



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
ESCUELA DE POSGRADO

Evaluación de tierras con fines de recuperación de tierras degradadas
en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá

por

Edison Pimentel Cerrud

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

Magister Scientiae en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Turrialba, Costa Rica, 2009

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

FIRMANTES:



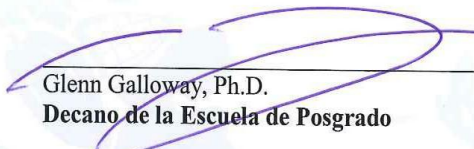
Sergio Velásquez, M.Sc.
Consejero Principal



Javier Saborío, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Luigi Franceschi, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Edison Pimentel Cerrud
Candidato

DEDICATORIA

A Dios.

Por guiarme por el camino del bien

A mis padres Isabel Cerrud y Edison Pimentel Pimentel

Mis mejores ejemplos de fortaleza y perseverancia

A mi esposa Evelyn Bogantes Cantillo

Por toda su comprensión y apoyo

A mis hermanos Nadizhda del Carmen Pimentel cerrud, Idania Isabel Pimentel Cerrud y Jesús M^a Pimentel Cerrud

Por su incondicional apoyo

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor consejero M.Sc. Sergio Velásquez por su valioso apoyo, comprensión y guía para el desarrollo de este trabajo.

A los miembros del comité asesor M.Sc. Javier Saborío, Luiggi Franceschi por sus valiosas sugerencias y aportes al presente documento.

Al personal técnico de la OTN del CATIE, Panamá en especial a M.Sc. Luis Alvarado por su amistad, apoyo y colaboración.

A todas las personas que participaron en este trabajo en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá.

A mis compañeros y amigos por su amistad, apoyo en los momentos difíciles y todos los gratos momentos compartidos.

A la Autoridad Nacional del Ambiente por darme la oportunidad de concluir mis estudios a nivel de maestría.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
CONTENIDO	V
RESUMEN	IX
SUMMARY	X
ÍNDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS	XVI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos del estudio	3
<i>1.1.1 Objetivo general</i>	3
<i>1.1.2 Objetivos específicos</i>	3
<i>1.1.3 Preguntas de Investigación</i>	3
2. MARCO REFERENCIAL.....	4
2.1 Conceptos básicos.....	4
<i>2.1.1 Cuenca hidrográfica</i>	4
<i>2.1.2 Gestión de cuencas hidrográficas</i>	4
<i>2.1.3 Manejo Integral de Cuencas</i>	5
2.2 La evaluación de la tierra.....	5
2.3 Métodos de evaluación de tierras.....	6
<i>2.3.1 Métodos de evaluación cualitativos</i>	6
2.3.1.1 Clasificación por Capacidad de Uso (USDA).....	7
2.3.1.2 Clasificación de Tierras para usos con riego (USBR)	7
2.3.1.3 Sistemas de tierras de Australia	7
2.3.1.4 Sistema del Centro Científico Tropical (CCT)	8
2.3.1.5 Ponderación Potencial de Suelos (Soil Potential Rating USDA, 1983) .	8
2.3.1.6 Esquema de Evaluación de Tierras de la FAO	8

2.3.2 Métodos paramétricos	9
2.3.2.1 Índice Storie o Índice de Tierra.....	9
2.3.2.2 Índice de Pierce	10
2.3.3 Evaluación Cuantitativa	11
2.3.3.1 Sistema automatizado de evaluación de tierra (ALES)	11
2.3.3.2 Componentes de ALES	12
2.3.3.3 Construcción del modelo ALES	13
2.3.3.4 Evaluación física vs. Evaluación económica	14
2.3.3.5 Evaluación física	14
2.3.3.6 Evaluación económica	15
2.4 Los Sistemas de información geográfica (SIG).....	16
2.5 La degradación de la tierra.....	18
1.3.1 Procesos de degradación de la tierra.....	19
2.5.1.1 Degradación química.....	19
2.5.1.2 Degradación física.....	20
2.5.1.3 Erosión eólica.....	20
2.5.1.4 Erosión hídrica	21
2.6 Metodologías para la evaluación de tierras degradadas.....	21
2.7 Medidas para la recuperación de las tierras degradadas	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1 Ubicación del área de estudio	25
3.2 Metodología.....	26
3.2.1 Materiales	26
3.2.2 Programas	26
3.2.3 Identificar las características y cualidades biofísicas y socioeconómicas de las tierras de la parte alta de río San Pedro.....	27
3.2.2 Identificar las zonas vulnerables y en proceso de degradación de suelos en la parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	28
3.3.2 Identificar espacialmente la aptitud de las tierras de la parte alta de la cuenca del río San Pedro, enfatizando en necesidades de recuperación de tierras degradadas para facilitar la planificación y la toma de decisiones sobre el manejo de la cuenca	39
3.3.2.1 Procedimiento general de la evaluación de tierra.....	39

