se puedan hacer comparaciones
- Trabajar con datos que puedan ser representados en cartografía, por tanto que tengan un referente espacial.
- Si se trata de indicadores es necesario que:
 - ♦ Estén basados en metodologías sencillas.
 - ♦ Para su obtención, existan fuentes de datos accesibles y confiables.
 - ♦ Puedan actualizarse periódicamente con fines de seguimiento y monitoreo.
 - ♦ Permitan establecer tendencias.
 - ♦ Puedan ser agregados con fines de caracterización regional.

3.4.4. Componentes temáticos de la evaluación socioeconómica en la evaluación de tierras

La articulación se presenta en cuatro momentos, correspondientes a cuatro grandes componentes conceptuales de la evaluación socioeconómica (Figura 1). Estos cuatro componentes son:

- Actores e instancias de planificación y ordenamiento.
- Contexto político institucional.
- Área a evaluar.
- Tipos de uso de las tierras.

La articulación entre el enfoque conceptual general del proyecto y el de la evaluación social y económica, se da de la siguiente manera: los dos primeros componentes se articulan al momento 1, el tercer componente al momento 2, y el cuarto a los momentos 3 y 4 (Figura 2).

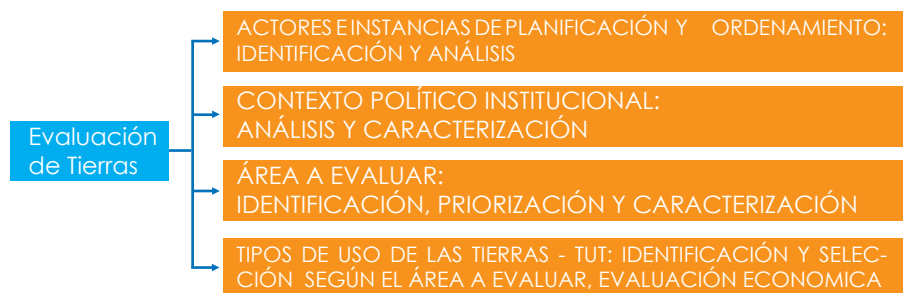


Figura 1. Mapa conceptual general del proceso de evaluación de tierras en su componente socioeconómico.

Fuente.
Elaboración del presente proyecto.

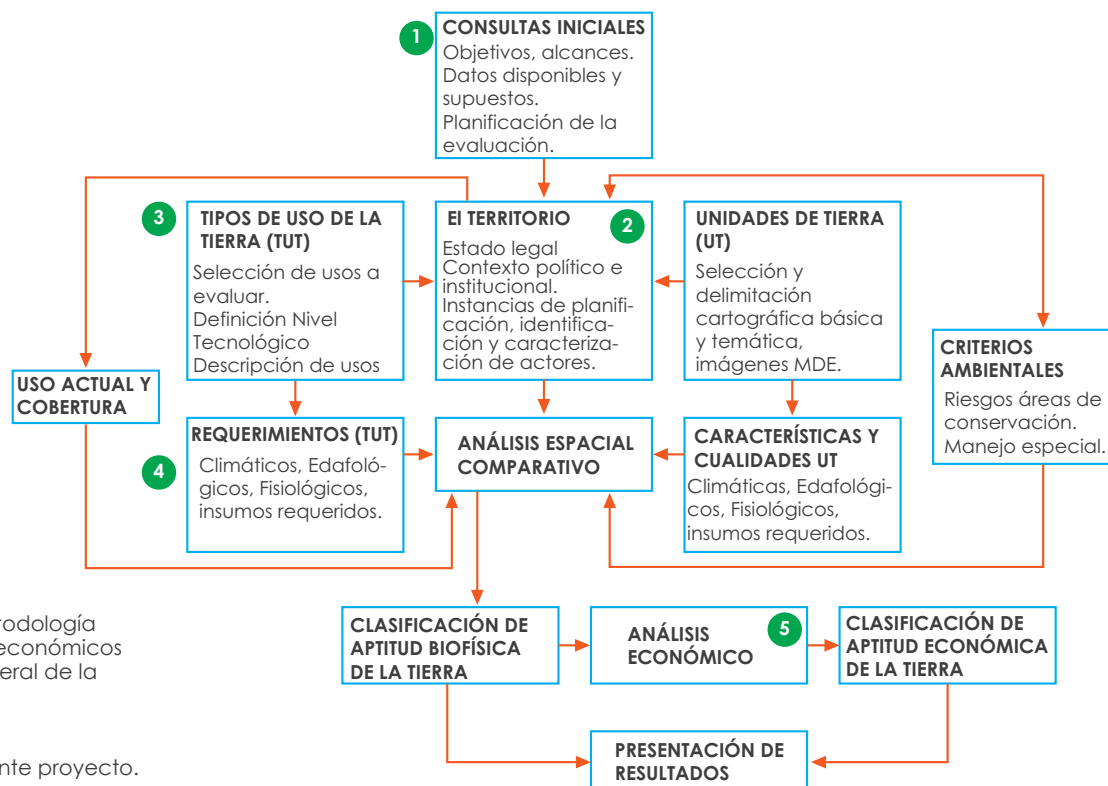


Figura 2.
Articulación de la metodología de los aspectos socioeconómicos a la metodología general de la evaluación de tierras.

Fuente.
Elaboración del presente proyecto.

3.4.5. Identificación y caracterización de actores e instancias de planificación y ordenamiento territorial y ambiental

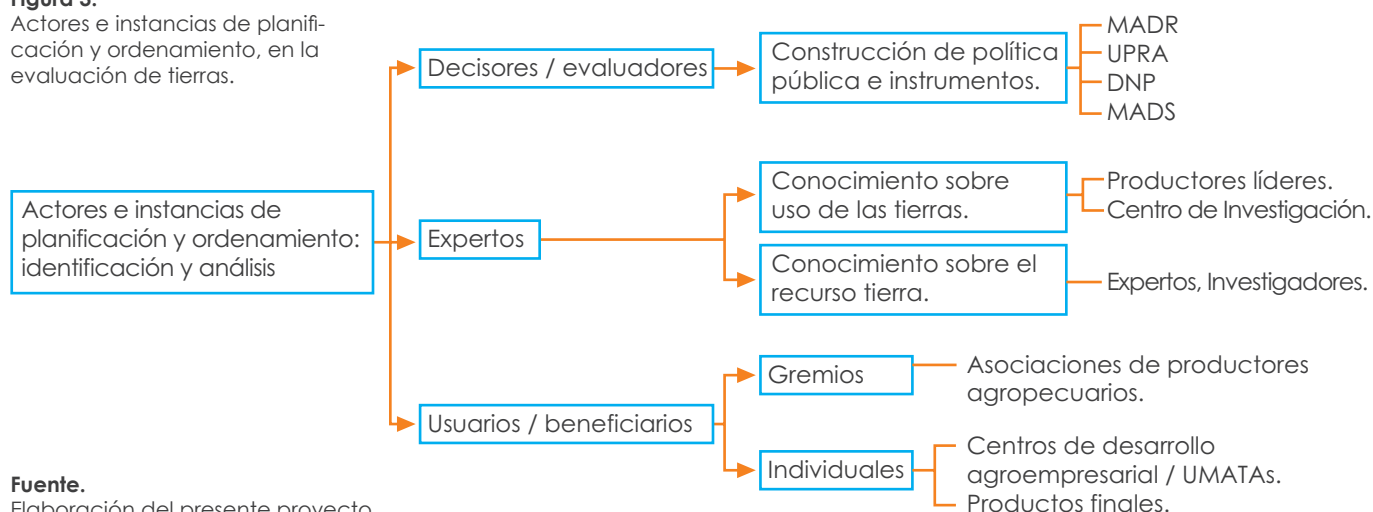
Este tema tiene como objetivo establecer con quiénes hay que trabajar y para qué propósitos.

Se refiere a la identificación y caracterización de los actores e instancias de planificación y ordenamiento territorial y ambiental (Figura 3), que tienen relación directa o indirecta con el suelo rural. Este tema tiene como propósito analizar la toma de decisiones en la actuación pública y social en el territorio rural y debe ser analizado de manera integral con el contexto político – institucional. Siempre se debe identificar y precisar el rol de los actores involucrados o interesados y los beneficiarios finales (a veces denominados grupos de interés).

Evaluación de tierras

Figura 3.

Actores e instancias de planificación y ordenamiento, en la evaluación de tierras.



Fuente.

Elaboración del presente proyecto.

En la toma de decisiones intervienen tres instancias:

- Los decisores /evaluadores, que para el presente caso son aquellos que formulan la política pública, por tanto son el punto de partida del proceso político de toma de decisiones, pues determinan la orientación del quehacer público y social en el territorio rural. Se trata de aquellos agentes públicos que requieren de la metodología de evaluación de tierras y su aplicación en casos piloto, para luego adelantar evaluaciones en áreas que prioricen para tal fin.
- Los expertos que aportan conocimiento tanto sobre el uso de las tierras (técnicos, profesionales, productores), como sobre el recurso tierra en cuanto a sus propiedades y características (profesionales y técnicos, centros de investigación). Para el presente proyecto, en principio, se trata de aquellas entidades e instancias que adelantan el desarrollo metodológico y quienes lo aplican en evaluaciones de tierra en áreas específicas, con

objetivos particulares. Se apoyan en el conocimiento experto de profesionales reconocidos en la materia y de productores o gremios que tienen conocimiento sobre sus propiedades y características y sobre su uso, bajo determinados patrones tecnológicos.

- Los usuarios /beneficiarios de la política y los conocimientos aportados por los dos anteriores. Estos serán afectados por las decisiones que se tomen con base en los resultados de la evaluación de tierras.

3.4.6. Contexto político e institucional

- En la evaluación de tierras, el contexto político – institucional tiene como objetivo identificar la política que aplica, cómo y qué instrumentos son los que deben tenerse en cuenta.
- Este componente está referido a la política pública y sus instrumentos para hacerla efectiva (Figura 4). En la primera, se tienen en cuenta los documentos de política y en ellos la problemática que atiende, las competencias de los diferentes encargados de ejecutar la política y los recursos proyectados y asignados para su puesta en marcha.
- Los instrumentos de política tratan del conjunto de mecanismos que se definen en función del propósito de la política, para hacerla posible en términos de su eficacia y efectividad. Comprenden los subsidios, incentivos, tasas, reglamentaciones especiales, entre otros.

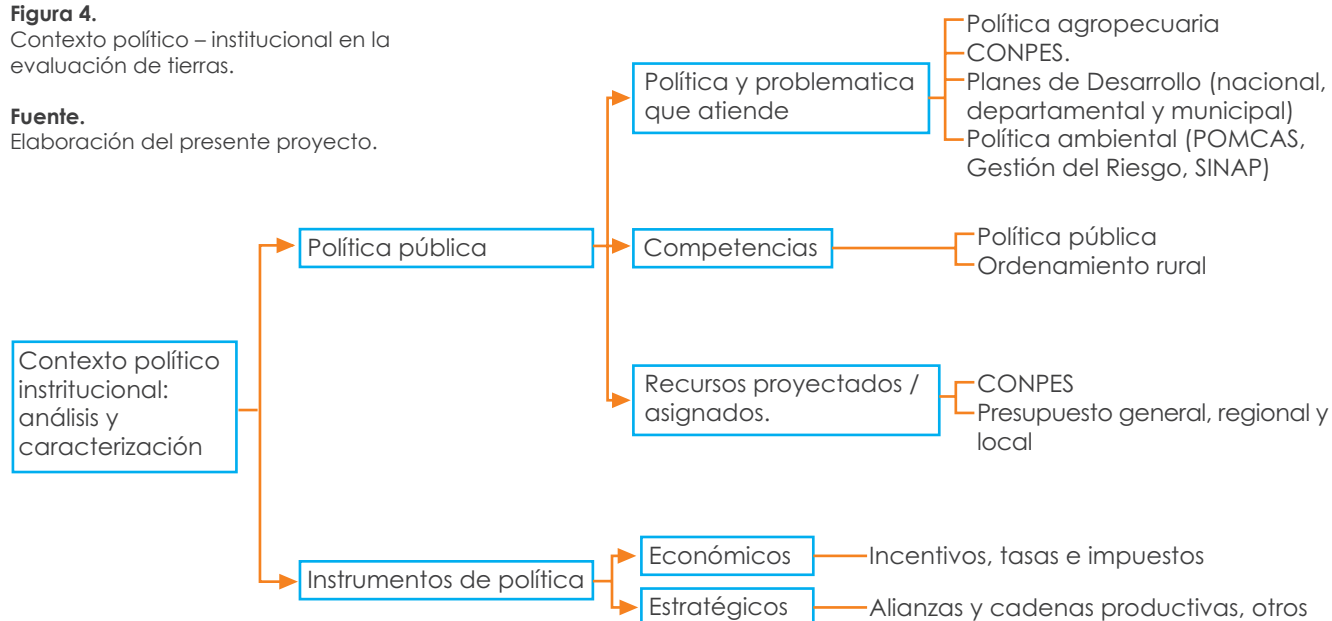
Evaluación de tierras

Figura 4.

Contexto político – institucional en la evaluación de tierras.

Fuente.

Elaboración del presente proyecto.



Los dos primeros grandes temas, actores y contexto político – institucional, definen el marco general en el cual los factores de producción se desarrollan y utilizan.

3.4.7. Área de evaluación de tierras

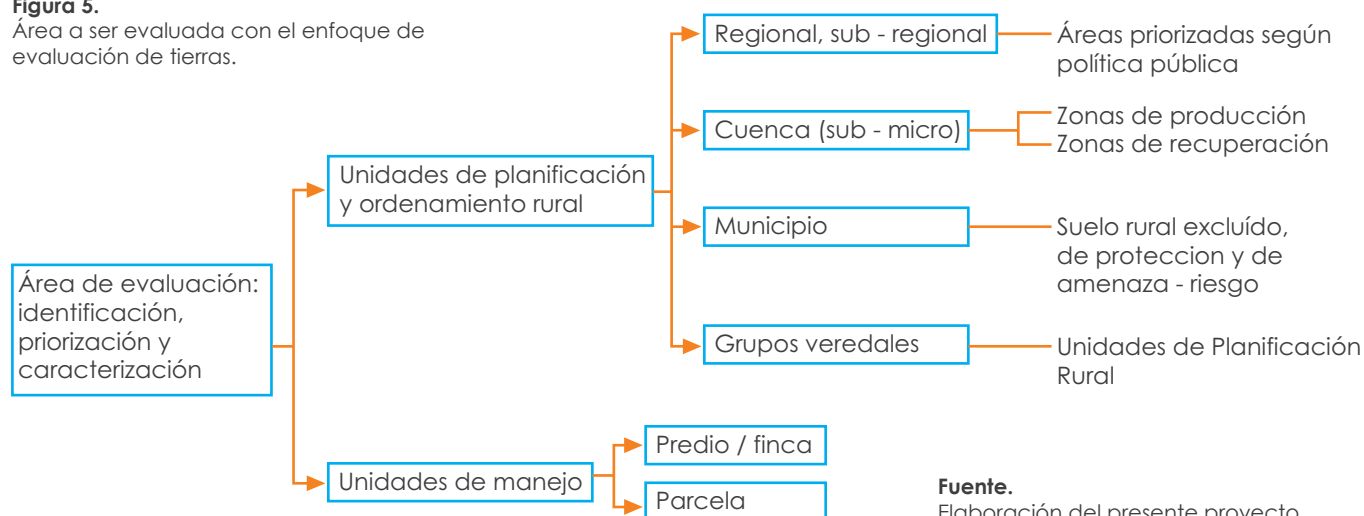
El propósito de este componente temático es el de definir las áreas a ser evaluadas y sus alcances.

El área de evaluación se refiere al área en la que se llevará a cabo la evaluación de tierras y que desde el componente social y económico está referida a las unidades de planificación y ordenamiento rural y a las unidades de manejo (Figura 5). En las primeras se encuentran aquellas que han sido priorizadas por la política pública, a nivel regional y subregional; las que han sido ordenadas mediante los POMCA (Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas), a diferentes niveles de detalle (cuenca, sub-cuenca y micro-cuenca); las áreas municipales que se circunscriben al suelo rural; y por último, a grupos veredales sobre los que se llevan a cabo propuestas de ordenamiento, como en el caso de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, UPRA.

Evaluación de tierras

Figura 5.

Área a ser evaluada con el enfoque de evaluación de tierras.



El análisis espacial se lleva a cabo en las mismas unidades biofísicas, para luego ser representado en las unidades de planificación que se han mencionado y que sean seleccionadas por los evaluadores de las tierras, siendo esta el insumo principal de planificación de uso del suelo a los niveles seleccionados para la planificación territorial.

En el caso de los POMCA y de los POT, la evaluación de tierras es un insumo para la definición y delimitación de las áreas para producción agropecuaria, y de manera particular en el suelo rural, siguiendo la clasificación del suelo en los POT.

En los mecanismos de articulación de estos dos instrumentos de planificación, se tiene que las áreas definidas para protección o conservación y las áreas para restauración en los POMCA, van incluidas en los POT como suelos de protección y se articulan vía determinantes

ambientales que establezcan las CAR. A su vez, las áreas de producción definidas en los POMCA, se incorporan en los POT como zonas de producción, de tal manera que se garantiza que en municipios que comparten una cuenca, las diferentes zonas establecidas en los primeros, no sean clasificadas e incorporadas de manera diferente en los POT de cada municipio, garantizando así, la integridad de la cuenca, en su ordenamiento y manejo.

Por su parte, las unidades de manejo son aquellas en las cuales se toman decisiones de manejo a nivel de un productor o planificador, si bien por lo regular se refieren a fincas o predios, para su abordaje, se agrupan según características homogéneas, establecidas mediante el análisis de los sistemas de producción del área de planificación, o mediante otras herramientas que posibiliten su agrupación para propósitos de análisis, evaluación y a futuro, transferencia de tecnología y asistencia técnica.

En la evaluación de tierras no se puede perder de vista la relación existente entre unidades de planificación y ordenamiento rural y las unidades de manejo, pues en la primera se toman decisiones que influyen en las segundas, en las que se toman las decisiones finales y se ponen en práctica, en el día a día en la producción.

Es de tener en cuenta, además, que al nivel de unidades de manejo no siempre se cuenta con todos los recursos necesarios para poner en marcha las decisiones que se toman para la unidad de planificación, ni para las diferentes alternativas que se propongan como resultado de la evaluación de tierras. En este proceso de interacción, la unidad de planificación debe establecer los requerimientos para cada tipo de uso de la tierra y las fuentes de donde provendrán los recursos para ejecutarlas a nivel de unidades de manejo.

3.4.8. Tipos de uso de las tierras

El tema Tipos de Uso de las Tierras – TUT tiene como propósito precisar los TUT y sus requerimientos socioeconómicos, de acuerdo al área de evaluación y sus características.

Comprende tanto los TUT seleccionados para adelantar la evaluación de tierras, como su precisión en función de los requisitos de uso (Figura 6). El primer caso se refiere tanto a los actuales como potenciales, seleccionados de manera conjunta con los decisores /evaluadores; en el segundo, están clasificados según sus requerimientos tanto bio-físicos como socioeconómicos.

Evaluación de tierras

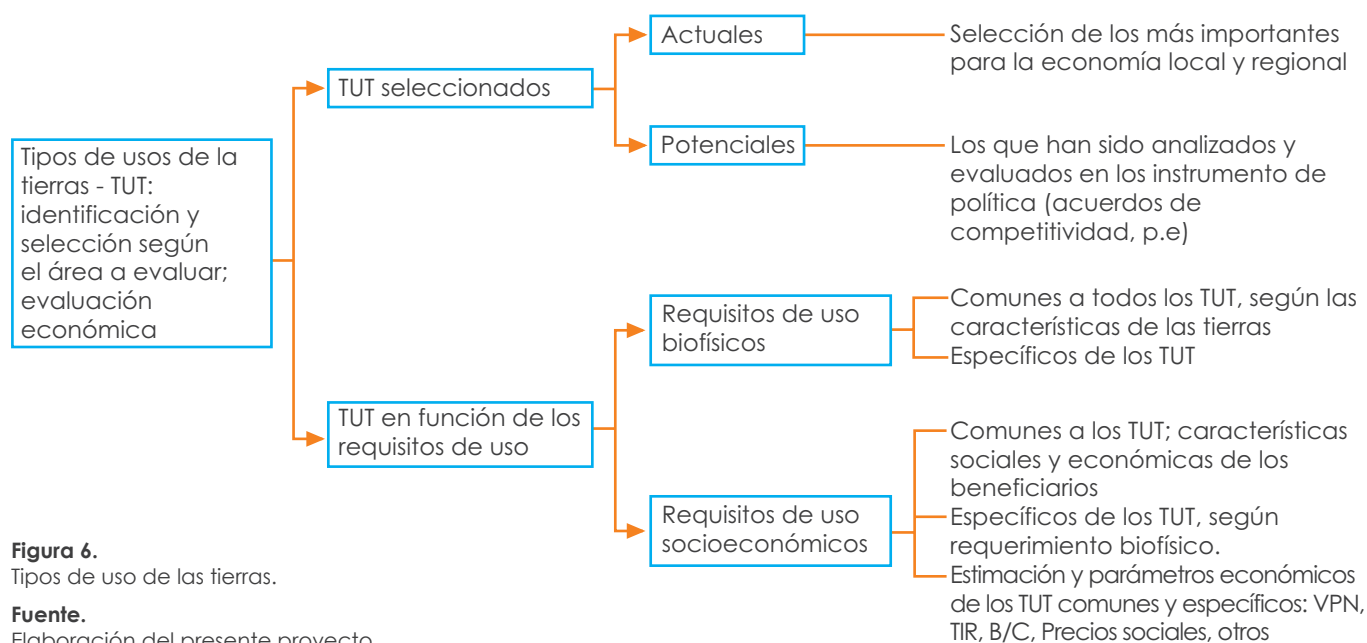


Figura 6.
Tipos de uso de las tierras.

Fuente.
Elaboración del presente proyecto.

Con base en los requerimientos de carácter socioeconómico, se adelanta la evaluación económica específica, adelantada con parámetros de evaluación tales como VPN, TIR, B/C y análisis de sensibilidad con precios sombra o sociales.

3.4.9. Interacción entre los componentes conceptuales de análisis

Los cuatro componentes conceptuales presentados se interrelacionan de tal forma que plantean la necesidad de abordar la evaluación socioeconómica de manera integral y articulada con la evaluación biofísica (Figura 7). En toda área cuyas tierras van a ser evaluadas hay unos actores sociales e institucionales que toman decisiones sobre el uso de la tierra y que determinan el futuro de la misma, en términos de las consecuencias que estas decisiones generan en su calidad biofísica y ambiental.

Sin embargo, muchas de estas decisiones están sujetas a unas características de la tierra, las que condicionan el tipo de uso. Si bien las decisiones que tomen los diferentes grupos pueden no tener en cuenta estas características en su totalidad, las consecuencias se verán en la degradación futura del recurso tierra y en los costos que se deben asumir en procura de mantener unos niveles de productividad.

Los tipos de uso tienen unos requerimientos biofísicos y socioeconómicos, los que a su vez están en función de las características de la tierra. Ambos, características de la tierra y los usos, conforman la oferta de la tierra.