3.3.2.2	Procedimiento específico de la evaluación	39
3.2.5	<i>Proponer una zonificación para el ordenamiento territorial enfocado a la recuperación de las tierras degradadas de la parte alta de la cuenca del río San Pedro</i>	55
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	57
4.1	Características y cualidades biofísicas y socioeconómicas de las tierras de la cuenca alta de río San Pedro	57
4.1.1	<i>Aspectos biofísicos</i>	57
4.1.1.1	Clima	57
4.1.1.2	Geología.....	57
4.1.1.3	Suelo.....	59
4.1.1.4	Hidrología	64
4.1.1.5	Vegetación	65
4.1.1.6	Fauna.....	70
4.1.2	<i>Aspecto socioeconómico</i>	73
4.1.2.1	Aspectos Demográficos	73
4.2	Identificar las zonas vulnerables y en proceso de degradación de suelos en la parte alta de la cuenca del río San Pedro	104
4.3	Identificar espacialmente la aptitud de las tierras de la cuenca alta del río San Pedro, enfatizando en necesidades de recuperación de tierras degradadas para facilitar la planificación y la toma de decisiones sobre el manejo de la cuenca	106
4.3.1	<i>Unidades Cartográficas o mapeo (UC), evaluadas en la parte alta de la cuenca del río San Pedro</i>	106
4.3.2	<i>Evaluación de la aptitud física, en la parte alta de la cuenca del río San Pedro</i> .	110
4.3.2.1	Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial.....	110
4.3.2.2	Plantaciones forestales de Teca, con fines de aprovechamiento comercial.....	114
4.3.2.3	Comparación entre los TUT Plantaciones forestales de Pino caribe y Teca, confines de aprovechamiento comercial	117
4.3.2.4	Pasto natural Hyparrhenia rufa (Ness) para ganadería extensiva	118
4.3.2.5	Pasto mejorado Brachiaria brizantha para ganadería extensiva.....	122
4.3.2.6	Pasto mejorado Brachiaria humidicola, para ganadería extensiva.....	126

4.3.2.7 Pasto mejorado <i>Brachiaria decumbens</i> , para ganadería extensiva.....	130
4.3.2.8 Comparación entre los TUT pastos mejorado, <i>Brachiaria brizantha</i> , humidícola y <i>decumbens</i> y pasto natural para ganadería extensiva	134
4.3.2.9 Cultivo de arroz en secoano	135
4.3.2.10 Cultivo de maíz mecanizado	139
4.3.2.11 Cultivo de ñame en secoano.....	143
4.3.2.12 Comparación entre los TUT cultivos arroz en secoano, maíz mecanizado y ñame en secoano	147
4.4 Proponer una zonificación para el ordenamiento territorial enfocado a la recuperación de las tierras degradadas de la cuenca alta del río San Pedro	148
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	156
5.1 Conclusiones	156
5.2 Recomendaciones	158
6. BIBLIOGRAFÍA	159
7. ANEXOS	178

Pimentel Cerrud, E. 2009. Evaluación de tierra con fines de recuperación de tierras degradadas en la cuenca alta del río San Pedro Panamá, Turrialba, CR. CATIE, Tesis Mag.Sc. CATIE, Turrialba, CR. 199 p.