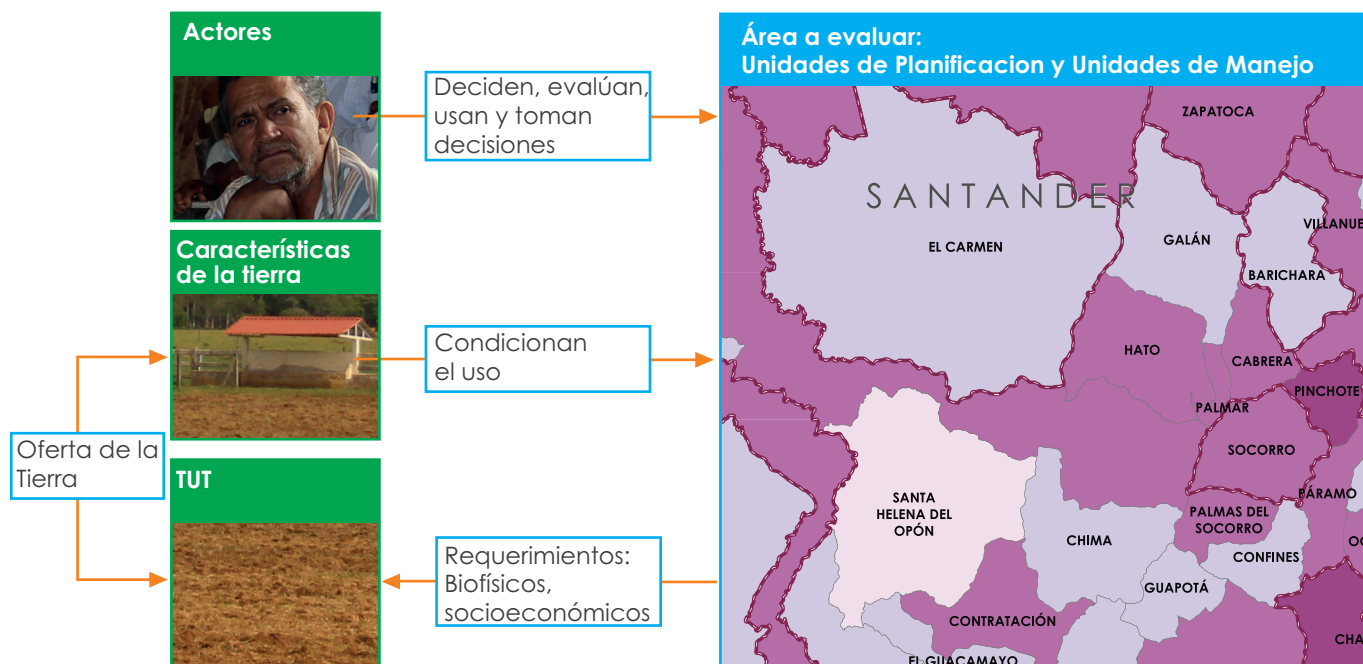


Figura 7. Interacción entre componentes conceptuales de la evaluación socioeconómica en la evaluación de tierras. Elaboración del proyecto, 2013.

Fuente. Elaboración del presente proyecto.

3.5. Unidades de tierra

Esta parte hace referencia al componente Unidades de Tierra (UT), incluye la selección de las unidades de tierra para el análisis biofísico, la descripción de las características espaciales y los atributos de las mismas, utilizados como características y/o cualidades para ser confrontados con los requerimientos de los Tipos de Utilización de la Tierra (TUT), a fin de alcanzar el propósito de la evaluación de tierras, que es determinar o predecir el comportamiento de una porción de tierra para fines específicos productivos (agrícola, ganadero o forestal) o para la prestación de servicios (áreas de recreación, áreas para la vida silvestre, construcción de caminos, captación de aguas, etc.) (FAO, 1997).

Es importante destacar que en el contexto de evaluación de tierras, el término tierra, no hace referencia exclusiva al componente suelo (aunque éste sea un factor central), sino al conjunto de condiciones ambientales presentes en una porción del terreno que influyen sobre el uso y la producción agropecuaria. Se incluyen el clima, el relieve, la geología, la vegetación y las características hidrológicas, además del suelo mismo. Por consiguiente, la categoría tierra tiene la connotación de terreno o porción de un territorio, al menos desde la perspectiva biofísica del mismo.

3.5.1. Selección de las unidades de tierra

Una unidad de tierra es una extensión de tierra, mapeada, con características específicas, empleada como base para la evaluación de tierras. Estas unidades deberán ser lo más homogéneas posibles y tener un valor funcional práctico con relación al uso de la tierra. La información generada en levantamientos de recursos básicos, particularmente aquella que pueda ser relacionada con los requerimientos ecofisiológicos de los tipos de utilización agrícola y pecuario.

Colombia es un país privilegiado en términos de información de sus recursos naturales. Instituciones de orden nacional, como IDEAM, INGEO-MINAS, IGAC, CORPOICA y VON HUMBOLDT, entre otros, han dedicado esfuerzos y recursos para levantar a escalas generales (1:500.000) mapas de clima, geología, zonas agroecológicas, ecosistemas, que podrían ser usadas como unidades de análisis dentro del procesos de planificación y determinación de la capacidad de uso de las tierras para cultivos, pastos, bosques, conservación y vida silvestre.

3.5.2. Zonas agroclimáticas

En Colombia, las diferencias climáticas se producen por cambios en latitud, altitud y están influenciadas en mayor o menor grado por fenómenos climáticos de gran escala (Poveda et al., 2002) que influyen en la variabilidad temporal hidroclimática (Oscilación del Sur niño/niña - ENSO, zona de confluencia intertropical, Oscilación del Atlántico Norte -NOA, Oscilación Decadal del Pacífico - PDO, etc) y afectan la respuesta fisiológica de los cultivos (Ramírez et al., 2011). Son también importantes variaciones locales por influencia del relieve en la radiación y temperatura y la ocurrencia de heladas.

La estructura espacial de las unidades climáticas es diferente a la estructura espacial de las unidades de suelos o paisajes, por tal razón se recomienda que cuando la zona estudiada tenga diferencias climáticas considerables de importancia agrícola, estas se consideren inicialmente en términos de unidades cartográficas, climas principales, periodos de crecimiento y zonas agroclimáticas (FAO, 1985).

3.5.3. Zonas agroecológicas

Las Zonas Agroecológicas conforman espacios homogéneos claramente delimitados en unidades cartográficas o de mapeo basadas en el inventario de recursos naturales. Estas unidades en Colombia, fueron definidas en términos de clima, geomorfología, material parental y suelos, con un rango específico de limitaciones y potencialidades para el uso de la tierra. De manera que tienen una homogeneidad conocida en cuanto a las características relevantes para los TUT en evaluación. El país está representado a escala 1:500.000 (CORPOICA e IGAC, 2002).

3.5.4. Unidades de Manejo

Son las unidades en las cuales se toman decisiones de manejo a nivel de un productor o planificador. Dependiendo del tipo de agricultura o actividad que se evalúa, pueden ser unidades grandes o pequeñas y no necesariamente homogéneas con respecto a los recursos naturales. Son ejemplo de estas unidades, las Unidades de Manejo Agro-nómico (UMAs) empleadas por los productores de palma de aceite, dentro de las cuales hay una relativa homogeneidad en las características biofísicas que intervienen en la producción clima, suelo, agua, material de siembra, edad del cultivo y producción.

También, los productores de caña de azúcar del Valle del Cauca utilizan como unidad de manejo la zonificación agroecológica que tiene en cuenta factores climáticos (precipitación, evapotranspiración, balance hídrico), grupos de humedad (pendiente, permeabilidad y drenaje) y grupos homogéneos de suelo definidos taxonómicamente a nivel de familias texturales, régimen de humedad y profundidad efectiva de los suelos (Carbonell et al., 2011).

Es importante resaltar que para la conformación de unidades de manejo es necesario contar con información climática y de suelos de escala detallada (1:10.000) y con la caracterización socioeconómica de los productores. Los resultados de estas evaluaciones apoyan la formulación de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico, validación y transferencia de tecnología, recomendaciones de manejo nutricional, hídrico, productivo y ambiental de estos cultivos.

Las unidades económicas, socioeconómicas y de planificación utilizadas para evaluar tierras son definidas en el capítulo de evaluación económica.

3.5.5. Unidades cartográficas de suelos

Para Romero (2012), la información física - biótica para evaluación de tierras, está conformada, por dos componentes: el físico, que describe la secuencia sobre el territorio del conjunto paisaje-roca-relieve-suelo, cuya tasa de cambio en el tiempo es baja o muy bajo, y el biótico, que describe el dominio bioclimático y el uso del suelo, y se caracteriza por su gran dinamismo. Este autor considera el suelo como el componente más estable y permanente del territorio, que presta soporte mecánico a los sistemas de producción agropecuario, sujeto del uso y manejo, en el cual es posible evidenciar los procesos de degradación derivados de una intervención inadecuada. Por tanto, es posible seleccionar las unidades de suelos como unidades de análisis para la interpretación de evaluación de tierras escala 1:100.000 para Colombia.

Obviamente, la interpretación de las unidades de los mapas de suelos, debe ser enriquecida con información climática, interpretación de imágenes de satélite, modelos digitales de elevación y los datos necesarios para que las unidades de mapeo provean la información

sobre las cualidades relevantes de las tierras que afectan su uso. De tal forma que se pueda realizar la evaluación. En esencia, se trata de garantizar la comparación entre la oferta de los requerimientos de uso del suelo y los atributos de las unidades de tierras (Rossiter, 1996)

En Colombia, la Subdirección de Agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) es el ente encargado de realizar la cartografía de los suelos, para ello adoptó la metodología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1993) la cual ha aplicado y modificado a lo largo de más de 6 décadas de trabajo dedicado a caracterizar los suelos del país.

Con la información proveniente de los estudios de suelos de escalas exploratoria y general, ha proporcionado medios para conocer el potencial de las regiones y contribuir a su desarrollo integral. Estos estudios responden prioritariamente a interrogantes relacionados con el conocimiento del mosaico edáfico, la capacidad de uso de las tierras, la susceptibilidad de las tierras por ejemplo a inundaciones, degradación por erosión y en general a definir la vocación de los suelos del territorio colombiano y los conflictos de uso, que afectan el equilibrio de la naturaleza y la calidad de vida de sus pobladores.

Es importante resaltar que hoy, el país cuenta con una cobertura total de mapas de suelos escala general 1:100.000 (IGAC, 2010) que representa el mosaico de suelos y su distribución ligada al paisaje, definido en términos de:

Geología, material parental (rocas o depósitos superficiales) que dan origen a los suelos y heredan al mismo sus características.

Geomorfología (paisajes geomorfológicos, tipos de relieve y a una escala más detallada formas del terreno).

Clima por pisos altitudinales, temperatura y precipitación (pisos térmicos y provincias de humedad).

Los organismos, en los estudios de suelos, la vegetación y el uso de la tierra son atributos que describen a la unidad.

El tiempo, se evidencia mediante la asociación de las clases taxonómicas, o en términos geomorfológicos por la posición relativa, por ejemplo suelos más jóvenes en las vegas, más evolucionados en las terrazas.

Las unidades cartográficas de suelos, reúnen un conjunto de atributos espaciales (polígonos en los mapas) y atributos alfanuméricos que las caracterizan y que se ligan entre sí, mediante el mapa, la leyenda y la memoria explicativa del estudio de suelos.

En un mapa, cada área circunscrita totalmente por límites de suelo (polígonos) se denomina delineación de suelos y el conjunto de delineaciones de suelos que tienen el mismo nombre o el mismo color

constituyen lo que se denomina una unidad cartográfica. Estas, a su vez contienen a las Unidades Taxonómicas, tipos o clases de suelos.

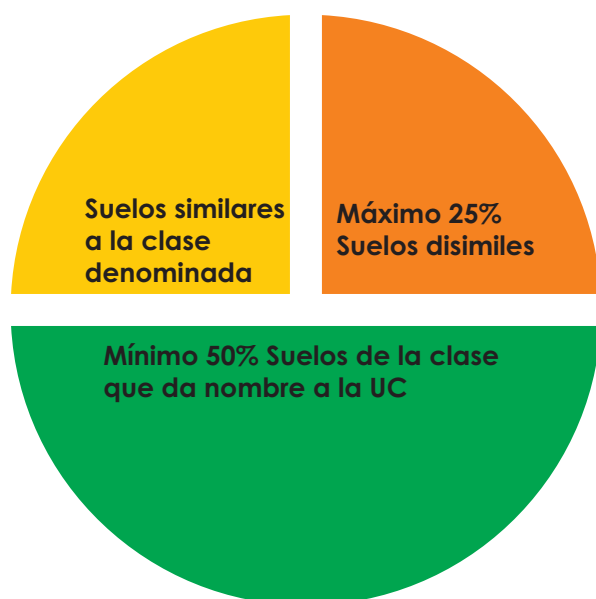
Los suelos, al igual que otros seres vivos, pueden ser agrupados en clases (Unidades taxonómicas) muy diversas, determinadas por un conjunto de características cuantitativas y cualitativas comunes, a diferentes niveles categóricos de un sistema taxonómico que se correlaciona con el nivel de detalle (escala), los cuales suplen objetivos generales o específicos de los levantamientos de suelos y de sus interpretaciones.

El sistema taxonómico adoptado por Colombia para la clasificación de las unidades taxonómicas, es el Key to Soil Taxonomy (2010). Los suelos son subdivididos en seis categorías (Orden, Suborden, Gran Grupo, Subgrupo, Familia y Serie), para la escala 1:100.000 los suelos son clasificados a nivel de subgrupo.

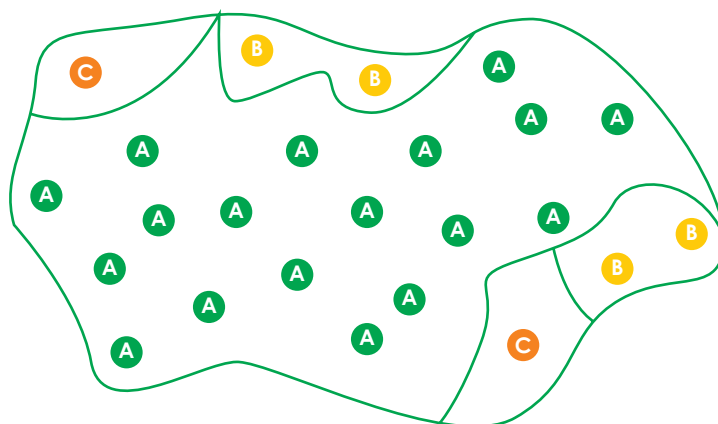
Los mapas de suelos disponibles en el país, representan unidades de mapeo heterogéneas. En el caso de los levantamientos escala 1:100.000, las unidades cartográficas representan los suelos agrupados en consociaciones, asociaciones, complejos, grupos no diferenciados y grupos no asociados de suelos. Algunas unidades cartográficas son subdivididos en fases cartográficas y áreas de no suelos, cuyas características se describen a continuación, haciendo especial énfasis en la interpretación de las mismas para evaluación de tierras.

Las **Consociaciones** son unidades cartográficas homogéneas en las que el área delimitada está dominada por una clase de suelos de la que se conoce su extensión forma y localización y por suelos similares. Como norma se tiene, que la clase dominante de suelo ocupa entre el 50 y el 75% de la superficie, que da el nombre a la unidad cartográfica y que los demás suelos en la unidad, son tan parecidos al dominante, que las interpretaciones no se afectan significativamente. Se acepta la inclusión de hasta un 10% de un suelo disímil (con respuesta diferente).

En la figura 8 se ilustra de manera gráfica como podría ser una Consociación de suelos, las letras A, B y C, representan tres clases de suelos. La letra A representa al suelo que ocupa más del 75% de la unidad, la letra B simboliza el suelo similar 10%), en tanto que la letra C, hace referencia a inclusiones de suelos disímiles 5%.

**Figura 8.**

Representación gráfica de una Consociación de suelos.

Fuente (Rubiano, 2006).

En términos prácticos, A hace referencia al taxón dominante que en este caso dará el nombre a la unidad cartográfica.

Cuando en el mapa los aparecen delimitados los suelos como consociaciones, el intérprete debe buscar en el estudio los atributos correspondientes al perfil modal dominante, para contrastar las características de éste contra los requerimientos del tipo de utilización seleccionado. En síntesis de cada consociación de suelos, se obtiene una interpretación por tipo de utilización seleccionado.

Las **Asociaciones** y los **Complejos** son unidades conformadas por dos o más componentes (clases taxonómicas de suelos), que comparten límites geográficos y taxonómicos, para cada suelo es posible establecer su ubicación (como se distribuye en el paisaje) y estimar su proporción (%) en la unidad. Los componentes principales son suficientemente diferentes en morfología o comportamiento, de tal forma que la unidad toma el nombre de los dos componentes dominantes. De manera similar a las consociaciones, los complejos y las asociaciones aceptan inclusiones de suelos disimiles que no deben exceder el 10%. En la figura 9, se muestra de manera esquemática como estarían conformados los componentes de una asociación, en este caso los suelos dominantes A1, A2 y A3 representan tres suelos asociados geográficamente representados a una escala general, en una sola unidad (color verde) pero con texturas contrastantes para uso y manejo; en un levantamiento más detallado sería posible separarlos en tres unidades independientes. B y C hacen referencia a las inclusiones.

Para la interpretación de una Asociación de suelos, es necesario contrastar las características de los perfiles modales dominantes (dos o más) contra los requerimientos del tipo de utilización seleccionado y ésta resultará en dos o más interpretaciones. En síntesis la evaluación de una asociación de suelos dará origen a una asociación de interpretaciones por uso analizado.

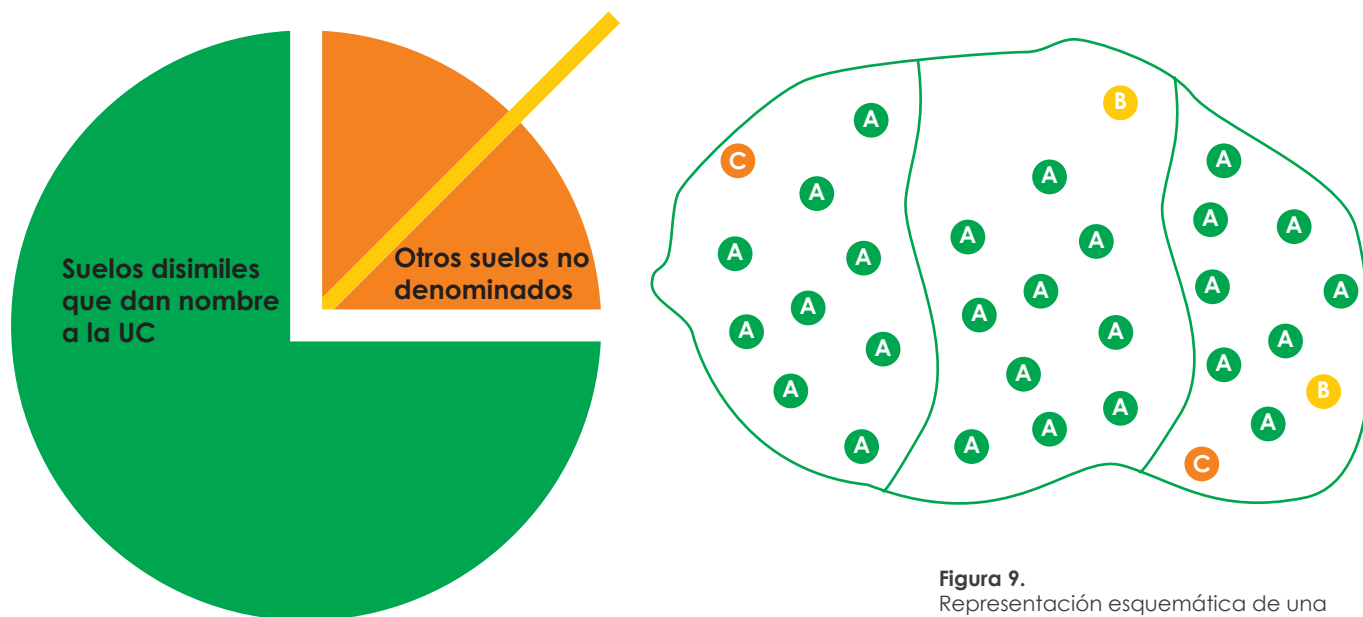


Figura 9.
Representación esquemática de una Asociación de suelos.

Fuente (Rubiano, 2006).

En los complejos, los suelos se encuentran en un patrón intrincado que no permite separarlos en los mapas y tampoco es posible implementar prácticas de manejo diferentes para cada componente. Este es el caso de los complejos de diques y orillares, en las vegas de las planicies de inundación, en donde uno de los componentes presenta texturas pesadas y está sujeto a encharcamientos, en tanto que el otro tiene una textura liviana y presenta buen drenaje. De manera similar en un complejo de colinas o lomas, es imposible separar los suelos de las laderas de los de las cimas y faldas, por tanto es necesario mantenerlos en una sola unidad.

De manera diferente deben ser interpretados los componentes del complejo de suelos, en este caso el evaluador debe revisar de manera independiente las características de los perfiles modales, determinar cuál es el suelo más limitante y efectuar la interpretación con éste. Así para un complejo, es posible obtener una única interpretación por tipo de utilización seleccionado.

En un complejo, los componentes no pueden ser separados en una escala 1:25.000, en tanto que en una asociación, si se detalla el área de estudio, los suelos se podrán representar de manera separada en más de una unidad.

Los **Grupos Indiferenciados** son unidades complejas que comprenden dos o más taxones que no están asociadas geográficamente en forma consistente y que por lo tanto no siempre se encuentran juntos en una unidad cartográfica, pero se incluyen en la misma unidad, por tener rasgos comunes que les hacen responder de manera similar frente al uso y manejo. Generalmente comparten limitaciones en pedregosidad, humedad y pendiente.

El análisis de un Grupo Indiferenciado dará lugar a una unidad de interpretación homogénea en términos del factor común que limita su utilización.

En los mapas de suelos también es posible encontrar unidades conocidas como áreas misceláneas. Zonas de no suelo, como son: las áreas urbanas, polígonos industriales, afloramientos rocosos, arenales, playas, áreas de nieves perpetuas, masas y cuerpos de agua, etc.

La interpretación de las áreas misceláneas, comúnmente está asociada a áreas de manejo especial o con el uso legal restringido en términos de utilización para usos agrícolas.

Tal como se ha expuesto, los suelos dominantes son los que dan el nombre a la unidad y corresponden aproximadamente al 85%. En tanto que los suelos ocasionales dentro de la unidad, se denominan inclusiones y no deben exceder el 15%.

Las **fases** son subdivisiones de una unidad taxonómica a cualquier nivel categórico; por ejemplo, es posible subdividir los suelos pertenecientes a un mismo orden utilizando el criterio de clima ambiental o edáfico. En los mapas de suelos de Colombia, las fases se emplean comúnmente en levantamientos detallados. Al nivel de Familia, se hacen subdivisiones por Fases de textura de la capa superficial, pedregosidad interna del suelo, pedregosidad superficial, profundidad efectiva, agua del suelo (drenaje, encharcamiento), presencia de sales o sodio, espesor del horizonte superficial y sustrato, entre otras.

Sin embargo, en los levantamientos de suelo generales escala 1:100.000 las fases que aparecen cartografiadas en los estudios realizados por IGAC, corresponden a divisiones con fines pragmáticos de unidades cartográficas son: erosión, pendiente, pedregosidad, salinidad, sodicidad, inundaciones y encharcamientos.

Es importante destacar que una Unidad Cartográfica representa solo una aproximación a la realidad geográfica, en este caso a escala 1:100.000. Es decir, que cada unidad representa el suelo, o los suelos, más frecuentes en esa zona. Sin embargo, en la práctica es posible encontrar suelos diferentes a los reportados en el estudio. Si esto sucede, normalmente ocuparan una menor extensión y es posible que puedan tener potencialidades o limitaciones para uso y manejo que pueden llegar a ser contrastantes con los definidos para los perfiles usados en la interpretación.

Fotografía archivo UPRA.