Palabras claves: Panamá, evaluación de tierras, aptitud física, tipo de utilización de la tierra, sistema automatizado de evaluación de tierras (ALES), sistemas de información geográfica (SIG), degradación de tierras, recuperación de tierras.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá, con el propósito de orientar acciones de recuperación de tierras degradadas. Para ello se partió de una base de conocimiento de fuentes secundarias, levantamiento de información de campo y de consulta a expertos. Utilizando el esquema de evaluación de tierras de la FAO (1985), el sistema automatizado de evaluación de tierras (ALES) (Rossiter *et al* 1993), y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se procesaron nueve modelos de evaluación de aptitud física para cada tipo de utilización de las tierras (TUT) propuestos: plantación forestal de pino (*Pinus caribaea var. Hondurensis*) y teca (*Tectona grandis*) con fines de aprovechamiento comerciales, pastos natural y mejorados para la ganadería extensiva con faragua (*Hyparrhenia rufa*), *Bachiaria brizantha*, *B. humidícola* y *B. decumbens*; y los cultivos maíz mecanizado (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*) y ñame (*Dioscorea alata*) en seco. Además se identificaron las zonas vulnerables o en proceso de degradación en la cuenca alta. Los resultados muestran 150 unidades cartográficas homogéneas en un área de 413.60 Km², cuyo 92% tiene una vulnerabilidad media y alta a la degradación de los suelos. La evaluación de aptitud física indicó que el 75% del área tiene una aptitud para plantaciones de pino en las clases moderadamente (A2) y marginalmente apta (A3), el arroz en seco con un 62% en la clase marginalmente apta (A3) y el pasto natural faragua con un 61% en las clases moderadamente (A2) y marginalmente apta (A3). Se propusieron siete categorías de zonificación territorial: zona de protección, zona de desarrollo forestal, zona de restauración ecológica, zona de producción pecuaria, zona de producción agrícola, zona de asentamientos humanos y zona de infraestructura vial, las que se distribuyeron entre aspectos productivos (70%), conservación (24%), asentamiento humanos (5%) e infraestructura vial (1%).

Pimentel Cerrud, E. 2009. Land evaluation for recovery of degraded lands in the Upper Watershed of San Pedro River, Panama. Turrialba; CR.CATIE; Mag.Sc thesis. CATIE, Turrialba, CR. 199 p.

Words keys: Panama, Land Evaluation, Physical Aptitude, Landuse, Cartographic Units, Automated Land Evaluation System (ALES), Geographic Information Systems (GIS), Degraded Lands, Land Reclamation.

SUMMARY

This study was conducted in the upper watershed of San Pedro River, Panama, in order to guide recovery actions of degraded lands. For this started from a base knowledge from secondary sources, field gathering information and expert consultation. Using the scheme of land evaluation of FAO (1985), the Automated Land Evaluation System (ALES) (Rossiter et al 1993), and Geographic Information Systems (GIS) it was processed nine models of assessing fitness for each type of land use (TUT) proposed: forest plantation of pine (*Pinus caribaea* var. *Hondurensis*) and teak (*Tectona grandis*) for commercial purposes, improved natural pastures for extensive cattle with faragua (*Hyparrhenia rufa*), *Bachiaria brizantha*, *B. humidicola* and *B. decumbens*, and mechanized corn (*Zea mays*), rice (*Oryza sativa*) and winged yam (*Dioscorea alata*) crops in drought. Also, were identified vulnerable areas or on degradation process in the upper watershed. The results show 150 homogeneous cartographic units in an area of 413.60 km², in which 92% have medium and high vulnerability to degradation. The fitness evaluation indicated that 75% of the area has an aptitude for pine plantations in moderate (A2) and marginally suitable (A3) class, rice in drought with 62% in the marginally suitable (A3) class and faragua natural grass with 61% in moderate (A2) and marginally suitable (A3) class. It were proposed seven territorial zoning categories: protection zone, forestry development zone, ecological restoration area, livestock production area, agricultural production area, human settlements area and road infrastructure area, which were distributed among productive aspects (70%), maintenance (24%), human settlement (5%) and road infrastructure (1%).

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Sistema de evaluación de tierras (FAO 1985).....	9
Cuadro 2. Ventajas y desventajas de los SIG.....	17
Cuadro 3. Variables evaluadas y sus valores de vulnerabilidad para identificar las zonas vulnerables y en proceso de degradación de los suelos en la parte alta del la cuenca del río San Pedro, Panamá	38
Cuadro 4. Características de la tierra seleccionada para la evaluación y sus categorías.....	52
Cuadro 5. Requisitos de uso de la tierra (RUT) y las características de la tierra utilizadas en la evaluación en la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá	53
Cuadro 6. Niveles de severidad de los requisitos de uso de la tierra (RUT) utilizados en la evaluación en la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá.....	53
Cuadro 7. Clase de aptitud físicas y sus definiciones	55
Cuadro 8. Propuesta de zonificación para el ordenamiento territorial enfocado en la recuperación de las tierras degradadas de la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá.....	56
Cuadro 9. Superficie de terreno dentro de la cuenca alta del río San Pedro agrupada, en cinco rangos de pendiente del suelo, en porcentaje.....	60
Cuadro 10. Superficie por clases de suelo, según la clasificación del USDA, presentes en la parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	60
Cuadro 11. Superficie ocupada por cada uno de los tipos de cobertura del suelo identificados en la cuenca alta del río San Pedro	61
Cuadro 12. Superficie de terreno que presenta un conflicto de uso del suelo, en la cuenca alta del río San Pedro.....	61
Cuadro 13. Superficie de terreno afectada por los diferentes rangos de erosión actual detectados en la cuenca alta del río San Pedro	62
Cuadro 14. Categorías de pedregosidad presentes en la cuenca alta del río San Pedro	63
Cuadro 15. Categorías de drenaje presentes en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá	63
Cuadro 16. Rangos de profundidad efectiva en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá	63
Cuadro 17. Principales especies vegetales asociadas a los rastrojos en la parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	67
Cuadro 18. Principales especies vegetales asociadas a los Remanentes de bosques de galería en la parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	68
Cuadro 19. Principales especies asociadas a los fragmentos de bosques secundarios en la parte alta de la cuenca del río San Pedro	69
Cuadro 20. Principales especies de mamíferos registradas en la cuenca alta del Río San Pedro	70
Cuadro 21. Principales especies de aves registradas en la cuenca alta del Río San Pedro	71
Cuadro 22. Principales especies de anfibios registradas en la cuenca alta del Río San Pedro.....	72
Cuadro 23. Principales especies de reptiles registradas en la cuenca alta del Río San Pedro.....	72
Cuadro 24. Característica demográfica de la población de la parte alta de la cuenca de río San Pedro	73
Cuadro 25. Características de las viviendas en los corregimientos de la Parte Alta de la Cuenca del Río San Pedro.....	79
Cuadro 26. Ingreso promedio de la población y de los hogares mayores de 10 años	85
Cuadro 27. Superficie aproximada de la actividad agrícola y ganadera en la parte alta de la cuenca del San Pedro.....	88
Cuadro 28. Distribución superficial de las zonas vulnerables y en proceso de degradación de los suelos en la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá.....	104
Cuadro 29. Distribución de las Unidades Cartográficas, en la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá	107