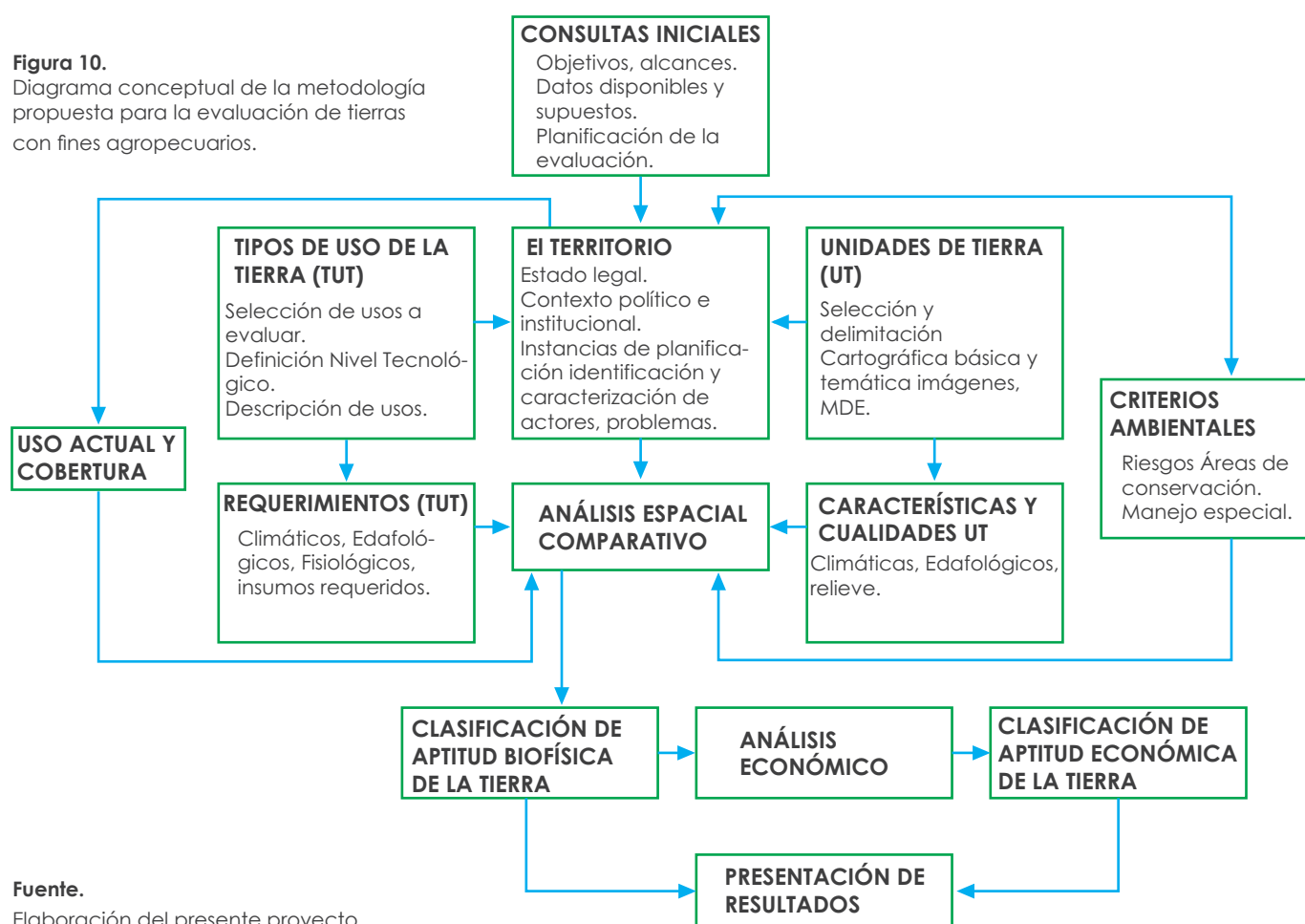
Capítulo

4

Metodología para la evaluación de tierras

En la figura 10 se presenta el diagrama conceptual de la metodología propuesta para la evaluación de tierras con fines agropecuarios. En el desarrollo de la metodología, se incluyeron los componentes tradicionalmente considerados como son las unidades de tierra y los tipos de uso y adicionalmente los componentes sociales y económicos referentes al análisis del territorio y a la clasificación de la aptitud de la tierra en términos económicos. Igualmente, se propone tener en cuenta los componentes ambientales, el uso actual y la cobertura de la tierra. A continuación se explica cada uno de los componentes propuestos para realizar la evaluación de tierras a escala 1:100.000.

Figura 10.
Diagrama conceptual de la metodología propuesta para la evaluación de tierras con fines agropecuarios.



Fuente.
Elaboración del presente proyecto.

4.1. Consultas Iniciales

4.1.1. Contactos institucionales y planificación de la evaluación de tierras.

Esta etapa permite identificar las entidades participantes, los usuarios de la evaluación de tierras que serán las entidades, grupos, gremios, etc., que utilizarán los resultados de la evaluación de tierras. Igualmente, incluye la planificación del proceso de evaluación de tierras (recursos requeridos, costo, insumos, etc.)

Igualmente se debe definir el nivel de detalles al cual se realizará la evaluación de tierras ya que tiene implicaciones en:

- Costos de la evaluación de tierras: a mayor detalle se requiere realizar más trabajo de campo, mayor cantidad de datos principalmente cuantitativos, lo cual incide en los costos.
- Utilidad de la información generada por la evaluación de tierras: existe una relación proporcional entre el nivel de detalle y el tipo de decisiones que se pueden tomar. De acuerdo con Rossiter (1994), el área de decisión mínima (ADM) corresponde a la delimitación óptima legible (DOL) de un mapa convertido a escala terrestre. El DOL es convencionalmente tomado como 1,6 cm² en el mapa. Este autor presenta la siguiente Tabla que indica la relación entre la escala del mapa y la delimitación mínima legible.

4.2. Definición de los objetivos de la evaluación de tierras

4.2.1. ¿En qué consiste?

En este paso se define el objetivo específico de la evaluación de tierras, entendido como aquel que tiene como propósito resolver la problemática social, ambiental y económica del área de evaluación de tierras. Este objetivo debe estar orientado a una población específica y a inducir cambios en situación insatisfactoria en el uso del suelo, expresada en la baja productividad y rentabilidad de la producción agropecuaria y su contribución al desarrollo local y regional.

Este paso es necesario ya que orienta el desarrollo de la evaluación social y económica de manera específica y acorde con las características sociales y económicas del área de evaluación de tierras. De igual forma, permite identificar cuáles recursos se requieren en cantidad y calidad, en tiempo y en espacio, para construir la(s) alternativa(s) de uso del suelo.

4.2.2. ¿Cómo se lleva a cabo?

Tiene como punto de partida el análisis de la situación social y económica del área de evaluación de tierras y de su problemática en materia de producción agropecuaria y de su articulación a mercados regionales y extra-regionales.

4.2.3. Tipo de información y datos requeridos

La información de utilidad para este tipo de análisis proviene de diagnósticos y análisis sobre los sistemas de producción ya realizados

y resultados de análisis participativos de la situación en materia productiva y de uso del suelo en el área de evaluación, cuando la información disponible no brinde toda la información enumerada anteriormente.

De igual forma, proviene de estadísticas de población y de producción ya generadas por entidades a cargo del levantamiento de este tipo de información.

4.2.4. Principales fuentes de información

Las fuentes de información son: el DANE, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, los Institutos de Investigación, el IGAC, las UMATA o quien haga sus veces en el área en evaluación de tierras, las Secretarías de Agricultura y Planeación departamental y las Universidades.

4.2.5. Resultados a obtener

Formulación de los objetivos y alcances de la evaluación de tierras.

4.2.6. Métodos para acopiar, procesar y presentar los datos e información

Para la precisión del objetivo de evaluación de tierras, el análisis requerido se lleva a cabo con las siguientes herramientas:

- Árbol de problemas y su documentación con la información acopiada.
- Árbol de objetivos, a partir del anterior.
- Matriz de marco lógico, que especifica objetivos y actividades, así como las metas.

La aplicación de estos métodos requiere de la participación de los diferentes actores sociales e institucionales debidamente representados, los que son identificados y seleccionados siguiendo los planteamientos metodológicos del numeral siguiente.

Este paso se constituye en la consulta inicial con los diferentes actores interesados, necesaria para adelantar la evaluación económica y social en la evaluación de tierras.



Hay otros métodos que pueden ser utilizados: construcción de visión común (o construcción de escenarios), diagnóstico rural participativo y evaluación rural rápida. Cada uno de ellos tiene una duración e intensidad diferente. Para la selección del método más adecuado, se debe adelantar primero la revisión de fuentes secundarias, con el fin de establecer los vacíos de información, los que serán resueltos con el uso de una de estas herramientas participativas.

Al aplicar alguna de estas herramientas, el grupo evaluador no debe perder de vista el objetivo de este paso, pues de no hacerlo, los resultados pueden ser diferentes a lo esperado.

Con estas herramientas se logran resultados adicionales útiles a los demás pasos, caso tipos de uso actual de las tierras, tipos de uso “potenciales”, por ejemplo.

El grupo evaluador debe tener como ayuda, los temas que se espera sean resueltos con este paso, además del principal que es el de precisar los objetivos y alcances de la evaluación de tierras.

4.3.1. Identificación y caracterización de actores y sus roles en la evaluación de tierras.

- ¿En qué consiste?

Trata de la identificación de los actores sociales e institucionales y de sus roles en la evaluación de tierras, teniendo en cuenta las tres instancias presentadas en el marco conceptual, a saber:

- Los decisores /evaluadores, que para el presente caso son aquellos que formulan la política pública, por tanto son el punto de partida del proceso político de toma de decisiones, pues determinan la orientación del quehacer público y social en el territorio rural. En el presente caso son quienes requieren de la metodología de evaluación de tierras y su aplicación en casos piloto, para luego adelantar evaluaciones en áreas que prioricen para tal fin.
- Los expertos que aportan conocimiento tanto sobre el uso de las tierras (técnicos, profesionales, productores), como sobre el recurso tierra en cuanto a sus propiedades y características (profesionales y técnicos, centros de investigación). En el presente caso, en principio, se trata de aquellas entidades e instancias que adelantan el desarrollo metodológico y quienes lo aplican en evaluaciones de tierra en áreas piloto, con el fin de mejorar la metodología.
- Los usuarios /beneficiarios de la política y los conocimientos aportados por los dos anteriores y por los resultados de la evaluación de tierras. Estos serán afectados por las decisiones que se tomen con base en los resultados de la evaluación de tierras.

4.3. Análisis territorial

- ¿Cómo se lleva a cabo?

Este análisis se adelanta con información documental y se enriquece con los resultados del paso 1 (precisión del objetivo de la evaluación de tierras).

Para la primera instancia (decisores/evaluadores) se requiere de la revisión de la política pública agropecuaria que define competencias y funciones.

Para la segunda instancia (expertos) se adelanta la revisión de diferentes fuentes de información institucional relacionada con los anteriores; se trata de identificar quiénes están generando conocimiento sobre las propiedades y características de la tierra, y quiénes tienen conocimiento y experticia en el uso y manejo de las tierras, bien sea a nivel gremial – empresarial o a nivel individual como productor. Su identificación dependerá del objetivo de la evaluación de tierras y sus alcances.

Este trabajo se apoya en entrevistas dirigidas a los actores del primer nivel, con quienes se identifica un listado sugerido de entidades y actores relacionados con el desarrollo de conocimiento, bien sea de manera formal o empírica.

Para la identificación de los usuarios y beneficiarios de la política y los resultados de la evaluación de tierras, está el trabajo adelantado en el primer paso, el cual permite precisar quiénes son y cómo se espera sean afectados de manera positiva.

Tipo de información y datos requeridos

La información generada es de tipo cualitativo, por tanto los datos están referidos a las principales características de cada actor según la instancia a la que corresponde.

- Principales fuentes de información

Los datos e información se encuentran en la documentación referida a la política pública agropecuaria, a los instrumentos de planeación y a los análisis y caracterizaciones disponibles en las oficinas de planeación y secretarías de planeación departamental, así como en las municipales; así como a la que se levanta en el trabajo adelantado en el paso 1.

La política pública a consultar es, entre otras la siguiente:

Plan Nacional de Desarrollo

- Planes de desarrollo departamental y municipal.
- POT (Plan de Ordenamiento Territorial, en sus diferentes modalidades, según la entidad territorial correspondiente).
- Política agropecuaria general y por modalidad productiva (MADR, 2012).

Por ejemplo, la Cartilla de Política Agropecuaria 2010 -2012 contiene una completa descripción de la política sectorial con sus diferentes instrumentos, agrupada de la siguiente manera:

- Generación de Empleo e Ingresos en la Población Rural
- Subsidio Integral de Tierras
- Restitución de Tierras
- Formalización de la Propiedad Rural
- Titulación de Baldíos
- Proyectos Especiales de Desarrollo Agropecuario o Forestal – PEDAF
- Programa Desarrollo Rural con Equidad - DRE
- Plan Siembra
- Programa Mujer Rural
- Programa Jóvenes Rurales
- Programa Oportunidades Rurales
- Proyecto Alianzas Productivas
- Programa de Vivienda de Interés Social Rural
- Pesca y Acuicultura
- Incremento de la Competitividad Agropecuaria
- Crédito Agropecuario
- Incentivo a la Capitalización Rural – ICR
- Fondo Agropecuario de Garantías – FAG
- Adecuación de tierras
- Investigación y Desarrollo Tecnológico
- Asistencia Técnica Agropecuaria
- Sanidad Agrícola y Pecuaria
- Ampliación y Diversificación del Mercado Interno y Externo
- Plan País Maíz
- Plan Decenal de Desarrollo Cacaotero
- Negociaciones Comerciales
- Admisibilidad en los Mercados Internacionales
- Contingentes de Importación
- Mecanismo Público de Administración de Contingentes Agropecuarios – MAC
- Fondos de Estabilización de Precios
- Equidad en el Desarrollo Regional
- Plan Integral de Desarrollo de la Altillanura
- Plan Integral de la Mojana
- Gestión del Riesgo Agropecuario
- Seguro Agropecuario
- Coberturas Cambiarias
- Plan Nacional de Reforestación
- Sistemas de Información del Sector Agropecuario
- Guía Institucional

Con esta cartilla es posible identificar cada uno de los programas y los instrumentos, a quiénes está dirigido, de qué se trata y cómo se accede al respectivo programa e instrumento de política.

- Resultados a obtener.
- Documento con la descripción de los actores sociales e

institucionales de las tres instancias, con su naturaleza y roles en la evaluación de tierras.

- Métodos para acopiar, procesar y presentar los datos e información.
- La revisión de la información documental debe ser organizada tomando como punto de partida los documentos de política pública, para seguir con los planes sectoriales, de desarrollo y de ordenamiento territorial.

La información se organiza bien sea en una matriz que incluya por instancia, los actores identificados y en las columnas se especifique el tipo de actor (privado, público, gremial o individual) y sus roles en relación con la evaluación de tierras.

La matriz de organización de la información debe contener como mínimo:

- Actor interesado (Nombre).
- Tipo de actor (decisor, evaluador, experto en el uso de las tierras, experto del recurso tierra, usuario/beneficiario).
- Naturaleza (estatal, privado, mixto, ONG, Organización Gremial, Organización de base comunitaria, otro).
- Rol en la evaluación de tierras (por ejemplo: orienta la planificación de uso de las tierras; o participa en la selección de TUT y la precisión de sus requerimientos).

4.3.2. Instancias de planificación y ordenamiento y contexto político –institucional

- ¿En qué consiste?

En primer lugar, este paso consiste en la identificar, analizar y caracterizar las instancias de planificación y de ordenamiento territorial, con el fin de determinar los niveles y escalas (jerarquías –vertical u horizontal-) de toma de decisiones en planificación y ordenamiento territorial. En segundo lugar, trata de la identificación de las unidades de planificación y ordenamiento a que están relacionadas las instancias identificadas y caracterizadas.

Se trata de un análisis que de manera paralela identifica y caracteriza la instancia y su unidad territorial de actuación.

- ¿Cómo se lleva a cabo?

Este paso retoma los resultados del paso anterior, especificando para cada actor institucional o social, a qué instancia y nivel de planificación u ordenamiento corresponde su función o actuación y la jerarquía que ocupa en la toma de decisiones y la forma como ésta se encuentra establecida (horizontal o vertical).

Para lo anterior, debe realizarse un análisis del proceso de toma de decisiones en planificación y ordenamiento, que integre instancias, niveles y jerarquía, respecto de cada actor identificado en el paso anterior, ubicándolo donde corresponda según su rol, en la toma de decisiones.

- Tipo de información y datos requeridos

Se utiliza la información obtenida en el paso 2, integrando ahora información correspondiente a niveles de planificación y jerarquías.

La información debe referirse a espacios o unidades territoriales de actuación según la instancia y el nivel al que corresponde cada actor. Se requiere información de las características socioeconómicas, de los sistemas de producción predominantes y de los TUT más relevantes a este nivel, así como de sus requerimientos generales de uso según las características biofísicas de las tierras.

- Principales fuentes de información

En los instrumentos de planeación y ordenamiento territorial, es decir planes de desarrollo, POT, planes sectoriales de interés para el presente caso.

Entrevistas a actores claves, con el fin de identificar bien la ruta que sigue la toma de decisiones en planificación agropecuaria y ordenamiento territorial, en particular en el suelo rural.

- Resultados a obtener

Documento integrado de actores, roles, instancias y niveles a los que corresponden y jerarquía en la toma de decisiones en planificación del desarrollo agropecuario en particular y en el ordenamiento territorial, de manera específica en el suelo rural.

En el documento se debe describir el proceso de toma de decisiones actual y las recomendaciones de su ajuste en el contexto de la evaluación de tierras, en particular en la aplicación de sus resultados, en programas o proyectos específicos.

- Métodos para acopiar, procesar y presentar los datos e información.

Además de la revisión documental y la organización de la información requerida en matrices según instancias, roles, niveles y jerarquía, según tipo de actor, se utilizan los mapas conceptuales y los diagramas que presentan el proceso de toma de decisiones.

Por cada actor interesado brindar la siguiente información, en una matriz que se refiere a:

- Actor interesado (nombre).
- Instancia de planificación como por ejemplo departamento administrativo de planeación, consejo territorial de planeación, consejo de cuenca, consejo consultivo de ordenamiento territorial municipal, consejo de desarrollo rural municipal, entre otros.
- Tipo de instancia (nacional, regional, departamental, provincial –en los casos que aplica–, municipal, inter-veredal si es del caso).

- Unidad de planificación y ordenamiento rural: nación, departamentos (¿cuáles?), provincias (cuáles), municipio, Unidad de Planificación Rural Agropecuaria – UPRA, otro (cuál).

4.3.3. Análisis del contexto político – institucional

- ¿En qué consiste?

En este paso se identifica la política pública agropecuaria y ambiental y los diferentes instrumentos diseñados para su efectiva ejecución. Este análisis está orientado a identificar el marco político en que se inscribe la evaluación de tierras, bien sea de manera directa e indirecta y los instrumentos de política que posibilitan la aplicación de los resultados en el área objeto de la evaluación de tierras.

- ¿Cómo se lleva a cabo?

Se identifica, por tipo de política (agropecuaria, económica, ambiental, de ordenamiento) lo siguiente:

- Problemática que se pretende resolver, de manera específica relacionada con los temas de la evaluación de tierras.
- El ámbito de actuación: en qué (tema particular, sector, otro), para qué (objetivos) y para quiénes está dirigida.
- Qué instrumentos de política han sido diseñados, para cada política de análisis, cómo funcionan y se aplican, los mecanismos de selección de áreas y beneficiarios, la cobertura poblacional y espacio-temporal.
- Cómo cada política puede favorecer o influir de manera negativa en el desarrollo rural, de manera específica en el área definida para la evaluación de tierras.
- Tipo de información y datos requeridos.
- Documentos de política y su reglamentación. En particular los relacionados con la planificación agropecuaria y rural, la ambiental y de ordenamiento territorial del suelo rural.
- Principales fuentes de información.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Programas presidenciales para poblaciones y áreas priorizadas en Plan de Desarrollo Nacional, Secretarías departamentales de agricultura y planeación.

- Resultados a obtener

Documento que precisa la política pública y sus diferentes instrumentos que pueden servir de apoyo para la ejecución de los resultados de la evaluación de tierras.

- Métodos para acopiar, procesar y presentar los datos e información

La información se organiza en una Tabla que presenta por cada política analizada, cada uno de los puntos de análisis ya señalados.

Por cada política analizada, incluir como mínimo:

- Objetivo.
- Cobertura: población y área beneficiaria.
- Instrumentos para llevarla a cabo: programas, incentivos.
- Procesos y mecanismos para acceder a cada uno de los instrumentos identificados.
- Sitio donde se puede acceder a la información y de contacto para adelantar trámites respectivos.
- En qué contribuye a la puesta en marcha de los resultados de la evaluación de tierras, de manera específica (por ejemplo: posible fuente de recursos a los productores para llevar a cabo un proceso o grupo de ellos en el desarrollo de la alternativa seleccionada).

Las cualidades y características de la tierra son propiedades de las unidades de tierra (FAO, 1985).

Una cualidad de la tierra es un atributo de la tierra que actúa de manera distinta en su influencia sobre la aptitud de la tierra para una clase concreta de uso. Cualidades de la tierra usadas con frecuencia en la evaluación de tierras son: régimen de temperatura, humedad disponible, suministro de nutrientes, condiciones de enraizamiento, posibilidades de mecanización y riesgo de erosión.

Una característica de la tierra es un atributo de la tierra que puede medirse o estimarse y que puede utilizarse para hacer una distinción entre unidades de tierras de diferentes aptitudes de utilización y emplearse como un medio para describir las cualidades de la tierra, por ejemplo, precipitación pluvial anual, pendiente, profundidad efectiva, textura de la capa arable, pH, contenido de carbono orgánico, saturación de bases, entre otras.

Existe divergencia respecto de evaluar las tierras a través de sus cualidades o características. Las cualidades se enfocan, en la forma en que la tierra afecta la aptitud para el uso (función o proceso): suministro de nutrientes, riesgo de erosión, posibilidades de mecanización. En tanto, que las características individuales (precipitación, textura) indicadores, pueden no mostrar de una forma evidente, cuales son los efectos de éstas sobre los cultivos a evaluar. Para (FAO, 1985), la mayor desventaja de usar características individuales, es que éstas no toman en cuenta las interacciones entre los diferentes factores que determinan el uso de la tierra.

Los estudios de suelos escala 1:100.000 contienen los datos de los atributos de las unidades cartográficas en los mapas (unidades espaciales, objeto de la evaluación), la leyenda, que vincula el símbolo y los datos de los suelos consignados en los perfiles modales y en el estudio de suelos, ver figura 11.

4.4 Características y cualidades de las unidades de tierra



Figura 11.
Ejemplo de los componentes de los estudios de suelos realizados por el IGAC, base de la interpretación de evaluación de tierras.

En la práctica la evaluación de tierras puede ser realizada utilizando las cualidades de la tierra medidas, o estimadas mediante características de la tierra, solo características de la tierra, o una mezcla de las dos. FAO (1985) propone un conjunto de cualidades y características para ser usadas en el proceso de evaluación de tierras. Sin embargo, el número de características y cualidades estará determinado por los efectos que la cualidad tiene sobre el uso (importante, moderado o ligero), la existencia de niveles críticos para la cualidad en el área de estudio (frecuente, poco frecuente, rara o inexistente) y la disponibilidad de la información necesaria para llevar a cabo la evaluación. La Tabla 1 reúne un grupo de cualidades de las unidades de tierra que se asocian a una o más características (indicadores) propuestas para la evaluación escala 1:100.000.

Tabla 1.

Cualidades y características de las unidades de tierra.

Fuente.

Elaboración del presente proyecto.

CUALIDAD DE LA TIERRA (Función o proceso)	CARACTERÍSTICA DE LA TIERRA (indicador de calidad)
Clima ambiental ¹	Clase climática (Köpen, Thorntwaite) Pisos térmicos Provincias de humedad (Caldas Lang) Precipitación (cantidad, distribución, intensidad) Temperatura (anual, mensual) Evapotranspiración Humedad Relativa Brillo solar Balance hídrico Régimen de humedad del suelo ² Régimen de temperatura del suelo
Relieve (Topografía) ¹	Pendiente ² Forma de la pendiente Longitud de la pendiente Exposición Aspecto Microrelieve
Disponibilidad de Oxígeno en la zona radicular	Condición de drenaje ²
Disponibilidad de agua en la zona radicular	Régimen de humedad Textura ²
Disponibilidad de nutrientes	pH Saturación de aluminio Saturación Ca, Mg, K Relaciones Ca, Mg, K % Carbono Orgánico % Materia Orgánica % Fósforo
Exceso de sales	Salinidad Sodicidad
Toxicidades del suelo	Aluminio Carbonatos de calcio Yeso Sulfato ácido
Capacidad de laboreo	Pendiente ² Profundidad efectiva Textura ² Volumen de piedras
Riesgo Erosión	Efecto de la pendiente (factor LS) Efecto de la cobertura (factor C. índices cobertura) Efecto del suelo (Factor K) Efecto de lluvias (Índice de Fournier)
Riesgo de degradación	Compactación Contaminación
Riesgos climáticos	Heladas Sequías

Riesgo de inundación	Duración de la inundación Frecuencia de la inundación
Plagas y enfermedades	Plagas Enfermedades
Acceso	
Tamaño	
Ubicación	

1. Puede utilizarse para hacer una selección inicial.
2. Característica que explica más de una cualidad.

4.4.1. Clima ambiental

El clima es una cualidad de las unidades de tierra que tiene una incidencia directa sobre la fisiología de las plantas y que afecta de manera directa el proceso de fotosíntesis y por ende el crecimiento, la producción y la calidad de los cultivos.

La caracterización del clima se puede realizar de manera preliminar a la evaluación acudiendo a los datos climáticos (estadísticas, promedios y superficies de temperatura, precipitación, evapotranspiración, entre otros) provistos por las estaciones climáticas del IDEAM, centros de investigación de gremios productivos como CENICAÑA y CENICAFE, centros de investigación nacional o internacional (CORPOICA, CIAT) o de redes de cambio climático.

También es posible generar las superficies de datos climáticos, a partir de la interpolación de datos regionales, nacionales o globales, que para algunas áreas del país pueden suplir temporalmente la ausencia de datos. Es importante resaltar que el nivel de incertidumbre de las predicciones climáticas disminuirá en la medida que aumente la cobertura de estaciones agroclimáticas en el territorio nacional.

La caracterización del clima se puede usar para zonificar de manera preliminar las unidades de tierra y dentro de éstas seleccionar los tipos de utilización a evaluar.

4.4.2. Relieve (topografía)

El relieve (topografía) como cualidad de las unidades de tierra define, entre otros, el nivel tecnológico, la posibilidad de mecanización, los microclimas, la exposición de las laderas la cual se asocia a la cantidad de radiación solar, definitiva en la fisiología de las plantas.

Para caracterizar el relieve se acude a las fases de pendiente de los estudios de suelos (Tabla 2) o mediante la generación de mapas de

pendiente utilizando Modelos Digitales de Elevación (MDE), el análisis de éstos permite caracterizar parámetros útiles en la evaluación tales como el grado de la pendiente, longitud y forma de la pendiente, grado de disección, cálculo de índices de suelo humedad, entre otros (Munar y Martínez, 2010).

Tabla 2.
Clases de pendiente (fases estudios de suelos – IGAC).

CLASES GRADO PENDIENTE	%	Símbolo
Ligeramente plana	0 – 3	a
Ligeramente inclinada (ondulada)	3 – 7	b
Moderadamente inclinada (ondulada)	7 – 12	c
Fuertemente inclinada (ondulada)	12 – 25	d
Ligeramente escarpada (empinada, quebrada)	25 – 50	e
Moderadamente escarpada (empinada, quebrada)	50 – 75	f
Fuertemente escarpada (empinada, quebrada)	> 75	g

Pendiente: La pendiente es una característica del suelo que hace referencia a la inclinación de la superficie del terreno y que está relacionada con las prácticas de manejo mecánico, e hidrológico y además es un determinante de la erosión y de los procesos de remoción en masa. En la Tabla 2 se presentan las clases por grado de pendiente, asociadas al símbolo (letra en minúscula) que identifica las fases cartográficas por erosión en los mapas de suelos escala 1:100.000 en Colombia.

Tabla 3.
Clases por longitud y forma de la pendiente, utilizadas en los levantamiento de suelos (IGAC, 2000).

LONGITUD PENDIENTE	LONGITUD (m)	FORMA PENDIENTE
Corta	< 50 metros	Recta
Media	50-100 metros	Convexa
Larga	100-300 metros	Cóncava
Muy larga	> 300 metros	Compleja Irregular

4.4.3. Disponibilidad de oxígeno en la zona radicular

La deficiencia de oxígeno puede ser uno de los factores más limitantes en la producción de cultivos (a excepción del arroz) ya que causa un retardo en la emergencia de las plántulas, reduce los rendimientos y en la mayoría de los casos, es responsable de las mal formaciones en tuberosas, o en la proliferación de hongos y problemas fitosanitarios (Ruíz, 1986). La condición de drenaje expresada en términos de drenaje natural, es la característica más comúnmente utilizada para evaluar la disponibilidad de oxígeno en la zona radicular.

Drenaje natural: El drenaje natural hace referencia a la profundidad y tiempo en el que el agua permanece en la superficie del suelo. También se asocia a la remoción natural del exceso de agua acumulada sobre la superficie y a lo largo del perfil de suelo. El drenaje natural combina el drenaje interno y externo del suelo, tiene en cuenta la relación entre la pendiente, escorrentía e infiltración y las evidencias de procesos de óxido-reducción colores gley, también de la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Malagón, 1984). En la Tabla 4 se presentan las clases por drenaje natural.

CLASE	DESCRIPCIÓN
Muy pobre	Áreas planas, suelos con exceso de agua en la superficie, baja infiltración, conductividad hidráulica lenta, colores gley, nivel freático superficial.
Pobre	Suelos generalmente con exceso de humedad en la superficie o cerca de ella, conductividad hidráulica lenta, colores gley, nivel freático superficial.
Imperfecto	Suelos con una capa freática fluctuante entre los 50 y 60 cm.
Moderado	Suelos con humedad suficiente para afectar las plantas o las labores de cultivo.
Bueno (bien)	Capacidad de retención de humedad intermedia y cantidades óptimas de la misma; nivel freático profundo a más de 120 cm.
Excesivo	Conductividad hidráulica alta y muy alta. Baja capacidad de retención de humedad. Suelos aptos para cultivos solamente si se riegan.

Tabla 4.
Clases por drenaje natural.

Fuente.
Elaboración del presente proyecto.

Los cambios de color, de textura y estructura evidencian procesos de ausencia o presencia de oxígeno en las capas del suelo, este es un indicador cualitativo, que puede probar la existencia de procesos de óxido reducción en los suelos, asociados a la dinámica y movimiento del agua en el suelo, y en este caso por las condiciones de drenaje puede ser determinada, de manera más fácil la mayor o menor disponibilidad de oxígeno (Martínez, 2006).

En la descripción de las unidades cartográficas y en la descripción de los perfiles modales se reportan el drenaje externo, el drenaje interno y el drenaje natural. Es conveniente verificar en la descripción de los horizontes, la profundidad a la cual aparece el nivel freático y los colores (gley) asociados a los procesos de reducción.

4.4.4. Disponibilidad de agua en la zona radicular

Este indicador evalúa la cantidad de agua disponible para los cultivos durante el ciclo vegetativo que garantizan su crecimiento y normal desarrollo. Para determinarlo se utiliza el régimen de humedad del suelo y la familia textural.

El **régimen de humedad del suelo** está definido en términos de la presencia o ausencia de agua retenida a menos de 1.500 kPa y es un indicador de la disponibilidad de agua para el cultivo (Malagón, 1984). La humedad se determina en la sección control de suelo (número de días acumulados o consecutivos en que el suelo está seco (contenido de humedad inferior al establecido a 15 bares) o húmedo (contenido de humedad entre $1/10 - \frac{1}{2}$ y 15 bares). En la Tabla 5 se presenta la forma como se califica esta característica.

CLASE RÉGIMEN HUMEDAD	CARACTERÍSTICAS
Perácuico	Suelo no está seco en ninguna parte de la sección control por más de 90 días acumulativos.
Ácuico	El suelo está saturado por agua por lo menos unos pocos días, en un ambiente virtualmente libre de oxígeno disuelto
Perúdico	El suelo esta permanente húmedo la mayor parte del año y está condición se ve favorecida por la cobertura vegetal permanente.
Údico	Suelo húmedo en un período de tiempo tal que las condiciones son propicias para el crecimiento de las plantas. La sección de control está seca por más de 90 días acumulativos durante el año.
Ústico	Estos términos se usan para el mismo régimen de humedad pero en diferentes categorías. Seco en todas sus partes más de la mitad del tiempo (acumulativo) cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm es mayor de 5 °C.
Arídico	La humedad en alguna o en todas sus partes no ocurre en períodos tan largos como 90 días consecutivos cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm es mayor de 8 °C.

Tabla 5.

Clases de régimen de humedad del suelo, adaptado (IGAC, 2000).

La **textura** es una característica física que hace relación a la proporción en que se encuentran en la fracción de la "tierra fina" del suelo las partículas de arena, limo y arcilla. Esta propiedad está relacionada con aspectos físicos y químicos que ocurren en el suelo como: infiltración, permeabilidad, retención de humedad, aireación y capacidad de intercambio iónico; además es un parámetro importante en la clasificación taxonómica de los suelos (Malagón, 1984). En la Tabla 6 se presentan las clases de textura del suelo, el símbolo utilizado para su descripción y los grupos texturales.

Tabla 6.
Clases de textura del suelo.

Fuente.
Elaboración del presente proyecto.

CLASE TEXTURA	Símbolo	FAMILIA TEXTURAL
Arenosa	A	Arenosa
Arenosa franca	AF	
Franco arenosa	FA	Franca gruesa < 18% de Ar
Franca	F	
Franco limosa	FL	
Franco arcillo arenosa	FArA	Franca fina < 18% de Ar
Franco arcillosa	FAr	
Limosa	L	
Franco arcillo limosa	FArL	
Arcillo arenosa	ArA	Fina < 60% de Ar
Arcillo limosa	ArL	
Arcillosa	Ar	Muy Fina > 60% de Ar

La evaluación puede referirse a la textura de la capa superficial del suelo (25 cm), del horizonte superficial o al total del perfil. En estudios de mayor detalle se diferencian las familias texturales (promedio ponderado por horizontes de la textura de la sección control) de las fases por tipo (textura de la capa arable).

La información de la textura del suelo acompaña la descripción de los horizontes del suelo, aparece en la descripción de los perfiles modales y en las tablas de caracterización físico química de los estudios de suelos.

4.4.5. Disponibilidad de nutrientes

El suministro de nutrientes es junto con la disponibilidad de oxígeno y de humedad, una de las cualidades de la tierra más importantes para la producción de cultivos. La evaluación de esta cualidad, puede enfocarse en términos de la disponibilidad que tiene el suelo para proveer nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, y la capacidad que tiene el suelo para fijar nutrientes que juega un papel relevante cuando los sistemas analizados involucran el manejo nutricional mediante la adición de fertilizantes.

La disponibilidad de nutrientes puede evaluarse mediante diversos métodos. Para la escala 1:100.000 se tiene información de la calificación de fertilidad realizada por el IGAC mediante la interpretación de los resultados de los análisis de caracterización química de los horizontes de los perfiles de los suelos modales de los estudios de suelos (Tabla 7). Es importante resaltar que los datos de los análisis químicos corresponden a un punto que se extrapola a cientos de hectáreas, así que su interpretación, será solo una aproximación a la oferta de nutrientes. A escalas más detalladas es necesario caracterizar las propiedades químicas ya que éstas son características dinámicas que cambian por efecto del uso y del manejo.

Clase de Fertilidad	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Muy baja	1	3,6
Baja	3,7	5,1
Moderada	5,1	6,7
Alta	6,8	8,4
Muy alta	8,4	10

Tabla 7.
Clases de fertilidad utilizada por IGAC en los estudios de suelos.

El evaluador puede elegir, el parámetro o parámetros que tienen influencia específica en el tipo de utilización analizado y define si va a utilizar las características de manera individual o combinada mediante generación de índices que le ayuden a estimarla. Los productores de palma por ejemplo, utilizan para calificar la disponibilidad de nutrientes: la saturación de aluminio (%), saturación de calcio (%), magnesio y potasio (%), las relaciones entre cationes, el porcentaje de materia orgánica (%) y la cantidad de fósforo (ppm).

Carbón orgánico: La materia orgánica de un suelo se puede medir con base en el contenido de carbón orgánico (Tabla 8) porque éste es parte integral de su estructura. Ella juega un papel fundamental en la dinámica físico-química del suelo. Además de suministrar elementos nutritivos (N,P,K) interacciona con las arcillas del suelo, mejorando y facilitando la estructuración, la aireación, la velocidad de infiltración, la penetración radicular, la relación aire – agua en la zona radicular, la resistencia a la erosión y la actividad de los macro y micro-organismos del suelo (Malagón, 1984).

Disponibilidad de Carbono Orgánico del suelo	LÍMITE INFERIOR (%)	LÍMITE SUPERIOR (%)
Muy bajo	0	1
Bajo	1,1	1,5
Medio	1,51	2,5
Alto	2,51	4
Muy Alto	4,1	100

Tabla 8.
Escala de calificación del porcentaje de carbón orgánico de un suelo.

En general al referirse al materia orgánica del suelo, se tratan dos de sus componentes (carbono y nitrógeno) y una relación asociada a ellos: C/N.

La relación carbono/nitrógeno, hace referencia a la calidad de la materia orgánica (Tabla 9). Cocientes próximos a 9 son indicativos de una buena humificación de la materia orgánica, valores más altos pueden indicar que se ha producido un aporte reciente en materia orgánica fresca o que, por alguna causa, la actividad de los microorganismos está ralentizada y los procesos de mineralización y humificación están frenados. Valores demasiado bajos tampoco pueden ser indicativos de situaciones de agotamiento del suelo o acumulación de nitrógeno por baja actividad microbiana o por excesiva fertilización nitrogenada (Malagón, 1984).

Tabla 9.
Clasificación de la relación Carbono/ Nitrógeno, utilizada para estimar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Relación Carbono/Nitrógeno	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Muy baja	0	7
Baja	7,1	9
Óptima	9,1	12
Alta	12,1	19
Muy alta	19,1	100

La **capacidad de intercambio catiónico del suelo**, expresada en centímol carga por kilogramo (cmolc.kg-1); mide la capacidad del suelo para retener cationes (Ca, Mg, K, Cu, Zn, Fe, Mn, NH4), algunos de los cuales son necesarios para la nutrición de las plantas y regularización de la disponibilidad de nutrientes. Suelos con baja capacidad de intercambio catiónico pueden retener pocos cationes y, en consecuencia, requieren dosis bajas y más frecuentes de fertilizantes que los suelos con alta CIC (Malagón, 1984). La Tabla 10 muestra la clasificación y rangos críticos de la CIC del suelo.



Fotografía archivo UPRA.

Tabla 10.
Clasificación de la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo.

CIC (Cmolc kg ⁻¹)	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Muy baja	0	5
Baja	5,1	10
Mediana	10,1	20
Alta	20,1	30
Muy Alta	30,1	200

Reacción del Suelo (pH) Esta propiedad determina el grado de acidez o alcalinidad que tienen los suelos e influye de manera directa en la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes (P 6.5 y 7.7; K y S > 6.5; Ca y Mg 6 - 8.5; Fe < 7; Mn 5.5 – 75; B y Cu 5 – 7 y > 9 y Mo > 10, entre otros), regula la actividad de los micro-organismos, propicia la concentración de elementos y sustancias tóxicas, la cantidad y tipo de cargas eléctricas de las arcillas y la mineralización y evolución de los materiales orgánicos (Malagón, 1984).

En la Tabla 11 se presenta la escala de pH de los suelos. Es importante resaltar que valores extremos de pH por debajo de 3.5 pueden ser indicativos de procesos de formación de horizontes sulfato ácidos, particularmente en ambientes donde los suelos orgánicos han sido drenados, se produce la síntesis de ácido sulfúrico, expresión de un alto nivel de degradación del suelo.

Tabla 11.
Escala de calificación de la reacción del suelo (pH).

Clase de reacción del suelo (pH)	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Extremadamente ácido	3.5	< 4.5
Muy fuertemente ácido	4.6	5.0
Fuertemente ácido	5.1	5.5
Medianamente ácido	5.6	6.0
Ligeramente ácido	6.1	7.3
Neutro	6.6	6.5
Ligeramente alcalino	7.4	7.8
Alcalino	7.9	8.4
Fuertemente alcalino	8.5	9.0
Muy fuertemente alcalino	9.1	14.0

Saturación de bases y bases intercambiables. Los cationes intercambiables (Ca, Mg, K, Na) se denominan bases intercambiables y el porcentaje que poseen de la CIC se llama saturación de bases. Estos elementos intervienen en los fenómenos de intercambio iónico y la reacción del suelo, constituyendo, con excepción del Na, nutrientes esenciales para las plantas y sirven para evaluar la fertilidad del suelo (Malagón, 1984). En las Tablas 12 y 13 se presenta la calificación de SB y de los cationes intercambiables del suelo, Ca, Mg y K

Clase saturación de Bases del suelo (SB)	LÍMITE INFERIOR %	LÍMITE SUPERIOR %
Muy bajo	0	20
Bajo	20,1	40
Medio	40,1	60
Alto	60,1	80
Muy Alto	80,1	100

Tabla 12.
Calificación de la saturación de bases total del suelo (CIC).

Saturación	Ca (%)		Mg(%)		K(%)	
Rango	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Muy bajo	0	5	0	1	0	0,5
Bajo	5,1	10	1,1	5	0,51	1
Medio	10,1	20	5,1	10	1,1	3
Alto	20,1	40	10,1	20	3,1	5
Muy Alto	40,1	100	20,1	100	5,1	100

Tabla 13.
Saturación de Cationes del suelo (CIC).

4.4.6. Exceso de sales y/o Sodio

El exceso de sales y sodio, obedece a la acumulación de sales libres, y sodicidad, o saturación del complejo de cambio con iones de sodio. Las sales inhiben la absorción del agua por ósmosis, niveles moderados de sales retardan el crecimiento y reducen los rendimientos, niveles altos son tóxicos para la mayoría de los cultivos.

El ion sodio es tóxico para la mayoría de las plantas y además dispersa la materia orgánica y las arcillas produciendo sellamiento de los poros del suelo, lo que disminuye la actividad de los organismos y el movimiento de agua y nutrientes a la planta. Para evaluar el exceso de sodio en los suelos se utilizan el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la razón de absorción de sodio (RAS).

El incremento de la concentración de los iones puede provocar la toxicidad de alguno de ellos o antagonismo entre ellos (Malagón, 1984). Las Tablas 14 y 15 muestran las clases de salinidad y sodicidad, respectivamente.

Clase de Salinidad	LÍMITE INFERIOR (dS/m)	LÍMITE SUPERIOR (dS/m)
No salino	0	2
Ligeramente salino	2,1	4
Moderadamente salino	4,1	8
Fuertemente salino	8,1	16
Muy salino	16,1	100

Tabla 14.
Clases de salinidad del suelo.

Clase por Presencia de Sodio	PSI	RAS
Normal	< 13	< 15
Sódica	> 13.1	> 15.1

Tabla 15.
Clases de sodicidad del suelo.

4.4.7. Toxicidades del suelo

La Saturación de Aluminio del Suelo (SAI), hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+3}), que es abundante en suelos ácidos con pH menor de 5.5, el cual, afecta el desarrollo de las plantas: inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio (Malagón, 1984).

Para poder utilizar suelos con altos niveles de Al^{+3} intercambiable es necesario aplicar altas dosis de cal para elevar el pH a niveles no tóxicos o utilizar variedades de plantas que sean tolerantes a la acidez. Se ha establecido que, cuando se encuentra menos de 1 ppm de Al^{+3} en la solución del suelo, la saturación es menor de 60% y no hay efecto tóxico en las plantas de tolerancia moderada a Al y cuando es mayor de 60%, la concentración de Al en la solución del suelo aumenta rápidamente. La calificación de la saturación de aluminio se presenta en la Tabla 16.

Clases de Saturación Aluminio del suelo	LÍMITE INFERIOR (%)	LÍMITE SUPERIOR (%)
Muy bajo	0	14,9
Bajo	15	29,9
Medio	30	59,9
Alto	60	79,9
Muy Alto	80	100

Tabla 16.
Clases de saturación de aluminio (SAI) del suelo.

4.4.8. Capacidad de laboreo

Se refiere a las condiciones del suelo que permiten un buen crecimiento y desarrollo de las raíces en profundidad, garantizando que las semillas no tengan obstrucción para su crecimiento y tengan una buena formación (Martínez, 2006). Este indicador se evalúa utilizando la pendiente, la profundidad efectiva del suelo, la textura y el volumen de piedras.

La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, para obtener el agua y los nutrientes (Tabla 17). Las limitaciones de profundidad, se expresan por presencia de roca o pedregosidad dentro del perfil del suelo, o por la cercanía a la superficie de limitantes de tipo físico (horizontes endurecidos, roca, nivel freático) o químicos (contenidos tóxicos de elementos como aluminio o sales).

Tabla 17.
Calificación de la profundidad efectiva del suelo.

Profundidad del suelo	Rango (cm)
Extremadamente superficial	Menor a 10
Muy superficial	11 - 25
Superficial	26 - 50
Moderadamente profundo	51 - 100
Profundo	101 - 150
Muy profundo	> 151

Para evaluar la pendiente para las posibilidades de laboreo o mecanización se utiliza la Tabla 2 y se relaciona con la facilidad o dificultad de laborar la tierra. En las áreas planas para definir si la mecanización es plena (0-3%), fácil (3-7%), ligeramente difícil (7-12%), difícil (12-16%) muy difícil, solo para un restringido grupo de cultivos (16-25%). Cuando la pendiente está por encima del 25% para agricultura no mecanizada, con prácticas especiales de manejo y conservación del suelo.

La textura se asocia a las posibilidades de laboreo utilizando la Tabla 6, se puede utilizar parámetro de evaluación las clases de textura o los grupos de textura, también se puede tener en cuenta el porcentaje de arcilla y el tipo de arcilla (1:1; 2:1; 2:2) en el perfil del suelo. Se considera que los suelos son pesados, difíciles de laborar, cuando su textura es arcillosa, particularmente cuando el porcentaje de ésta excede el 60% y cuando el tipo de arcilla dominante es expansiva.

La pedregosidad hace referencia a las fracciones de fragmentos mayores a las gravas (0.045 metros de diámetro) sobre la superficie del suelo y dentro del perfil, están relacionados con el número, el tamaño y espaciamiento. Incluye afloramientos rocosos.

En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fases pedregosas, que disminuyen el área útil por unidad de superficie y que pueden llegar a impedir el uso de maquinaria e implementos agrícolas. Se diferencian suelos con fases rocosas y pedregosas; las primeras constituidas por suelos en los cuales los fragmentos de roca de diferente tamaño y forma sobre la superficie, o en la capa superficial del suelo y las segundas, están delimitados en áreas de suelos en las que aflora la roca, conectadas a masas líticas profundas.

La Tabla 18 se presentan las clases de abundancia de los afloramientos rocosos y recubrimiento de fragmentos de roca en superficie y en la Tabla 19 las clases por volumen de fragmentos de roca o piedra en el perfil.



Tabla 18.