Cuadro 30. Resumen de la evaluación física del TUT Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial en la Parte Alta de la Cuenca del Río san Pedro, Panamá.....	110
Cuadro 31. Resumen de la evaluación física del TUT Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial en la Parte Alta de la Cuenca del Río san Pedro, Panamá.....	112
Cuadro 32. Resumen de la evaluación física del TUT Plantaciones forestales de Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	114
Cuadro 33. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Plantaciones forestales de Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	115
Cuadro 34. Resumen de la evaluación física del TUT Pasto natural Hyparrhenia rufa, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	118
Cuadro 35. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Pasto natural Hyparrhenia rufa, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	120
Cuadro 36. Resumen de la evaluación física del TUT Pasto mejorado Brachiaria brizantha para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	122
Cuadro 37. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Pasto mejorado Brachiaria brizantha, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	124
Cuadro 38. Resumen de la evaluación física del TUT Pastomejorado Brachiaria humidicola , para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	126
Cuadro 39. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Pasto mejorado Brachiaria humidicola, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	127
Cuadro 40. Resumen de la evaluación física del TUT Pasto mejorado Brachiaria decumbens , para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	130
Cuadro 41. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Pasto mejorado Brachiaria decumbens, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	131
Cuadro 42. Resumen de la evaluación física del TUT Cultivo de arroz en secano en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	136
Cuadro 43. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Cultivo de arroz en secano en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	137
Cuadro 44. Resumen de la evaluación física del TUT Cultivo de maíz mecanizado en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	139
Cuadro 45. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Cultivo de maíz mecanizado en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	140
Cuadro 46. Resumen de la evaluación física del TUT Cultivo de ñame en secano en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	143
Cuadro 47. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Cultivo de ñame en secano en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	144
Cuadro 48. Superficie por categoría y subcategoría de la propuesta de zonificación de la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .Esquema de una cuenca hidrográfica.....	4
Figura 2. Mapa de la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá.....	25
Figura 3- Entrevistas, recorridos de campo durante la investigación en la parte alta de la cuenca del Río San Pedro, Panamá.....	28
Figura 4. Diagrama en Model Builder (ArcView) sobre el traslape de capas de 6 criterios, para identificar las zonas vulnerables y en proceso de degradación de los suelos, en la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá.....	30
Figura 5. Cobertura del suelo con Pasto natural (paja de cerro) en la comunidad del Gavilán, corregimiento de La Mesa.....	39
Figura 6. Formaciones geológicas de la parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	58
Figura 7. Curva hipsométrica de la Parte alta de la cuenca del Río San Pedro.....	64
Figura 8 Hidrograma según la forma de la cuenca.....	65
Figura 9. Estructura de la población para el corregimiento de La Mesa.....	74
Figura 10. Estructura de la población para el corregimiento de Llano grande.....	75
Figura 11. Estructura de la población para el corregimiento de La Peña.....	75
Figura 12. Estructura de la población para el corregimiento de San Pedro del Espino.....	76
Figura 13. Estructura de la población para el corregimiento de Río de Jesús cabecera.....	77
Figura 14. Estructura de la población para el corregimiento de El Marañón.....	77
Figura 15. Estructura de la población para el corregimiento de Los Algarrobos.....	78
Figura 16. Característica de una vivienda en la comunidad de Mostrenco, en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá.....	79
Figura 17. Infraestructura de una escuela primaria la comunidad del Bichal, cuenca alta del río San Pedro, Panamá.....	81
Figura 18. Infraestructura de un centro de salud en el corregimiento de San Pedro del Espino, cuenca alta del río San Pedro.....	83
Figura 19. Vertedero a cielo abierto en el corregimiento cabecera de la mesa, cuenca alta del río San Pedro.....	83
Figura 20. Actividad de cría de pollos en el corregimiento de La Mesa.....	84
Figura 21. Tipo de galeras para la cría y engorde de pollos instaladas por las empresas avícolas en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	89
Figura 22. Actividad de vacunación en la comunidad de Piedra Hincada, Hacienda Agroganadera del Istmo, S.A.....	91
Figura 23.Superficie por tipo de pasto utilizado en la parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	92
Figura 24. Tipos de pasto en las finca de en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro. Izquierda pasto mejorado (<i>Bachiaria decumbens</i>) y derecha pasto natural (<i>Hyparrhenia rufa</i>).....	93
Figura 25. Superficie cultivada por especie, en la parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	94
Figura 26. Cultivo de maíz comercial en la comunidad de Las Huacas en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro. Izquierda maquinaria agrícola para la preparación de la tierra y derecha terreno sembrado con una distancia de siembra de 30 x 40 cm.....	95
Figura 27. Cultivo de arroz establecido con técnicas tradicionales en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	96
Figura 28. Caña utilizada para suplemente alimenticio al ganado en comunidad de Los Balsas en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	98
Figura 29. Plantación de Caña establecida con método tradicional en la comunidad del Mostrenco en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	98
Figura 30. Plantación de frijol establecida con método tradicional en la comunidad de Bella Vista en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	99

Figura 31. Plantación de Guandú establecida con método tradicional en los predios de las casas en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	100
Figura 32. Plantación de yuca establecida con método tradicional en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro.....	102
Figura 33. Plantación comercial de ñame, en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro	103
Figura 34: Mapa de vulnerabilidad de degradación de suelos	105
Figura 35. Distribución porcentual de unidades cartográficas con mayor área de la cuenca alta del río San Pedro, Panamá.	106
Figura 36: Mapa de Unidades cartográficas de la cuenca alta del río San Pedro, Panamá	107
Figura 37. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial en la Parte Alta de la Cuenca del Río san Pedro, Panamá	111
Figura 38. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá	111
Figura 39: Mapa de aptitud física del suelo para plantaciones de pino.....	113
Figura 40. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panama	114
Figura 41. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá	115
Figura 42: Mapa de aptitud física del suelo para plantaciones de teca	116
Figura 43. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Pino y Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá	117
Figura 44. Distribución total de la clase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Pino y Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá..	118
Figura 45. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Pasto natural Hyparrhenia rufa, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá	119
Figura 46. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Pasto natural Hyparrhenia rufa, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá	120
Figura 47: Mapa de aptitud física del suelo para pasto natural H.rufa.....	121
Figura 48. Distribución de la clase de aptitud física del TUT, Pasto mejorado Brachiaria brizantha, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá	123
Figura 49. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Pasto mejorado Brachiaria brizantha, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	123
Figura 50: Mapa de aptitud física del suelo para pasto mejorado B.brizantha.	125
Figura 51 Distribución de la clase de aptitud física del TUT, Pasto mejorado Brachiaria humidícola, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	127
Figura 52. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Pasto mejorado Brachiaria humidícola, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	128
Figura 53: Mapa de aptitud física del suelo para pasto mejorado B.humidícola.	129
Figura 54. Distribución de la clase de aptitud física del TUT, Pasto mejorado Brachiaria decumbens, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	131
Figura 55. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Pasto mejorado Brachiaria decumbens, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	132
Figura 56: Mapa de aptitud física del suelo para pasto mejorado B.decumbns.	133
Figura 57. Distribución de la clase de aptitud física del TUT pastos mejorado, Brachiaria brizantha, humidícola y decumbe y pasto natural Hyparrhenia rufa, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá	134
Figura 58. Distribución total de la clase de aptitud física del TUT pastos mejorado, Brachiaria brizantha, humidícola y decumbe y pasto natural Hyparrhenia rufa para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	135