Clases por abundancia de afloramientos rocosos y recubrimiento de fragmentos de roca o piedra en superficie.

Abundancia de afloramientos rocosos		Recubrimiento fragmentos de roca en superficie	
Clase	Superficie Cubierta (%)	Clase	Superficie cubierta (%)
No hay		No hay	
Esporádica	< 0.1	Pocas	< 0.1
Poca	0.1– 2	Medianas	0.1 - 3
Media	2– 10	Abundantes	15 - 40
Abundante	10 – 25	Muy abundantes	40 - 70
Muy Abundante	25 – 50	Miscelánea	> 70
Miscelánea	50 – 70		
Rocosa	> 70	Pedregosa	

Tabla 19.

Clases por volumen de fragmentos de roca o piedra en el perfil.

Código Para fase	Clase	Volumen %
1	No hay	< 3
2	Pocos	3 - 15
3	Frecuentes	15 - 35
4	Abundantes	35 - 60
5	Extremadamente Abundantes	> 60

4.4.9. Riesgos climáticos

El riesgo a heladas se refiere al daño que ocasiona la ocurrencia de este fenómeno, que en Colombia es frecuente en las zonas de alta montaña en épocas secas, se presentan descensos de la temperatura diurna (por debajo de 3 °C) que causan la ruptura de las membranas de las células de las plantas, por el crecimiento de cristales de hielo dentro del protoplasma (deshidratación). Dependiendo de la intensidad se pueden presentar daños en flores, frutos, hojas y en algunos casos la pérdida total de la planta. Las heladas pueden ser clasificadas por su intensidad medida en intervalos de temperatura (Tabla 20)

Tabla 20.

Clases por intensidad de heladas.

Grado	Intervalo de temperaturas (°C)
Alta	-6 a -3
Moderada	-3 a -0
Baja (heladas agronómicas)	0 a 3
Muy Baja (heladas agronómicas)	3 a 6

La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (CNULD), define a la sequía como el fenómeno que se produce naturalmente cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos de tierra, por la ocurrencia de déficit de humedad (agua aprovechable para los cultivos).

El riesgo de sequía es más frecuente en zonas subhúmedas y secas, semiáridas y áridas y se agudiza por variaciones climáticas (El fenómeno cálido del pacífico "El Niño", o Corriente del Evento del Pacífico en Colombia).

De forma práctica se puede recurrir al análisis de los datos de precipitación de las estaciones agrometeorológicas y determinar la duración de los períodos secos combinados con la precipitación promedio anual y su efecto sobre el tipo de utilización analizado, tal como lo hacen los productores de palma en el país.

4.4.10. Plagas y enfermedades

La incidencia de plagas y enfermedades afecta el crecimiento y desarrollo del cultivo, lo cual repercute en la disminución de la producción y en el aumento de los costos para su control. Para su evaluación se deben considerar la incidencia de plagas de insectos, enfermedades virales y de hongos, gusanos y predadores, y vectores de enfermedades.

Esta información es difícil de obtener; para escala general se pueden utilizar datos de frecuencia relativa de plagas y enfermedades, o asociarlo a una condición climática o de suelo.

4.4.11. Acceso dentro de la unidad de producción

Algunos tipos de utilización tienen requerimientos relacionados con la construcción de caminos o vías para cosecha, transporte de fertilizantes, paso de maquinaria agrícola, frecuente en plantaciones de palma, plátano, banano, caña de azúcar, caucho, entre otras. Se evalúa con características como topografía, grado de la pendiente, presencia de cuerpos y cursos de agua y, clase de arcilla.

4.4.12. Tamaño de las unidades de manejo

Algunos tipos de utilización requieren de un tamaño mínimo por debajo del cual la explotación no es viable. El tipo de explotación y el nivel tecnológico también pueden exigir un tamaño y conformación de las unidades de tierra, de tal forma que se posibilite el manejo mecánico, hídrico y nutricional del cultivo.

4.4.13. Ubicación

Relaciona la unidad de explotación con la distancia a centros de acopio, procesamiento, comercialización, acceso existente o posible mediante vías de acceso.

Fotografía archivo UPRA.

Capítulo 5

Criterios
ambientales

5.1. Determinantes ambientales

Se entiende por determinantes ambientales las normas de superior jerarquía para la elaboración, adopción y ajuste de los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial o Esquemas de Ordenamiento Territorial, según el caso, por parte de los municipios. De acuerdo con el artículo 10 de la Ley 388 de 1997, son determinantes relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales, la prevención de amenazas y riesgos naturales, las siguientes:

a) Las directrices, normas y reglamentos expedidos en ejercicio de sus respectivas facultades legales, por las entidades del Sistema Nacional Ambiental, en los aspectos relacionados con el ordenamiento espacial del territorio, de acuerdo con la Ley 99 de 1993 y el Código de Recursos Naturales, tales como las limitaciones derivadas del estatuto de zonificación de uso adecuado del territorio y las regulaciones nacionales sobre uso del suelo en lo concerniente exclusivamente a sus aspectos ambientales.

b) Las regulaciones sobre conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, en las zonas marinas y costeras; las disposiciones producidas por la Corporación Autónoma Regional o la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción, en cuanto a la reserva, alinderamiento, administración o sustracción de los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelos, las reservas forestales y parques naturales de carácter regional; las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas expedidas por la Corporación Autónoma Regional o la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción; y las directrices y normas expedidas por las autoridades ambientales para la conservación de las áreas de especial importancia ecosistémica.

c) Las disposiciones que reglamentan el uso y funcionamiento de las áreas que integran el sistema de parques nacionales naturales y las reservas forestales nacionales; las políticas, directrices y regulaciones sobre prevención de amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales.

El Decreto 3600 de 2007 reglamentó las disposiciones de la Ley 99 de 1993 y de la Ley 388 de 1997 sobre las determinantes de ordenamiento del suelo rural. Al respecto, las categorías de protección en suelo rural constituyen suelo de protección y son normas urbanísticas de carácter estructural. Hacen parte de esta categoría las áreas de conservación y protección ambiental que incluyen las áreas del sistema nacional de áreas protegidas, las áreas de reserva forestal, las áreas de manejo especial y las áreas de especial importancia ecosistémica (páramos y subpáramos, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, rondas hidráulicas de los cuerpos de agua, humedales, pantanos, lagos, lagunas, ciénagas, manglares y reservas de flora y fauna).

Considerando lo anterior, los POT deben incorporar las reservas forestales de la Ley 2 de 1959 en la categoría de suelo de protección. El suelo de protección, de acuerdo con la clasificación del suelo de la Ley 388 de 1997, es el constituido por las zonas y áreas de terrenos que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse.

Algunas Corporaciones Autónomas Regionales o de Desarrollo Sostenible expiden actos administrativos (Acuerdos o Resoluciones) o elaboran documentos donde se recogen las determinantes ambientales para la formulación, revisión y ajuste de los planes de ordenamiento territorial, con el propósito de orientar en esta materia a los municipios de su jurisdicción.

En términos generales, se entiende que son determinantes ambientales todas las disposiciones ambientales que tengan un nivel jerárquico superior y que son obligatorias, razón por la cual no pueden ser desconocidas por los municipios cuando elaboren, revisen o ajusten sus planes de ordenamiento territorial. En el mismo sentido, la actuación de las autoridades ambientales está sujeta a unas normas superiores de obligatorio cumplimiento y ellas también expiden normas que se suman a las determinantes ambientales.

En tal sentido, una vez calificadas las tierras según la aptitud de uso, las áreas cobijadas como determinante ambiental deben ser excluidas, y ajustada la evaluación final, ya que éstas son áreas de manejo especial encaminadas a la protección. Las determinantes ambientales las definen y regulan las Corporaciones Autónomas Regionales - CAR y de Desarrollo Sostenible - CDS, para que sean incorporadas en los planes de ordenamiento territorial, por tanto deben ser consultadas con la autoridad ambiental respectiva, en el área sujeta a evaluación de tierras.

En general, las determinantes ambientales están definidas en el artículo 10 de la Ley antes mencionada, e involucra las áreas relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales, así:

- El artículo 2 del Decreto 3600 de 2007.
- El artículo 41 de la Ley 1523 de 2013 Ley de riesgo.
- El artículo 23 Decreto 1640 de 2012.
- El artículo 19 Decreto 2372 de 2010.

Tabla 21.
Determinantes Ambientales según el
artículo 10 de la Ley 388/97.

DETERMINANTE AMBIENTAL	ZONAS
ÁREAS DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN AMBIENTAL - SINAP	Áreas del SPPN
	Reservas Forestales Protectoras Nacionales y Regionales
	Parques Naturales Regionales
	DMI del orden Nacional y Regional
	Distritos de Conservación de Suelos
	Áreas de recreación
ÁREAS DE MANEJO ESPECIAL	Áreas de Reserva Forestal de Ley 2da de 1959
	Zonas de Protección y Restauración de los POMCAS
ÁREAS DE ESPECIAL IMPORTANCIA ECOSISTÉMICA O ECOLÓGICA	Páramos y subpáramos
	Nacimientos de agua
	Zonas de recarga de acuíferos
	Reservas de flora y fauna
ÁREAS DE RONDA, HUMEDALES Y PANTANOS	Rondas hidráulicas de cuerpos de agua
	Humedales y pantanos
	Lagos y lagunas
	Humedales RAMSAR
ÁREAS EXCLUIDAS DE MINERÍA	Áreas de Reserva de Recursos Naturales
ÁREAS DE AMENAZA Y RIESGO NATURAL	Áreas de alta amenaza y riesgo por fenómenos naturales

5.2. Cobertura actual

Con base en el análisis de la cobertura actual se establecen las áreas en bosque y otras coberturas que merezcan un análisis especial y con base en esto se definirán criterios a tener en cuenta dentro del modelo de evaluación de tierras. En este caso las áreas en bosques no se cuentan como áreas con aptitud para usos agropecuarios, siguen siendo bosques y se descuentan de la evaluación de tierras con fines agropecuarios, el criterio es que no se van a ampliar las áreas dedicadas a los usos agropecuarios hacia las zonas cubiertas de bosques.

5.3. Riesgo de erosión

En todas las evaluaciones es necesario incluir la erosión, por los efectos que este fenómeno ocasiona en la disminución de la productividad de las unidades de tierra y por los costos ambientales que representa la pérdida de suelo y por ende de su capacidad para producir de manera sostenible.

La erosión es un indicador de presión o de estado que hace referencia a la pérdida de suelo por influencia del agua o el viento. La evaluación de la erosión de las tierras puede llevarse a cabo teniendo en cuenta la erosión actual extraída de las fases de los levantamientos

de suelos (Tabla 22) del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, que lo califica mediante la observación y delimitación visual o digital de imágenes de satélite, referidas a una unidad de suelo.

Tabla 22.
Clases por grado de erosión.

GRADO	EVIDENCIAS	Símbolo
No hay	No hay evidencias de erosión	
Ligero	Menos del 25% área	1
Moderado	25-50 % del área	2
Severo	50 a 75% del área	3
Muy severo	> más del 75% del área	4

El uso de modelos espaciales y matemáticos con datos extraídos de sensores remotos, modelos digitales de elevación, bases de datos, cartografía de suelos, clima, cobertura vegetal, uso de la tierra y prácticas de manejo permiten estimar de manera cualitativa el riesgo de erosión. Los parámetros de los modelos para predecir la pérdida de erosión pueden ser medidos o estimados e incorporados a los SIG para obtener información de la pérdida de suelo por erosión. Los más usados: Ecuación Universal de Pérdida de suelo (USLE, sigla en inglés), USLE modificado (MUSLE), Método de estimación de pérdida de suelo para el Suroeste de África (SLEMSA), Procesos de Predicción de Erosión Hídrica (WEPP); Cálculo del impacto de la erosión en la productividad (EPIC), entre otros (Bergsma; 2000).

La USLE permite estimar la pérdida de suelo con base en la ecuación:

$$E = R * K * L * S * C * P \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

E: Pérdida del suelo en T/ha anuales

K: Erodabilidad del suelo

L: Longitud de la pendiente

S: Grado de la pendiente

C: Efecto de la cobertura

P: Prácticas de conservación y manejo.

Para la mayoría de casos en Colombia no se puede hacer una estimación cuantitativa de las pérdidas de suelo y por lo tanto es más confiable una aproximación cualitativa.

De acuerdo con Lal (1988), el riesgo potencial a la erosión implica considerar el efecto de la lluvia, el suelo y el relieve independientemente de la cobertura que tenga el suelo para lo cual existen diversos métodos. Dependiendo de la información existente se puede aplicar uno u otro método para hacer la estimación del riesgo a la erosión.

El efecto de la lluvia, generalmente referido a la relación existente entre la intensidad de la lluvia y su energía cinética, tiene varias aproximaciones de cálculo: el original de la USLE implica tener pluviogramas para realizar cálculos a intervalos de tiempo dentro de un aguacero; sin embargo, pocas estaciones disponen de dichos registros y en donde se encuentran están incompletos; por ello se puede hacer un estimativo de un índice de erosividad de la lluvia, basado en la modificación del índice de Fournier (IMF) propuesto por la FAO (Lal, 1988)

$$\sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

P_i: Cantidad de lluvia en un mes dado i: Cantidad de meses

P: Lluvia anual

El efecto del suelo (factor K) se obtiene a partir de las características como la estructura, contenido de arenas, materia orgánica, permeabilidad, contenido de arenas muy finas, estas últimas no se encuentran en los estudios de suelos a escala 1:100.000, por lo tanto pese a su importancia en la mayoría de casos no es posible tenerlo en cuenta. El efecto del relieve (LS) hace referencia al grado y longitud de la pendiente y se puede calcular a partir de los modelos digitales de elevación con base en el método propuesto por Moore y Burch (1986).

En las aplicaciones realizadas en este proyecto se realizó un estimativo cualitativo de la susceptibilidad a la erosión teniendo en cuenta el índice de Fournier modificado, el efecto del relieve y el tipo de uso que se está evaluando (ver informes de las aplicaciones al Cauca y el Tolima).

5.4. Riesgo de inundación

Hace referencia al daño causado por las aguas de superficie, que puede ser causado por agua estancada o en movimiento. La duración de la inundaciones ocasiona daños por la imposibilidad que tienen las raíces de las plantas para llevar a cabo sus funciones fisiológicas en ausencia de oxígeno, en tanto que el agua en movimiento puede causar volcamiento, arranque del cultivo o cubrirlo con sedimentos, adicionarle sales o elementos contaminantes.

Los daños por inundaciones afectan tanto a los cultivos como a la infraestructura y al suelo. En los mapas de suelos del IGAC, las áreas con inundaciones o encharcamientos son identificadas en el símbolo por las letras minúsculas (x) "inundables" e (y) "encharcables" y en las descripciones de los perfiles modales se consigna la información de la frecuencia y duración de las inundaciones.

En la mayoría de los casos, corresponden a unidades fisiográficas sometidas a la dinámica de los ríos, como son las vegas bajas o terrazas y vallecitos menores, los bacines o cubetas, las áreas circundantes de las lagunas, esteros, manglares, etc.

Tabla 23.
Clases por
frecuencia y
duración de
inundaciones-
encharcamientos.

Clase	Frecuencia	Clase	Duración
Ocasional	Una cada/2-5 años	Extremada) corta	< 1 día
Frecuente	Una a dos/año	Muy corta	1 a 2 días
Muy frecuente	Más de dos/ por año	Corta	2 a 7 días
Rara	Una/cada 10 +años	Larga	7 a 30 días
		Muy larga	30 a 90 días
		Extremada) larga	90 a 180 días
Inundable	--	--	--

Fotografía archivo UPRA.

Capítulo 6

Tipos de usos
de la tierra

Este capítulo hace referencia a la descripción de los tipos de uso de la tierra y sus requerimientos en el marco de la metodología de evaluación de tierras para usos agrícolas a escala nacional (1:100.000). Para la selección de los tipos de utilización de la tierra se recurre a información proveniente de diversas fuentes:

- Uso actual de la tierra (de estudios temáticos o extraída mediante la Interpretación de imágenes de satélite, capítulo 6).
- Mediante consulta con las entidades encargadas de la planificación a nivel nacional, regional y local.
- Consulta a los grupos de interés mediante talleres quienes apoyan el proceso de priorización que satisface sus necesidades locales.
- Por aptitud agroclimática, se seleccionan los cultivos que ecofisiológicamente tengan la posibilidad de adaptarse a las condiciones del área de análisis.
- Por interés gubernamental, programas, políticas agropecuarias para responder a demandas locales, regionales, nacionales o internacionales.
- Atendiendo a las demandas del mercado, mediante la realización de proyectos de factibilidad para la introducción de un producto, cultivo o servicio.

Tal como lo especifica la FAO (2007), la selección de los cultivos debe involucrar el conocimiento e intereses de las comunidades locales, debe ser ambiental y económicamente sostenible y socialmente aceptado. Para lo cual se acudió a la información de las agendas de investigación y cadenas productivas, las cuales se presentan categorizadas en la Tabla 24.

6.1. Descripción de los tipos de uso de la tierra

Como se menciona anteriormente, los tipos de utilización de la tierra a seleccionar dependen de la escala y el objetivo del estudio (FAO, 1985). En consecuencia, ésta selección considera características climáticas, topográficas (Relieve, drenaje, pendiente), socioeconómicas de la zona en particular a evaluar (Rossiter, 1994; Abaunza et al., 2012).

En la descripción de los TUT con fines agrícolas es aconsejable tener en cuenta algunos rubros propuestos en el esquema metodológico de la FAO (1985), los cuales son presentados en la Tabla 24 y descritos a continuación.

Tabla 24.

Listado de rubros para la descripción los tipos de utilización de la tierra con fines agrícolas.

Usos existentes	Tenencia de la tierra
Orientación del mercado	Infraestructura necesaria
Densidad de capital	Características de los cultivos
Densidad de mano de obra	Insumos materiales
Conocimientos técnicos y comportamiento	Prácticas de cultivo
Mecanización	Rendimientos y producción
Tamaño y configuración de las explotaciones agrícolas	Información económica

6.1.1. Usos existentes

Es un listado sobre el producto o productos cultivados en la zona de estudio, basándose en información existente de estudios locales, regionales y nacionales. Igualmente, se consideran las Evaluaciones y Valoraciones Agropecuarias (EVA) departamentales, agendas de investigación de diversas entidades gubernamentales y/o gremiales, cadenas productivas y proyectos de factibilidad por aptitud agroclimática o demanda del mercado. La Tabla 25 muestra los principales cultivos a nivel nacional tomados de la información de cadenas productivas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

6.1.2. Orientación del mercado.

En este rubro se entiende por orientación del mercado al grado en que la producción agrícola se destina hacia la subsistencia o hacia la producción comercial (Seguridad alimentaria, Agricultura familiar y Agricultura comercial (pequeños, medianos, grandes productores).

6.1.3. Necesidad de capital.

Hace referencia a los niveles de inversión de capital y los costos ordinarios de la explotación agrícola.

6.1.4. Mano de obra.

Es el número de personas que trabajan en la explotación agrícola por unidad de superficie de tierra, teniendo en cuenta tanto la mano de obra familiar como la asalariada.

6.1.5. Conocimientos técnicos

Considera el nivel de educación en general de los productores en aspectos como: i) el grado de alfabetización, ii) niveles de formación agrícola, iii) receptividad frente a la innovación y/o el cambio.

6.1.6. Fuentes de energía

Considera la mano de obra, la energía animal y tractores u otra maquinaria movida con combustible. Este parámetro puede describirse

de forma cualitativa o cuantitativa. La descripción cualitativa puede utilizar aspectos como poca o ninguna maquinaria movida con combustible. La forma cuantitativa puede presentarse por medio de la cantidad de energía utilizada.

6.1.7. Mecanización.

Este aspecto está ligado con las fuentes de energía. El parámetro principal es el nivel de mecanización de la explotación agrícola. Igualmente, es posible describirse la herramienta e implementos utilizados, y lo anterior se puede clasificar cualitativamente de la siguiente manera:

- Agricultura mecanizada: mayoría de las operaciones agrícolas realizadas con maquinaria de tracción motorizada.
- Agricultura parcialmente mecanizada: uso limitado de maquinaria, con tecnología intermedia y transporte motorizado.
- Agricultura no mecanizada: sin maquinaria de tracción mecánica.
- Tamaño y configuración de las explotaciones agrícolas.

Aquí se describe el tamaño en área (hectárea) por cada explotación agrícola, haciendo referencia al tamaño tipo del sistema productivo en la región donde se evaluará el tipo de utilización de la tierra.

6.1.8. Tenencia de la tierra

Aquí se detalla la propiedad o las modalidades en que se ejercen los derechos de uso de la tierra, las cuales pueden ser propiedad privada, arrendamiento, propiedad comunal y propiedad estatal.

6.1.9. Características de los cultivos.

En este ítem se describe el tipo del sistema de cultivo utilizado de acuerdo con sus características técnicas para la producción (monocultivo, cultivos asociados, cultivo en relevo).

Insumos materiales: se refiere a la utilización de semillas, fertilizantes, productos de fitoprotección (fungicidas, herbicidas, insecticidas) entre otros, descritos de forma general.

6.1.10. Rendimientos

El rendimiento hace referencia a la cantidad del órgano de interés (expresado generalmente en gramos, kilogramos, toneladas, carga, arrobas) por unidad de superficie de suelo (m², fanegada, ha). Estos rendimientos son influenciados por la oferta ambiental de las unidades de tierra y diferentes prácticas de manejo agronómico (fertilización, mecanización, semilla certificada, asistencia técnica, entre otros).

Tabla 25

Lista de usos agrícolas seleccionados para establecer los requerimientos.

Fuente:

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2013.

Frutales	Hortalizas	Agroindustriales	Balanceados
Mora	Papa criolla	Café	Arroz
Manzana	Papa de año	Caña panelera	Maíz
Ciruelo	Cebolla de bulbo	Caña azucarera	Yuca
Granadilla	Zanahoria	Caucho	Soya
Gulupa	Arracacha	Banano	Sorgo
Curuba	Lechuga	Plátano	Fríjol
Agraz	Espinaca	Cacao	
Uchuva	Repollo	Palma de aceite	
Tomate de árbol	Coliflor	Tabaco	
Lulo	Brócoli		
Mango	Tomate		
Guayaba	Melón		
Cítricos	Sandía		
Guanábana	Ahuyama		
Aguacate	Habichuela		
Maracuyá			
Vid			
Piña			

6.2. Requerimientos de los usos.

Para cada tipo de utilización de la tierra es necesario establecer las mejores condiciones para su empleo, las condiciones que no son las mejores pero que siguen siendo aceptables y las condiciones que no son satisfactorias. Igualmente, antes de identificar los principales requerimientos de los usos de la tierra, se debe conocer el concepto de requerimiento, el cual es una exigencia o necesidad de un cultivo específico para un exitoso establecimiento, un adecuado crecimiento y desarrollo y un óptimo rendimiento (FAO, 1985; Rossiter, 1994; Villalobos et al., 2002; Pritchard y Amthor, 2005).



Posteriormente, los requisitos se armonizan con las cualidades de la tierra para determinar la aptitud de una unidad específica de tierras para un tipo determinado de utilización de la misma. Existen dos grupos de requerimientos de los TUT que están relacionados con el funcionamiento eficiente del mismo (FAO, 1985), los cuales son:

6.2.1. Requerimientos de los cultivos:

- Energía: Radiación.
- Temperatura.
- Humedad.
- Oxígeno (drenaje del suelo).
- Nutrientes disponibles: Disponibilidad de nutrientes, retención de nutrientes.
- Condiciones de enraizamiento.
- Condiciones que afectan la germinación o el establecimiento de la planta.
- Humedad del aire en cuanto afecta al crecimiento.
- Condiciones para la maduración.
- Riesgos de inundación.
- Riesgos climáticos: helada, tormenta.
- Exceso de sales: salinidad, sodicidad.
- Toxicidades del suelo.
- Plagas y enfermedades.

6.2.2. Requerimientos de manejo:

- Capacidad de laboreo del suelo.
- Posibilidad de mecanización.
- Condiciones para la preparación y limpieza de la tierra.
- Condiciones que afectan el almacenamiento y la elaboración.
- Condiciones que afectan el manejo temporal de la producción.
- Acceso dentro de la unidad de producción.
- Tamaño de las posibles unidades de manejo.
- Ubicación: posibilidades actuales de acceso, posibilidades de acceso potencial

Para los requerimientos se debe cumplir con las siguientes condiciones (FAO, 2007):

- Que tengan un efecto conocido en los tipos de utilización de la tierra.
- Existen valores críticos de la cualidad y/o característica en la zona estudiada, que pueden favorecer o perjudicar el uso. En muchos casos se presenta que cierto(s) requerimiento(s) tienen un alto efecto en el tipo de uso de la tierra, pero al no existir la disponibilidad de información hace imposible la evaluación de tierras.
- Hay un medio práctico para reunir información para medir o estimarla.

6.3. Criterios para la selección de los requerimientos

6.3.1. Procedimiento para realizar la valoración de los requerimientos

Para seleccionar las cualidades y/o características de la tierra y confrontarlas con los requisitos de uso de la tierra, se califican cada una teniendo en cuenta las consideraciones siguientes:

- Efectos sobre el uso de la tierra:

Importantes: cuando el uso de la tierra es sensible a la cualidad y/o característica, o es afectado por ésta.

Moderados: la cualidad y/o característica puede tener efectos considerables sobre el uso.

Ligeros o inaplicables: la cualidad y/o característica no tiene efectos importantes conocidos sobre el uso, o no es aplicable.

- Existencia de información sobre valores críticos en la zona estudiada:

Frecuente: cuando los valores críticos tienen un efecto importante sobre la aptitud para el uso se presentan por lo menos en más del 5 por ciento de la zona.

Poco frecuente: cuando los valores críticos abarcan menos del 5 por ciento de la zona.

Raros o inexistentes: los valores críticos no se presentan nunca en la zona estudiada o se presentan en sectores pequeños.

- Disponibilidad de información:

Obtenible: cuando la información necesaria para la evaluación puede obtenerse de mapas y registros existentes, o puede lograrse mediante estudios.

No obtenible: cuando no es posible obtener información.

- Importancia

Muy importante: Cualidades de la tierra a las que se debe prestar especial atención durante la evaluación.

Moderadamente importante: Cualidades de la tierra que deben ser consideradas.

Menos importante

6.3.2. Fuentes información

Las fuentes de información a las que se pueden acceder para consultar los requerimientos de los tipos de utilización de la tierra pueden ser las siguientes:

- Manuales técnicos de producción de cultivos regionales, departamentales, nacionales e internacionales.
- Reportes de estudios de zonificación agroecológica.

- Consulta de bases de datos de bibliotecas agrícolas (Biblioteca Agropecuaria Colombiana-BAC)
- Libros de producción y/o ecología de cultivos.
- Talleres con expertos.
- Publicaciones de centros de investigación nacional e internacional: CENICAÑA, CENICAFÉ, CENIBANANO, CENIPALMA, entre otros.
- Gremios de producción: FEDECACAO, FEDEARROZ, FEDEPALMA, FENALCE, entre otros.
- Corporaciones Autónomas Regionales.

En los anexos 1 y 2 se presenta una aproximación a los requerimientos de los principales usos agrícolas y ganaderos seleccionados con base en la información de las Cadenas Productivas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.



Fotografía archivo UPRA.

Fotografía archivo UPRA.

Capítulo 7

Clasificación del uso
actual y la cobertura
de la tierra

Si bien actualmente a nivel de instituciones gubernamentales se ha adoptado un sistema jerarquizado de clasificación de coberturas a nivel nacional como es el caso del sistema de clasificación CO-RINE (Coordination of Information on the Environment) Land Cover adaptado a las condiciones del país (CLC-Colombia) (IDEAM et al., 2008), este sistema de clasificación contiene pocos clasificadores en su estructura que permiten detallar el uso actual de la tierra de una manera más objetiva y jerárquicamente organizada. Por este motivo se hace necesario explorar otros posibles sistemas clasificatorios que incluyan en su estructura clasificadores del uso actual de la tierra, permitiendo así evaluar con mayor detalle las relaciones dinámicas biofísicas y socioeconómicas entre las diferentes coberturas presentes en el paisaje (Castañeda et al., 2006).

Debido a que la definición de “uso” de la tierra es altamente dependiente del criterio del experto o el intérprete en el momento de la definición de las clases, esta metodología propone basarse en la definición del “uso actual” formulada por la FAO (1976). Según la FAO, los usos generales de la tierra agrícola se agrupan en: agricultura de secano, agricultura irrigada, bosques, pesca, áreas de conservación, desarrollo urbano y pastoreo extensivo.

Dependiendo de la escala elegida para el estudio, el grado de detalle de las clases de uso variará de la misma forma, por ejemplo, en un estudio de reconocimiento 1:100.000 los usos de la tierra pueden ser identificados en términos de los usos generales mencionados anteriormente sin ir en mayor detalle. Sin embargo, en estudios más detallados, las clases de uso de la tierra se definen en base a los Tipos de Utilización de las Tierras (TUT). Los TUTs incluyen detalles no solamente de producción u otro objetivo previsto para la cobertura, sino también incluye los métodos de producción y el componente socioeconómico.

El sistema de clasificación de coberturas desarrollado por la FAO (Land Cover Classification System LCCS) se basa en los criterios comúnmente usados en las clasificaciones existentes que identifican y describen las coberturas de la tierra de una manera imparcial, medible y cuantitativa (FAO, 1997). Aunque el LCCS es un sistema de clasificación de coberturas, este sistema integra clasificadores que permiten detallar algunos de los TUTs formulados por la FAO (FAO,



Fotografía archivo UPRA.

1976). Específicamente, el LCCS contiene clasificadores como: cultivos producidos (maíz, palma de aceite, caña de azúcar), orientación del mercado (consumo humano, insumos industriales), tamaño y distribución de las unidades agrícolas, características de cultivo (sistemas en monocultivo, sistemas asociados, sistemas perennes, rotación de cultivos), prácticas culturales (tipo de sistema de riego), ganadería y forestales. Adicionalmente, el LCCS permite crear clasificadores auxiliares dependiendo de los requerimientos de clasificación del uso actual definidos por el usuario.

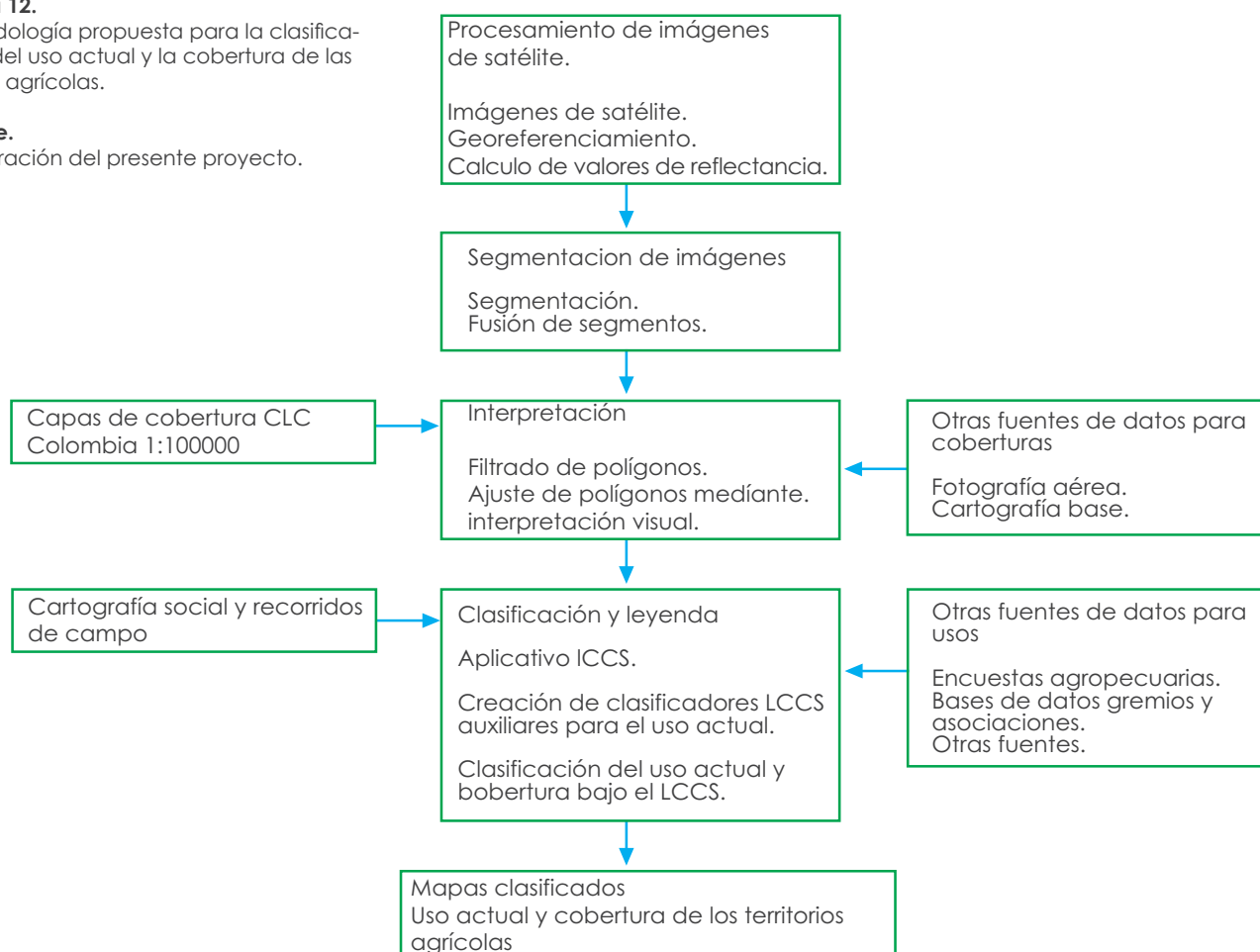
Finalmente, esta metodología de clasificación del uso actual y coberturas propone el empleo de imágenes de satélite y su procesamiento como insumo principal para la clasificación de las coberturas de la tierra utilizando el sistema LCCS. En relación con la clasificación de uso actual, se propone la realización de talleres con las comunidades para extraer información acerca de los TUTs y su distribución mediante cartografía social y recorridos de campo. Como fuente de datos complementarios para la clasificación se sugiere utilizar capas de coberturas CLC-Colombia publicadas principalmente por los institutos IGAC e IDEAM, modelos digitales de elevación MDE y otras fuentes de datos que proporcionen información acerca del paisaje.

Figura 12.

Metodología propuesta para la clasificación del uso actual y la cobertura de las tierras agrícolas.

Fuente.

Elaboración del presente proyecto.



7.1. Fuentes de datos requeridos

Esta metodología de clasificación del uso actual y cobertura de las tierras contempla la utilización de varias fuentes de datos con el objetivo de aumentar el detalle de las clases, en especial aquellas relacionadas con el uso de la tierra. Cabe resaltar que la metodología acepta cualquier tipo de datos auxiliares como las fotografías aéreas las cuales no están incluidas. De esta forma dependiendo de las características técnicas de cada fuente, se puede evaluar el alcance de los datos para extraer información relevante que permita llevar a cabo una buena clasificación. En la Tabla 26 se pueden apreciar tres tipos de inspección para extraer datos acerca de las coberturas y su uso asociado.

Tabla 26

Fuentes de datos necesarios para la clasificación del uso actual y la cobertura de las tierras. Adaptado de FAO (1976).

Fuentes de datos		
Tipo de inspección	Fuente de datos	Alcance de los datos
Satélite	Imágenes digitales, fotografías, otras imágenes.	Fuentes de agua, vegetación, usos de la tierra, infraestructura, formas del terreno, suelos.
Aerotransportado	Fotografías (convencionales, infrarrojo), imágenes de radar.	Formas del terreno, vegetación, usos de la tierra, límites de parcelas, fuentes de agua, cultivos, infraestructura.
Campo	Informes, memorias, cuestionarios, mapas base.	Suelos, clima, formas del terreno, vegetación, usos de la tierra, población, datos socioeconómicos.

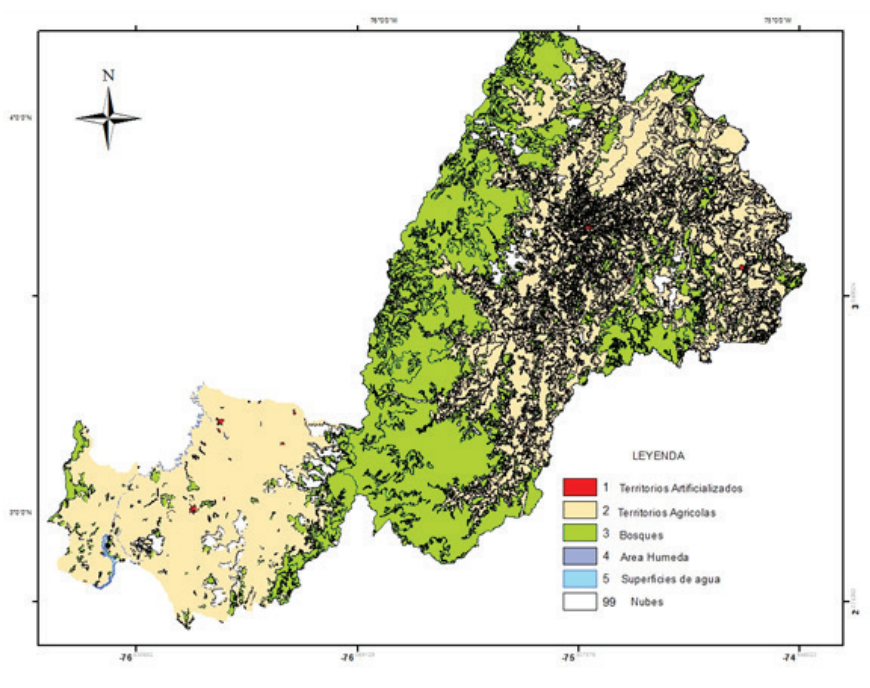
7.2. Capas de coberturas CLC-Colombia

Como se mencionó anteriormente un insumo auxiliar para llevar a cabo la clasificación del uso actual y coberturas son las capas CLC-Colombia 1:100.000. En un estudio publicado en el 2008 varias instituciones gubernamentales (IDEAM, SINCHI, Humboldt, INVEMAR, IGAC y CORMAGDALENA) elaboraron el mapa nacional de coberturas de la tierra de la Cuenca del Magdalena-Cauca empleando la metodología CLC-Colombia a escala 1:100.000 utilizando imágenes Landsat con una resolución espacial de 30 metros (IDEAM et al., 2008).

Para el desarrollo de esta metodología se utilizará la versión más reciente de las capas de coberturas CLC-Colombia 2009, las cuales están disponibles en las bases de datos geográficas de las diferentes instituciones gubernamentales. En la Figura 13 se puede apreciar las capas CLC-Colombia en el nivel 1 o nivel más generalizado. En este nivel se identifican cinco clases de coberturas con su correspondiente nomenclatura: 1 territorio artificializado, 2 territorios agrícolas, 3 bosques, 4 áreas húmedas, 5 superficies de agua y 99 nubes. Las capas de cobertura CLC-Colombia abarcan la totalidad del territorio nacional. Esta metodología se enfoca únicamente en aquellas coberturas Tipo 2 o territorios agrícolas, nivel que se subdivide sistemáticamente hasta alcanzar niveles más detallados, generalmente hasta tres niveles en estudios 1:100.000, o hasta 6 niveles en estudios a escalas más detalladas 1:10.000.

Figura 13.
Ejemplo Capas CLC-Colombia 1:100.000
en el nivel 1.

Fuente.
Elaboración del presente proyecto.



7.3. Imágenes de satélite y su procesamiento

Este tipo de imágenes pueden ser representadas de manera digital en la pantalla de un computador como arreglos de píxeles o celdas en donde cada uno corresponde a un nivel de intensidad (nivel digital). Este tipo de formato de imágenes es el utilizado por los sensores remotos y su análisis puede ser realizado manualmente, semi-automatizado o automatizado mediante el uso de programas especializados para el procesamiento de imágenes digitales (Castañeda et al., 2006).

Actualmente existe una amplia variedad de satélites capaces de extraer de la superficie de la tierra información idónea que, bajo una adecuada interpretación y manipulación, se ajustan a los requerimientos de la clasificación del uso actual y la cobertura de las tierras. Los sensores con mayor potencial para ejercer este trabajo son aquellos instalados en las plataformas satelitales como la serie Landsat, el sistema SPOT, y más recientemente los sensores MODIS, ASTER o RapidEye (Tsiligirides, 2008).

La resolución espacial del sensor Landsat de 30m, aunque ha proporcionado las imágenes de mayor aceptación por su costo y versatilidad, dificulta la correcta clasificación de las coberturas debido al variado rango de valores espectrales. Estas imágenes han sido usadas efectivamente en clasificaciones de paisajes homogéneos; sin embargo, su precisión puede verse reducida en regiones con paisajes altamente heterogéneos con distintas clases de usos y coberturas (Valencia y Anaya, 2009).

Se propone entonces el uso de imágenes de satélite de libre acceso disponibles en el programa de observación de la Tierra GoogleEarth las cuales pueden ser fácilmente consultadas y descargadas (<http://www.google.com/intl/es/earth/>, Google Inc., 2013). Estas imágenes cuentan con una alta resolución espacial en algunas regiones del país y son una buena alternativa para futuras clasificaciones de coberturas. Adicionalmente, es posible utilizar imágenes de uso privativo como las imágenes RapidEye para aumentar el grado de detalle en áreas donde las imágenes de acceso libre no estén disponibles.

Estas imágenes requieren un pre procesamiento el cual incluye la corrección de las imágenes y mejoras visuales además de la técnica de segmentación de imágenes. Para llevar a cabo este procesamiento previo es necesario contar con un programa para el Procesamiento Digital de Imágenes PDI. Existen en el mercado gran variedad de programas comerciales como: ERDAS, eCognition, ENVI entre otros. Para el desarrollo de esta metodología se utilizó el programa de procesamiento de imágenes ENVl (ITT, 2013), recordando que el usuario es libre de elegir el programa que mejor se ajuste en términos económicos y de rendimiento.

La técnica de segmentación de imágenes diferencia las coberturas mediante la construcción automatizada de polígonos basándose en los atributos de forma, color y textura de la cobertura. Para mayor información respecto al proceso de segmentación de imágenes es recomendable acudir al manual de distribución del programa de PDI seleccionado puesto que los parámetros de segmentación pueden variar considerablemente entre programas. La metodología CLC-Colombia clasifica las coberturas mediante la generación de polígonos con información temática con base en una interpretación visual en pantalla empleando un Sistema de Información Geográfica SIG (PNN, 2010). Este proceso puede tomar mucho tiempo por lo que la segmentación automatizada para generar los polígonos se muestra como una herramienta adecuada para agilizar posteriores clasificaciones.



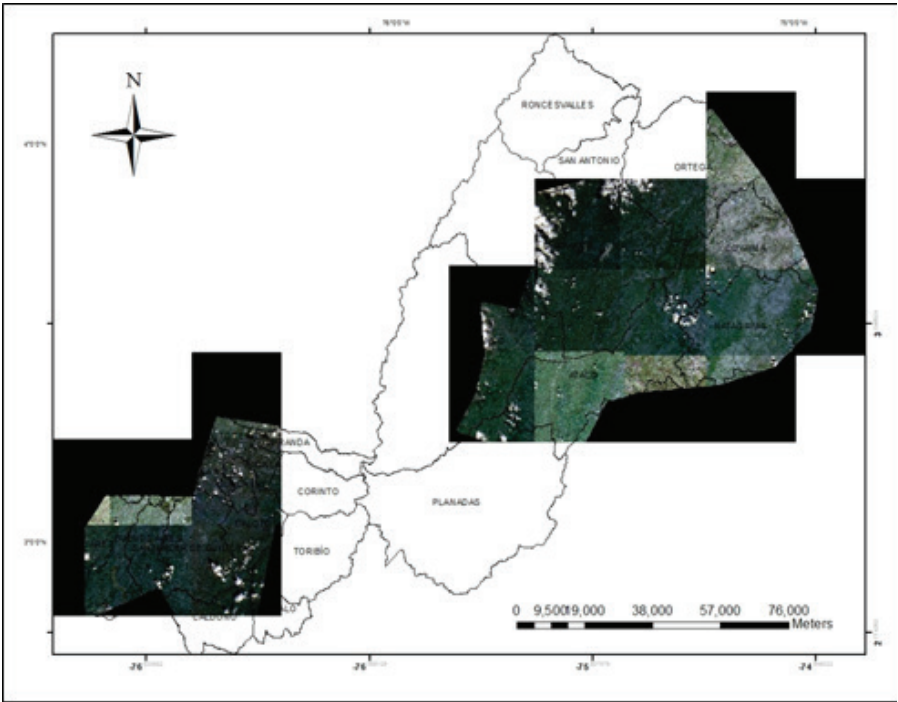
En la Tabla 27 se muestra las especificaciones técnicas de las imágenes RapidEye y en la Figura 14 se muestra un mosaico elaborado a partir de estas imágenes de las zonas piloto.

Tabla 27.
Especificaciones técnicas de las imágenes RapidEye. Adaptado de SIC, 2013.

Características del sensor	Información
Número de satélites	5
Vida útil del satélite	7 años
Altitud de la órbita	630 km órbita heliocéntrica
Tipo de sensor	Sensor de barrido multiespectral
Bandas espectrales	Azul 440-510nm Verde 520-590nm Rojo 630-685nm Límite rojo 690-730nm Infrarrojo cercano NIR 760-850nm
Tamaño de pixel (ortorectificado)	5m
Ancho de la escena	77km
Tiempo de revisita (resolución temporal)	1-5 días
Resolución radiométrica	12 bits

Figura 14
Ejemplo mosaico de imágenes RapidEye.

Fuente.
Elaboración del presente proyecto.



7.4. Modelos Digitales de Elevación- MDE

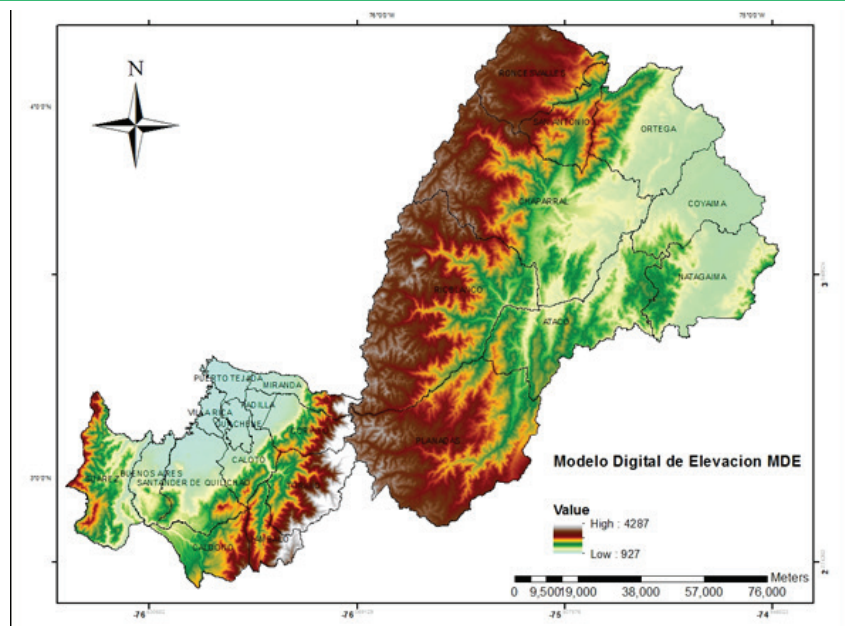
Para el desarrollo de esta metodología se pueden emplear fuentes de datos auxiliares como los Modelos Digitales de Elevación MDE. De esta forma, se puede utilizar un MDE con resolución espacial de 30m o 90m de las zonas de estudio según la disponibilidad existente. En la página electrónica del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) se pueden descargar los MDE libremente <http://glovis.usgs.gov/>. Con los MDE se puede extraer atributos del relieve como la altura y la pendiente principalmente. Estos atributos son de gran importancia puesto que muchos de los usos derivados de la cobertura están ligados con la altura, específicamente los niveles agroclimáticos y en base a la pendiente el nivel de mecanización agrícola, entre muchos otros usos.

Figura 15

Ejemplo Modelo Digital de Elevación MDE.

Fuente.

Elaboración del presente proyecto.



7.5.Trabajo de campo

El trabajo de campo es muy importante al momento de definir los usos de la tierra puesto que estos no son fácilmente identificables visualmente. De esta forma se hace necesario un acercamiento con la comunidad (personal directivo, administrativo, trabajadores, empleados de las diferentes unidades agrícolas) mediante la convocatoria a reuniones y encuentros con el objetivo de identificar los posibles usos de las tierras. El objeto subyace en lograr un intercambio de saberes que fomente la construcción colectiva de mapas de cobertura y uso de la tierra mediante la técnica de cartografía social.

La cartografía social es una técnica de trabajo que permite que tanto personas de la comunidad como académicos, profesionales, funcionarios públicos, y otros actores sociales, se sienten alrededor de una mesa, compartan, discutan y concierten puntos de vista, información y conocimientos sobre un territorio determinado mediante la representación iconográfica de la realidad en las imágenes previamente proporcionadas (Escobar et al., 2003). Según Castañeda et al. (2006), es de

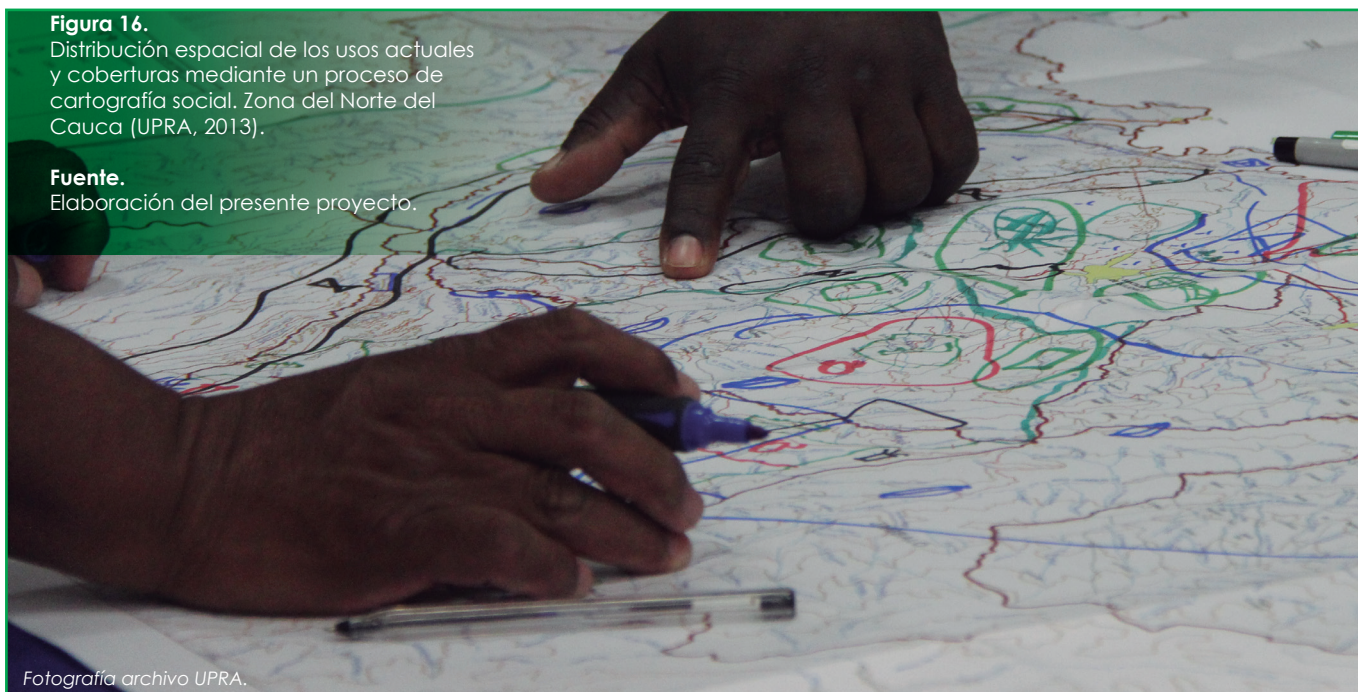
gran importancia la socialización de la metodología propuesta para la clasificación del uso actual y cobertura de las tierras entre los diferentes actores locales, pues son estos quienes más conocen la distribución, el estado y el impacto que sus actividades tienen sobre las coberturas.

Figura 16.

Distribución espacial de los usos actuales y coberturas mediante un proceso de cartografía social. Zona del Norte del Cauca (UPRA, 2013).

Fuente.

Elaboración del presente proyecto.



Fotografía archivo UPRA.

7.6. Clasificación y leyenda

Mediante la implementación del sistema de clasificación LCCS, se pretende clasificar los usos actuales de la tierra mediante clasificadores LCCS propios y/o definidos por el usuario. La razón por la cual se utiliza este sistema de clasificación radica en que el LCCS aborda los problemas estructurales de otros sistemas clasificatorios, incluyendo CLC-Colombia, acerca de la consistencia e integralidad de la clasificación. En términos de la consistencia de la clasificación, LCCS permite una descripción de las clases de manera sistemática, con criterios de cobertura y usos delimitados mediante atributos técnico-ambientales. En cuanto a la integralidad de la clasificación, LCCS permite la descripción de las clases mediante un amplio conjunto de clasificadores que minimizan los posibles errores en la posterior etapa de validación.

De esta forma, para la construcción de la leyenda se utiliza el programa de distribución gratuita LCCS disponible en la página electrónica http://www.glcn.org/tools/lccs_1_en.jsp. Este programa asiste al usuario en la selección de las clases apropiadas utilizando un proceso paso-a-paso, es decir clasificador por clasificador. En la anterior página electrónica se pueden encontrar adicionalmente la documentación necesaria para el manejo del aplicativo LCCS.

Como se mencionó previamente, una de las fuentes más importantes de información de las coberturas son las capas CLC-Colombia cuando no se disponen de imágenes de satélites recientes. Una opción

interesante sería el de traducir la etiqueta CLC-Colombia al sistema LCCS para posteriormente ampliar la leyenda de cobertura con clasificadores relacionados con el uso actual de la tierra. Aunque en la literatura ya se han realizado trabajos de traducción de la leyenda del sistema CORINE al sistema LCCS (Herold et al., 2009), no se encontraron trabajos de traducción que involucrarán el sistema CLC-Colombia, por tal razón se requiere clasificar las etiquetas CLC-Colombia manualmente, paso a paso, asegurando que las descripciones de la etiqueta CLC-Colombia se preserven al momento de su traducción al sistema LCCS.

La fase dicotómica es usada a un nivel más general de la clasificación para definir las principales clases de cobertura. En esta fase se utilizan tres clasificadores: presencia de vegetación, condiciones edáficas y artificialidad de la cobertura. Estos tres clasificadores han sido organizados de manera jerárquica generando ocho coberturas principales. En esta fase la organización jerárquica no es de importancia, solo permite guiar al usuario hacia la fase modular-jerárquica siguiente. En nuestro caso, se deben elegir áreas terrestres manejadas y cultivadas como cobertura agrícola.

7.7. Fase dicotómica LCCS

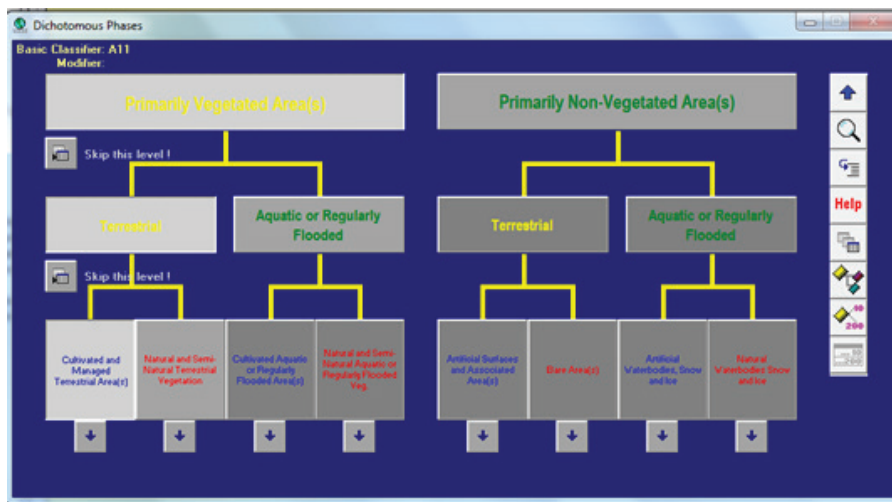


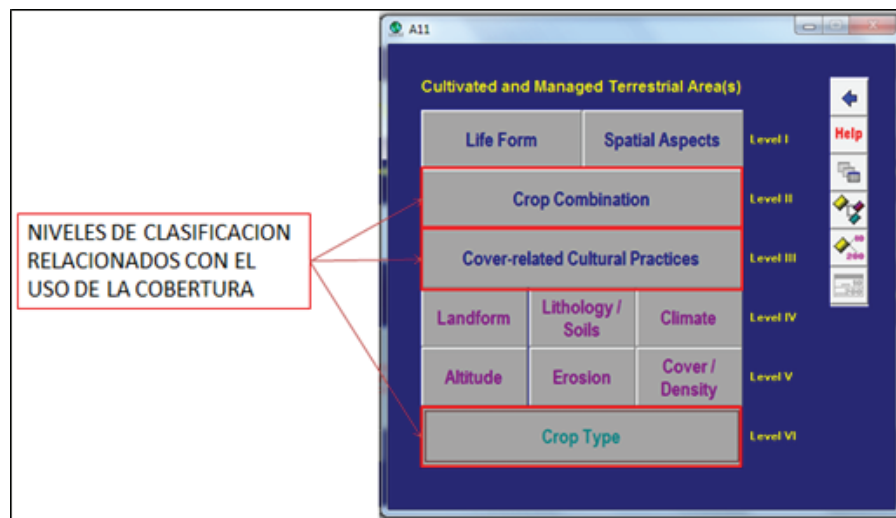
Figura 17. Fase dicotómica LCCS y la ruta para llegar a la clase de cobertura de áreas terrestres manejadas y cultivadas (Di Gregorio & Jansen, 2000).

En esta fase la creación de las clases de cobertura está dada por la combinación de un conjunto de clasificadores puros predefinidos. Este conjunto de clasificadores es diferente en cada una de las ocho coberturas principales. Los denominados clasificadores puros de la cobertura pueden ser combinados con atributos del medio de la cobertura para una definición más detallada. Existe dos tipos de atributos: los atributos ambientales (clima, forma del terreno, altitud, suelo, litología y erosión) que influyen la cobertura pero no son inherentes a ésta; y los atributos técnicos específicos (tipo de cultivo, prácticas culturales etc.). Estos atributos pueden ser añadidos libremente a las clases puras de cobertura sin restricciones. Se puede apreciar que existen clases de usos de la tierra contenidas en la Fase modular-jerárquica del LCCS: combinación o asociación de cultivos, prácticas culturales y tipos de cultivos.

7.8. Fase modular-jerárquica LCCS

Figura 18.

Fase modular-jerárquica LCCS para la cobertura tipo áreas terrestres manejadas y cultivadas.



Los niveles I, II, III, pertenecen a los denominados clasificadores puros de la cobertura; niveles IV y V pertenecen a los atributos ambientales mientras el nivel VI está relacionado con los atributos técnicos específicos. A la derecha, atributos ambientales (Di Gregorio & Jansen, 2000).

7.9. Clasificadores de uso definidos por el usuario

Aunque el aplicativo LCCS contiene en su estructura jerárquica algunos de los clasificadores relacionados con el uso actual de la tierra, el LCCS no posee la gran variedad de TUTs definidos por la FAO u otros usos que el usuario crea deben incluirse en la leyenda. Una de las grandes ventajas del LCCS radica en que el usuario puede definir clases adicionales para detallar mejor la clasificación del uso actual y la cobertura. En el módulo de atributos técnicos se puede ingresar más clasificadores dependiendo del enfoque que se le requiera dar al proyecto de clasificación.



Figura 19.
Módulo LCCS de atributos técnicos (nivel VI).

LCCS - List Of User defined Codes

<i>Classifier</i>	<i>Classifier Label</i>
1 Zs10	Orientación del Meraco Mixta
2 Zs11	Subsistencia
3 Zs12	Subsistencia con Subsidios Comerciales
4 Zs13	Comercial con Subsidios de Subsistencia
5 Zs14	Comercial
6 Zs20	Intensidad de Capital
7 Zs21	Intensidad Alta de Capital
8 Zs22	Intensidad Media de Capital
9 Zs23	Intensidad Baja de Capital
10 Zs30	Intensidad de Laboreo
11 Zs31	Intensidad Ata de Laboreo
12 Zs32	Intensidad Media de Laboreo
13 Zs33	Intensidad Baja de Laboreo
14 Zs40	Conocimiento Técnico y Aptitudes
15 Zs50	Energía del Laboreo
16 Zs51	Laboreo Humano
17 Zs52	Laboreo Animal
18 Zs60	Mecanización
19 Zs61	Agricultura Mecanizada
20 Zs62	Agricultura Parcialmente Mecanizada
21 Zs63	Agricultura No Mecanizada
22 Zs70	Tenencia de la Tierra Mixta
23 Zs71	Privada
24 Zs72	Arrendamiento
25 Zs73	Comunitaria
26 Zs74	Pública
27 Zs80	Requerimiento de Infraestructura
28 Zs90	Insumos
29 Zs91	Baja Demanda de Insumos

Fotografía cortesía de: LIBIA PEÑUELA

Capítulo

8

Clasificación de
las tierras por su
aptitud de uso

La clasificación de las tierras por su aptitud de uso se basa en un análisis comparativo entre los requerimientos de los usos y las características o cualidades de la tierra. Para lo anterior existen diversos métodos que van desde formas manuales valorando cada uno de los requerimientos y definiendo que tan apto es para el tipo de uso que se está estudiando.

Existen también métodos computarizados mediante árboles de decisión (Rossiter, 1989) y desarrollo de modelos espaciales apoyados en sistemas de información geográfica, involucrando análisis de lógica difusa (Ramos y Martínez, 2006; Martínez, 2006; Martínez, García y Sanabria, 2009). En la metodología propuesta se realizó un análisis relativamente sencillo que luego se explica, dejando en claro que existen otros métodos para realizar la clasificación de aptitud.

8.1. Clasificación biofísica

Dentro de la estructura de clasificación se distinguen las siguientes categorías, órdenes, clases y subclases.

Los órdenes definen si la tierra es apta (**s**) o no es apta (**n**) para el tipo de uso en estudio. La clase refleja el grado de aptitud y son subdivisiones de los órdenes.

En la presente evaluación se determinaron dos clases dentro del orden de tierras aptas:

- **S1:** son las tierras que no presentan restricciones significativas para el uso en estudio.
- **S2:** son tierras aptas pero que presentan limitantes que reducen la producción o que aumentan los costos pues requieren aplicación de insumos en cantidades mayores que las tierras clase s1.

El orden Tierras no aptas normalmente se divide en dos clases: las tierras que en la actualidad no son aptas pero que mediante mejoramientos pueden adecuarse para su uso (n1) y las tierras cuyos limitantes son imposibles de superar o sea son no aptas permanentemente (n2). Dado que en el área de estudio las cualidades de la tierra utilizadas para definir las clases (ej.: condiciones de enraizamiento, disponibilidad de oxígeno, riesgo a las inundaciones, riesgo a la erosión) no son fácilmente modificables con los niveles tecnológicos disponibles, en la presente evaluación solo se determinó una clase dentro del orden de tierras no aptas.

Las subclases de aptitud son divisiones de las clases y manifiestan tipos de limitación. Ejemplo: la clase s2 para caucho puede tener subclases: s2/ce o, s2/do indicando que el limitante en el primer caso son las condiciones de enraizamiento (ce) y en el segundo la disponibilidad de oxígeno (do).

¿Cómo se hace la clasificación de aptitud de las tierras?

En la Figura 20 se presenta el procedimiento seguido para definir las clases de aptitud. La primera parte se define la aptitud biofísica y posteriormente, únicamente a las áreas que resulten aptas se les realiza el análisis económico. Es importante tener en cuenta que el ejemplo que se ilustra a continuación se basa en las aplicaciones que se realizaron como parte del proyecto en parte de los departamentos del Cauca y Tolima, por lo tanto se deben adaptar a cada caso y complementarlos con más criterios según la zona de estudio, los usos y el objetivo de la evaluación de tierras.

Inicialmente, se seleccionaron las cualidades y/o características relevantes para el área de estudio y para el uso que se evalúa. A partir del estudio de suelos se realizó una tabla con los perfiles modales, el contenido pedológico y las características de cada perfil modal. En las aplicaciones realizadas como parte de este proyecto se tuvieron en cuenta la disponibilidad de oxígeno estimada a partir del drenaje, las condiciones de enraizamiento con base en la profundidad efectiva, la disponibilidad de agua con el régimen de humedad del suelo (luego se ajusta con la precipitación), las condiciones para el laboreo con base en la textura y la pedregosidad. Con base en lo anterior, se comparó con cada requerimiento del tipo de uso y se calificó el grado de aptitud individual para cada cualidad o característica. Con los resultados anteriores se realiza un mapa intermedio de aptitud edáfica.

Posteriormente, con base en el modelo digital de elevación se ajusta el mapa anterior teniendo en cuenta el requerimiento de altitud del uso que se evalúa. Se continúa para tener en cuenta la precipitación y reclasificar el mapa según los requerimientos de agua y la distribución de las lluvias. El siguiente paso es considerar el indicador del riesgo a la erosión, luego el uso actual y finalmente el estado legal del territorio. Para este caso se asumió que las áreas que actualmente están en bosque se deben mantener con esa cobertura, buscando intensificar la producción por área en aquellas ya intervenidas sin aumentar la frontera agrícola. Los usos que presentan algún grado de aptitud continúan con el análisis económico.

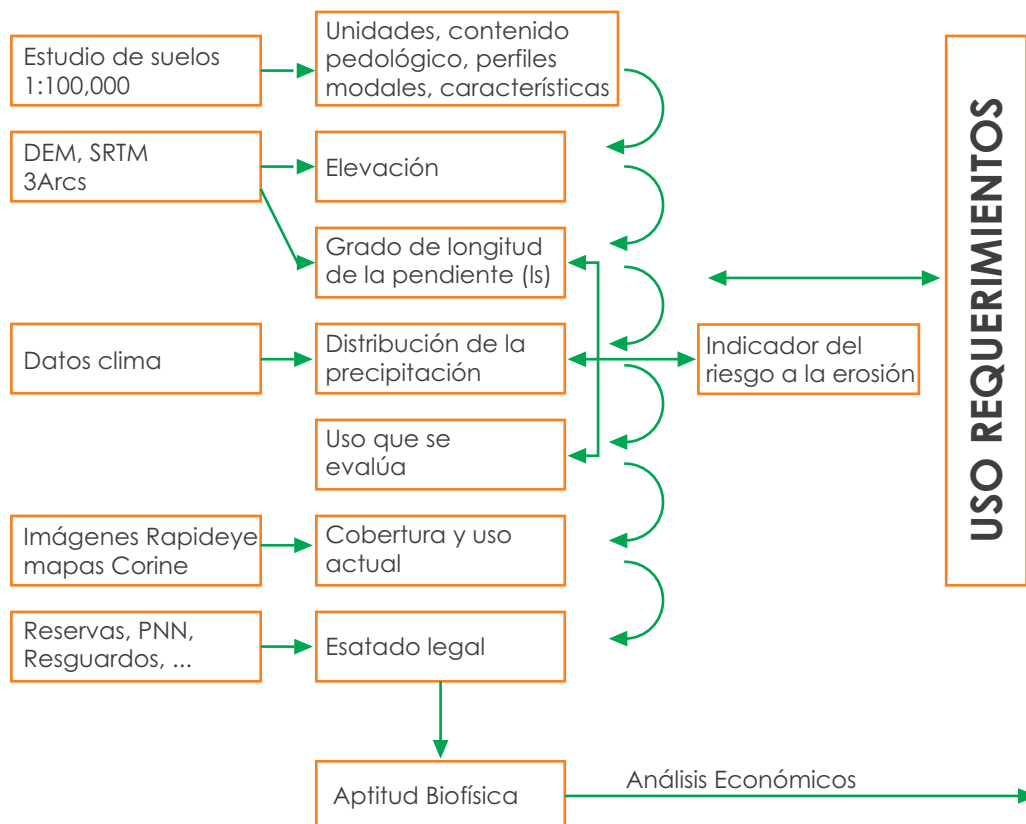


Figura 20. Determinación de las clases de aptitud.

Fuente. Elaboración del presente proyecto.

Se adelanta la evaluación económica de los usos que fueron aptos desde el punto de vista biofísico y se realiza la clasificación de aptitud en términos económicos.

8.2. La clasificación de la aptitud económica

8.2.1. ¿Cómo se lleva a cabo?

Primero se seleccionan los TUT, para lo cual se tiene en cuenta lo siguiente:

- Resultados de talleres participativos que permiten identificar tanto los actuales como los potenciales.
- Las cadenas productivas.
- Las evaluaciones agropecuarias.
- Documentos como las agendas de competitividad y las de construcción de visión regional 2020 o 2030.

Se definen los requerimientos económicos teniendo en cuenta los resultados de la evaluación biofísica de las tierras. Para los TUT aptos, desde el punto de vista biofísico, se definen los requerimientos económicos y se adelanta la evaluación económica. Según sus resultados, se define la aptitud económica, previa la definición de las clases de aptitud.

Los pasos son los siguientes:

- El análisis económico se realiza para las áreas donde los tipos de uso resultaron aptos desde el punto de vista biofísico y ambiental.
- Se definen los requerimientos socioeconómicos según cada requerimiento biofísico.
- Para cada tipo de uso y según los requerimientos biofísicos establecer: costos de producción e ingresos (teniendo en cuenta los precios de venta y los costos de comercialización y mercadeo). Se adelanta un análisis financiero de cada TUT.
- Los ingresos deben estar basados en los rendimientos esperados de la producción, con base en los requerimientos biofísicos. Si estos no se cumplen según lo establecido, se entiende que debe llevarse a cabo una "mejora" según estos requerimientos, la que se traduce tanto en costos como en rendimientos en la producción, que a su vez tiene una producción esperada o proyectada.
- Ya organizados costos e ingresos y llevado a cabo el análisis financiero con base en los anteriores, iniciar la evaluación económica, para lo cual es preciso definir cuáles son las alternativas a evaluar, esto es un TUT, varios TUT y cómo estarán organizados. Las alternativas, deben ser viables técnicamente y en lo posible priorizadas con los usuarios/beneficiarios.

La evaluación económica se adelanta para cada alternativa definida, de la siguiente manera:

- Análisis costo/efectividad –ACE, de cada alternativa.
- Clasificación de la aptitud económica.

El ACE se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Con base en los objetivos de la evaluación de tierras, se organizan y relacionan las alternativas seleccionadas que garanticen el logro de los objetivos y se priorizan según cómo contribuyan a este propósito.
- Se realiza el análisis de costos para cada alternativa y sus beneficios.
- Se selecciona la alternativa de menor costo y la que mejor cumpla con los criterios económicos de decisión.

La alternativa de menor costo se selecciona mediante el cálculo del ABC (relación benéfico costo), como principal indicador de este tipo de análisis. Se trata del cociente de costos y beneficios asociados al logro de un(os) objetivo(s), del tal forma que una de las alternativas es viable, si logra alcanzar el objetivo propuesto al menor costo, el que está expresado, como se ha mencionado en el ABC.

Los principales criterios de decisión: valor presente neto económico (VPN), la tasa interna de retorno económica (TIR) y la relación costo beneficio económica (RCB).

Para ello, se cuantifican en términos monetarios, todos los flujos de costos y beneficios sociales asociados a cada alternativa. En su cuantificación monetaria se usan precios de Mercado actualizados a precios constantes y deben agregarse para el periodo de vida útil de cada alternativa. Luego, la inversión y los costos de cada alternativa deben ser contabilizados a precios económicos, a través del uso de precios cuenta.

Una vez se tiene el flujo de costos y beneficios consolidado, este debe descontarse utilizando la tasa social de descuento, para obtener el Valor Presente Neto (VPN) de los beneficios/costos.



Como se mencionó, los beneficios y costos se deben agregar de forma anual, para todo el periodo de análisis. Lo anterior se debe especificar para cada tipo de costo y beneficio valorado. El cálculo del VPN se obtiene de la siguiente manera:

$$VPN = \sum \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

i = tasa de descuento, estimada de la tasa promedio de interés activa enero-diciembre del año anterior al de análisis, consultada en el Banco de la República o en el DNP.

$i = r$ es la tasa social de descuento, la cual se puede consultar en el DNP, utilizando la misma que esta entidad utiliza para la evaluación de proyectos de inversión

n = número de periodos (años)

Para la obtención de los principales criterios de decisión, se tiene en cuenta que una vez obtenido el VPN, se analiza el valor presente de cada alternativa teniendo en cuenta el criterio de aceptación, rechazo o indiferencia en su viabilidad, análisis que consiste en establecer dónde se ubica el VPN respecto al valor 0, y esto qué significa, la cual se muestra en la Tabla 28.

Valor Presente Neto	Interpretación
VPN > 0	Los beneficios del TUT o de la alternativa seleccionada son mayores que sus costos, por lo tanto, se acepta el megaproyecto y se dice que este genera ganancias en bienestar social.
VPN= 0	El TUT o de la alternativa seleccionada no produce beneficios ni costos. Por lo tanto, no genera cambios sustanciales en el bienestar social.
VPN < 0	Los costos del TUT o de la alternativa seleccionada son mayores a sus beneficios. Por tanto, se debe rechazar el megaproyecto, ya que provoca pérdidas en bienestar social.

Tabla 28.

Criterios de decisión teniendo en cuenta el Valor Presente Neto (VPN).

Además, se analiza si la relación beneficio / costo, está en alguna de las siguientes situaciones y la forma cómo se interpreta se muestra en la Tabla 29.

Relación beneficio/ costo	Interpretación
RBC > 1	El TUT o de la alternativa seleccionada analizada genera bienestar social, por lo tanto puede ser aceptada.
RBC = 1	El TUT o de la alternativa seleccionada y evaluada no presenta cambios en el bienestar social, por lo tanto es indiferente.
RBC < 1	El TUT o de la alternativa seleccionada y evaluada empeora el bienestar social, por lo tanto no es recomendable.

Tabla 29.

Interpretación de los valores de la Relación Beneficio Costo (RBC).

En este orden, mediante este análisis se construyen escenarios de simulación con los cuales se pretende brindar elementos para quien toma decisiones sobre los cambios que pueden esperarse en los resultados obtenidos con la simulación, teniendo en cuenta las variaciones presentadas. Para el presente caso se trata de definir los parámetros a los que resulta más sensible el VPN.

Así, se tienen en cuenta los siguientes aspectos: tasa de descuento y tasa interna de retorno. La primera se establece según las tasas del mercado y los costos de oportunidad de una inversión expresados en una tasa de rentabilidad de la inversión. Al aplicar la tasa de descuento se revisa el valor que arroja el VPN y se define si según este valor la alternativa es aceptable.

La TIR se considera otro indicador para la toma de decisiones y representa la tasa a la cual el VPN es igual a cero. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{TIR: } i_2 - ((i_2 - i_1) / (vpn_2 - vpn_1)) * vpn_2$$

En donde, i_1 e i_2 , son diferentes tasas de interés, con las cuales se ha calculado el VPN. Esta TIR, indica a partir de qué tasas de interés el VPN es positivo.

Por último, se analizan los precios - cuenta, sombra o de eficiencia, mediante una razón que se utiliza para convertir los precios de mercado a precios cuenta, o precios sociales.

El precio - cuenta resulta de multiplicar los precios de la evaluación financiera, es decir la del flujo de costos y beneficios a precios de mercado por la RPC, de la siguiente manera:

$$\text{Precio - cuenta} = \text{RPC} \times \text{Precio del Mercado}$$

El RPC para productos agropecuarios es de 0,90 (DNP - BID, 1991).

Por último, se estima el VPN a precios sociales o de eficiencia, con las tasas de descuento utilizadas para verificar el resultado, si es positivo, igual a cero o negativo, con el fin de concluir si es aceptable o no cada alternativa.

Lo anterior determina las clases de aptitud donde S serán los TUT viables y N los no viables.

8.2.2. Tipo de información y datos requeridos

- Requerimientos de uso de los TUT actuales, con base en los requerimientos biofísicos.
- Costos e ingresos (directos e indirectos). Análisis B/C de cada TUT, para el período definido.
- Análisis de los factores de producción: capital, tierra, mano de obra, tecnología.
- Insumos para la evaluación económica: tasas e indicadores para valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR), análisis beneficio –costo (B/C), análisis de sensibilidad (precios sombra).

8.2.3. Principales fuentes de información

Estadísticas agropecuarias, indicadores de producción, costos e ingresos por producto, evaluaciones agropecuarias municipales, disponibles en Corporación Colombia Internacional a cargo de la generación de este tipo de datos, en la página web del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Estadísticas e indicadores de producción, costos e ingresos generados por los grandes gremios de productores como Cenicafé, Cenipalma, entre otros, de acuerdo a los TUT a evaluar.

8.2.4. Resultados a obtener

Evaluación económica de los TUT que resultaron aptos desde la evaluación biofísica y su clasificación según la aptitud económica, como base para la selección de alternativas de uso de las tierras en el área objeto de evaluación y acorde con los objetivos definidos.

Las unidades espaciales de análisis son las mismas unidades biofísicas, las que posteriormente pueden ser llevadas a unidades de evaluación de tierras que seleccione el evaluador de tierras en el proceso de planificación de uso de las tierras.

8.2.5. Métodos para acopiar, procesar y presentar los datos e información

Los datos deben ser acopiados de las fuentes de información ya señaladas, los que se organizan para cada TUT, acorde con sus requerimientos específicos. A cada uno de ellos se vinculan sus datos e indicadores económicos correspondientes.

8.3. Análisis de alternativas

8.3.1. ¿Cómo se lleva a cabo?

El análisis de las alternativas que resultan de la evaluación biofísica y socioeconómica se integra teniendo en cuenta los pasos mencionados a continuación (Figura 21):

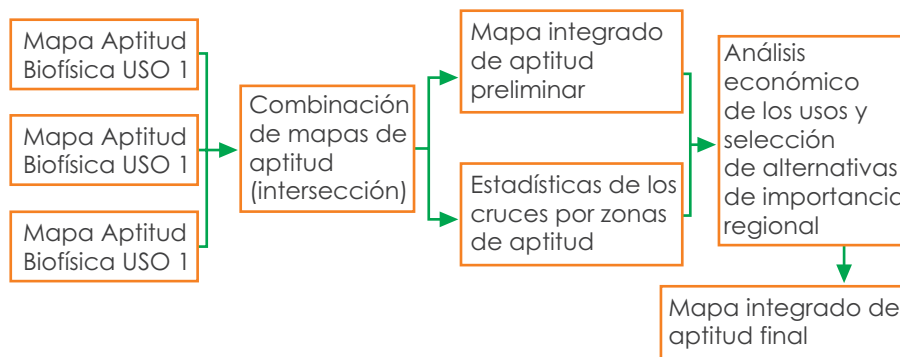
- Organización de los resultados de la evaluación biofísica (espaciales y sus respectivos datos atributos).
- Combinación de los resultados espaciales de la evaluación biofísica.
- Análisis de la distribución espacial y los datos atributos resultantes; tener en cuenta en la escala 1:100.000 su distribución en las unidades de planificación (municipios o cuencas).
- Integración del análisis económico de los usos y selección de las alternativas de importancia regional, que desde los aspectos biofísicos y económicos son más relevantes.
- Generar el mapa integrado de aptitud final, para cuya clasificación se sigue el sistema de clases S1 y S2, para el caso de las unidades que resultan aptas para la alternativa evaluada, y N para aquellas que no son aptas.

Figura 21.

Análisis de alternativas resultantes en la evaluación de tierras.

Fuente.

Elaboración del presente proyecto.



8.3.2. Tipo de información y datos requeridos

Los generados en la evaluación biofísica y socioeconómica, debidamente organizados y clasificados. Se trata de información espacial y de atributos.

8.3.3. Resultados a obtener

Mapa integrado de evaluación de tierras, con las alternativas recomendadas para que los planificadores del uso de las tierras tomen decisiones. El análisis de alternativas no se constituye en una decisión definitiva del uso que debe darse a las unidades de tierra evaluadas, en tanto constituye una herramienta que brinda información para apoyar la toma de decisiones en la planificación del uso de las tierras.

8.3.4. Consideraciones a tener en cuenta

Los resultados dependen del tipo de datos e información que soporta la evaluación de tierras adelantada, de las escalas de la información espacial utilizada y de la escala que se acuerda para generar los resultados.

Es de tener en cuenta que las unidades biofísicas tienen una delimitación asociada a las unidades de suelos, en tanto que los datos socioeconómicos están asociados a las unidades de planificación seleccionada (municipio en el presente caso). Por tanto, el mapa integrado presenta la unidad de planificación en la que se encuentran los diferentes TUT evaluados, en las unidades biofísicas correspondientes.

Por lo señalado, es preciso adelantar lo siguiente para escalas y análisis más detallados, como soporte de toma de decisiones a la hora de promover algunas de las alternativas resultantes a escala 1:100.000, sobre áreas priorizadas:

- Trabajar con datos de distribución y tenencia de la tierra, costos e ingresos por TUT seleccionado, a nivel de las unidades biofísicas, mediante muestreo estratificado, con diseño muestral.
- Definir estrategias de muestreo estadístico periódicas y con distribución espacial representativa.
- Tomar variables que estén relacionadas con cada TUT, en cuanto a características del uso, distribución, prácticas de manejo, costos e ingresos para un tamaño de unidad productiva y un ciclo productivo.
- Tener en cuenta que hay algunos TUT que en terreno están asociados, aspecto necesario a considerar en el análisis de las alternativas posibles biofísicamente.





Conclusiones

Fotografía archivo UPRA.

La metodología general propuesta permite realizar la evaluación de tierras integrando criterios biofísicos, sociales, económicos y ambientales de manera que se pueda tener una visión más integral de las tierras y de su aptitud de uso. Este enfoque es un aporte importante a la planificación del uso de las tierras y se puede integrar fácilmente dentro de los planes de ordenamiento territorial.

La metodología es flexible, se debe adaptar a las condiciones propias de cada región y a los tipos de uso que se van a evaluar. Aunque se pueden considerar muchos más criterios, se deben seleccionar aquellos que sean pertinentes para cada caso y que existan datos disponibles para poderlos evaluar. La falta de datos confiables es un factor que limita la aplicación completa de la evaluación de tierras, por lo tanto en las zonas piloto estudiadas como parte de este proyecto, se consideraron los estrictamente necesarios para realizar la evaluación, en otros casos cuando las condiciones lo permitan, se podrá, tener más criterios.

Como se indica en el documento, el objetivo no es definir una reglamentación de uso del suelo, si no ofrecer una guía para apoyar la toma de decisiones referentes al uso y manejo de las tierras.

La metodología es para escala 1:100,000 debido a que el país cuenta con estudios de suelo y cobertura a esa escala. El enfoque conceptual permite integrar niveles más detallados cuando éstos se desarrollen.

1. Abaunza, O., Arango, A., Olaya, Y. (2011). Simulation of investment strategies for small coffee farms in Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 64; 6277-6290.
2. Bouma, J. (2002). Land quality indicators of sustainable land management a cross scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129-136.
3. Bergsma, E. (1986). Aspects of Mapping Units in the Rain Erosion Hazard Catchment Survey, Land Evaluation for Land Use Planning and Conservation in Sloping Areas. *Proceedings International Workshop, ITC*. 1984. International Institute for Land Reclamation and Improvement ILRI. 40; 84 – 105.
4. Carbonell, J.A.; Quintero, R.; Torres, J.S.; Osorio, C.A.; Isaacs, C.; Victoria, J.I. (2011). Zonificación Agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en el Valle del río Cauca, cuarta aprox. *Principios Metodológicos y aplicaciones*. Cali, Colombia: CENICAÑA.
5. Castañeda, D. A., Montoya, R. Y., & Escobar, C. A. (2006). Prototipo de Un Sistema Integrado Digital para la Clasificación de Coberturas y Usos de la Tierra a Nivel de Finca Bananera. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 3167-3199.
6. CEDE (2010). Evaluación económica de impactos ambientales en proyectos sujetos a licenciamiento ambiental. *MADS - Universidad de los Andes, Centro de Estudios para el Desarrollo Económico*. Bogotá D.C., Colombia: MADS.
7. CENICAÑA (2011). Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (cuarta aproximación). *Principios metodológicos y aplicaciones. Serie técnica número 48*. 119p. Cali.
8. Corpoica (2007). Evaluación edafoclimática del tabaco rubio: Burley y Virginia. Bogotá D.C., Colombia: Produmedios.
9. Corpoica (2005). Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de cacao. Mosquera, Colombia: Produmedios.
10. Di Gregorio, A. Jansen. (1995). *FAO land use statistics: A case study for three countries using remote sensing and GIS technology*. Roma Italy: ConsultancyReportfor FAO StatisticsDivision.

Bibliografía

Bibliografía

11. Di Gregorio, A., and Jansen, L. (2000). Environment and Natural Resources Service, FAO. Project and Soil Resources, Management and Conservation Service. 179 p.
12. DNP (2011). Manual de procedimientos de programas y proyectos de inversión pública. Departamento Nacional de Planeación, Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas, Subdirección de Proyectos e información para la inversión pública. Bogotá D.C., Colombia: DNP.
13. Doran, W.J. y B.A. Parkin (1994). Defining and assessing soil quality. pp. 3-21. En: Doran, JW., D.C. Coleman, D.F. Bezdicek y R.F. Stewart (eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. Special publication 35. Soil Science Society of America (Sssa), Madison, WI.
14. Escobar, G., Usma, H., & Correa, J. (2003). Mapeo participativo tridimensional: metodología y oportunidades para el manejo comunitario de recursos naturales en ambientes de laderas. Cali, Colombia: Informe presentado del programa Uso de la tierra CIAT.
15. FAO, Soil Resources, M., Food and Agriculture Organization of the United Nations, & Interdepartmental Working Group on Land Use Planning (1997). Guidelines agro-ecology zoning. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
16. FAO (1983). Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. FAO soils bulletin 52, Rome, 237p.
17. FAO (1984). Land evaluation for forestry. FAO (FAO forestry paper, No. 48), Rome.
18. FAO, Soil Resources, M., Food and Agriculture Organization of the United Nations, Irrigation and Drainage Paper (1985). Water quality for agriculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
19. FAO (1976). A framework for land evaluation. Rome, Italy: Soil resources development and conservation service.
20. FAO (1981). La silvicultura y el desarrollo rural departamento de montes de la FAO. 26, Roma.
21. FAO (1995). Planning for sustainable use of land resources. Towards a new approach. FAO Land and Water Bulletin 2, Roma.
22. FAO (2003). Evaluación de tierras con metodologías FAO. Proyecto regional "ordenamiento territorial rural sostenible". FAO, Proyecto GCP/RLA/139/JPN. Santiago de Chile: FAO.
23. FAO (2007). Land evaluation. Towards a revised framework. FAO Land and Water Discussion Paper 6, Roma.

24. Geilfus, F. (2000). 80 Herramientas para el Desarrollo Participativo: Diagnóstico Planificación Monitoreo Evaluación. San Salvador: IICA.
25. Herold M., Woodcock, C., Cihair, M., Wulder, M., Arino, O., Achard, F., Hansen, M., Olsson, H., Schmullius, C., Brady, M., Di Gregorio, A., Latham, J., and Sessa, R. (2009). Assessment of the status of the development of the standards for the Terrestrial Essential Climate Variables: T9 Land Cover, FAO, GTOS report. 25 p.
26. IDEAM, IGAC, y CORMAGDALENA. (2008). Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE LandCover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena.
27. IGAC (2000). Clasificación de las tierras por su capacidad de uso. Subdirección de Agrología. Bogotá. 37p
29. IGAC, CORPOICA (2002a). Cobertura y Uso actual de las tierras de Colombia. Subdirección de Agrología. Bogotá D.C., Colombia.
30. IGAC, CORPOICA (2002b). Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia. Uso adecuado y conflictos de uso de las tierras en Colombia. Volumen IV. Subdirección de Agrología, Bogotá D.C., Colombia.
31. IGAC (2010). Definición de usos alternativos y sostenibles para la ocupación de las tierras a nivel nacional (Colombia) (Vol. 1). (IGAC, Ed.) Bogotá, D.C, Colombia: IGAC.
32. Karlen, D. y. Stott (1994). A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. Madison WI: Soil Science Society of America (SSSA).
33. Klingebiel, A.A. & Montgomery, P.H. (1961). Land capability classification. USDA Agricultural Handbook 210. Washington, D.C., USA: Soil Conservation Service, US Government Printing Office.
34. Lal, R. (1988). Erodibility and erosivity. (ed.). Erosion research methods. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA. pp. 141-160.
35. MADR (2012). Cartilla de Política Agropecuaria 2010-2014. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Dirección de Política Sectorial, Grupo Análisis Sectorial. Bogotá D.C., Colombia: MADR.
36. Malagón, D. y. (1984). Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Bogotá D.C., Colombia: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
37. Martínez, L.J. y D. Vanegas. (1997). Modelo de evaluación de tierras para el uso sostenible y la conservación. pp. 243-350. En: Saldarriaga, J. y T. van Der Hammen (eds.). Sistema de Información Geográfica para la Amazonia: el caso Guaviare. Tomo XIII. Bogotá.

Bibliografía

38. Martínez, L. J. (2006). Modelo para evaluar la calidad de las tierras: caso del cultivo de la papa. *Agronomía colombiana* 24 (1), 96-110.
39. Martínez, L. J., & Vanegas R, D. (1997). Sistema de Información Geográfica para la Amazonia: el caso Guaviare (Vol. Tomo XIII). (J. Saldarriaga, & T. Van der Hammen, Edits.) Bogotá, D.C, Colombia: Tropenbos - Colombia.
40. Martínez, L.J, S. García, R. Sanabria. (2009). Zonificación de las especies pasifloráceas comerciales en Colombia, pp. 19-44. En: Miranda, D., G. Fischer, C.
41. Miranda M, J. J. (2009). Capítulo 10. Evaluación económica y social. En G. d. Antioquia, Evaluación de proyectos de inversión (Vol. 1). Medellín, Colombia: Gobernación de Antioquia.
42. Moore, I.D. y G. Burch, (1986). Physical basis of the length-slope factor in the Universal soil loss equation. *Soil Sci. Am. J.* 50, 1294-1298
43. Munar, O., y Martínez, L. (2010). Digital Elevation Models as Data Source for Land Suitability Analysis in Colombia. 30th EARSEL Symposium, Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage. Paris, Francia.
44. Muñoz, J., L. Martínez y G. Ligarreto. (2009). Caracterización de los ambientes agroecológicos de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale*) en la zona andina de Colombia. En *Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (Vaccinium meridionale Swartz) en la zona altoandina de Colombia*. Ed. Universidad Nacional de Colombia. 29-55p.
45. PNECO, (2009). Informe Técnico Unificado PNECO 1643. Monitoreo de la Cobertura y el uso del suelo a partir de sensores remotos. Programa Nacional de Ecorregiones. INTA. 14.
46. Poveda, G., Vélez, J., Mesa, O., Hoyos, C., Mejía, J., Barco, O y P. Correa. (2002). Influencia de los fenómenos climáticos sobre el ciclo anual de la Hidrología Colombiana: Cuantificación lineal y no lineal y percentiles de probabilidad. *Meteorología Colombiana*. 6; 121-130.
47. Pritchard, S., Amthor, J. (2005). Crops and Environmental Change: An Introduction to Effects of Global Warming, Increasing Atmospheric CO₂ and O₃ Concentrations and Soil Salinization on Crop Physiology and Yield. The Haworth Press, Binghamton. Food Products Press. 1-37.
48. Ramírez, V.H.; Arcila, J.; Jaramillo, A.; Rendón, J.R.; Cuesta, G.; García, J.C.; Menza, H.D.; Mejía, C.G.; Montoya, D.F.; Mejía, J. W.; Torres, J.C.; Sánchez, P.M.; Baute, J.E.; Peña, A.J. (2011). Variabilidad Climática y la floración del café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafe* 407.
49. Ramos, J., y Martínez, L. (2006). Aplicación de la lógica difusa para clasificación de la aptitud de los suelos. *Análisis Geográficos* 32, 29-40.

50. Romero, O. (2012) Área de Desarrollo Rural de la Mojana y Estrategia de Desarrollo Rural con Enfoque territorial Área de Desarrollo Rural de la Mojana. Bogotá D.C., Colombia: Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, INCODER.
51. Rossiter, D. and Van Wambeke. (1989). ALES. Automated Land Evaluation System. ALES version 2.2 user's Manual. Ithaca, USA: Department of Agronomy Cornell University.
52. Rossiter, D.G.(1994). Geographical Information Systems. Land Evaluation Course Notes Part 2. 28.
53. Rossiter, D. G. (1995). Economic Land Evaluation: why and how. Soil Use & Management 11:132-140.
54. Rossiter, D. G. (1996). A theoretical framework for land evaluation. Geoderma, 72(3), 165-190.
55. Rubiano, Y., Amézquita, E y Beaulleau, N. (2006). GEOSOIL. Sistema Georreferenciado de indicadores de calidad del suelo. Herramienta SIG para apoyo a la planificación uso y manejo del suelo. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
56. Storie, R. (1970). Manual de Evaluación de Suelos. México: UTEHA Ed.
57. Tsiligrides, T. A. (2008). Remote sensing as a tool for agricultural statistics: a case study of area frame sampling methodology in Hellas. Computers and Electronics in Agriculture, 45-77.
58. USDA. Soil Survey Division Staff. (1993). Soil Survey Manual | NRCS Soils. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. Retrieved September 17, 2013, from <http://soils.usda.gov/technical/manual/>
59. Valencia, G., & Anaya, J. (2009). Implementación de la Metodología Corine-LandCover con Imágenes Ikonos. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 39-52.
60. Van Wijngaarden, W. (1994). Elaboración de mapas y clasificación. I Taller de Cobertura Vegetal (págs. 9-22). Bogotá: Proyecto SIG PAFC-Universidad Javeriana.
61. Villalobos, F. Mateos, L., Orgaz, F. y Fereres, E. (2002). Fitotecnia. Bases y tecnológicas de la producción agrícola. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España: Editorial Mundi Prensa