Figura 59. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Cultivo de arroz en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá	136
Figura 60. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Cultivo de arroz en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	137
Figura 61: Mapa de aptitud física del suelo cultivo de arroz en seco.....	138
Figura 62. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Cultivo de maíz mecanizado en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá	139
Figura 63. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Cultivo de maíz mecanizado en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	141
Figura 64: Mapa de aptitud física del suelo cultivo de maíz mecanizado.....	142
Figura 65. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Cultivo de ñame en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá	143
Figura 66. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Cultivo de ñame en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	145
Figura 67: Mapa de aptitud física del suelo cultivo de ñame en seco.	146
Figura 68. Distribución de la clase de aptitud física del TUT cultivos arroz en seco, maíz mecanizado y ñame en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	147
Figura 69. Distribución total de la clase de aptitud física del TUT cultivos arroz en seco, maíz mecanizado y ñame en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá.....	148
Figura 70. Distribución porcentual por categoría de zonificación en la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá	153
Figura 71. Mapa de Categorías zonificación territorial de la parte alta de la cuenca.....	154
Figura 72. Mapa de Subcategorías zonificación territorial de la parte alta de la cuenca	155

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

ANAM	Autoridad Nacional del Ambiente, Panamá
ALES	Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CIFIP	Colegio de Ingenieros Forestales de Panamá de Panamá
CORPOICA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Colombia
Conabio	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México
SIG	Sistema de Información Geográfica
CAT	Característica de la Tierra
CT	Cualidad de la Tierra
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia
ENA	Estrategias Nacional del Ambiente
FAO	Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
IDIAP	Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia
MEDUD	Ministerio de Educación, Panamá
MIVI	Ministerio de Vivienda, Panamá
RUT	Requisito de Uso de la Tierra
TUT	Tipo de Utilización de la Tierra
USBR	Department of the Interior Bureau of Reclamation US
UC	Unidades Cartográficas
USDA	United States Department of Agriculture
NASA	National Aeronautics and Space Administration
CEBG	Centro Educativo Básico General
CARSP	Cuenca Alta del Río San Pedro.

1. INTRODUCCIÓN

Según FAO (2000), más del 80 por ciento de la población mundial vive en países donde la agricultura es el principal medio de vida. Sin embargo, la degradación de la tierra afecta seriamente a los terrenos y a los recursos acuíferos en muchas áreas tropicales, subtropicales y en las zonas áridas. Además la degradación de las tierras afecta en el mundo a casi al 70 por ciento de los terrenos de pastos, al 40 por ciento de las tierras de secano y al 30 por ciento de las de regadío. Más de un cuarto de la superficie de tierra cultivable en el mundo se ve afectada por la desertificación.

FAO (2001), indica que la degradación de las tierras tiene su origen en factores económicos, sociales y culturales, que se reflejan en la sobreexplotación de los recursos naturales y en las prácticas inadecuadas del manejo de los suelos y aguas, que conllevan a la pérdida de la fertilidad del suelo, productividad y por ende a la disminución de la calidad de vida de sus pobladores.

ANAM (2002), señala que la República de Panamá tiene uno de los problemas de erosión y deterioro de suelo más severo de América Latina. Se calcula que más de 2 millones de hectáreas de suelo han sido degradadas en las provincias centrales, lo que equivale al 27% de la superficie total del país. Esto está influenciado por el paulatino, acumulativo y creciente proceso de degradación que sufren casi todas cuencas, situación que se evidencia en las críticas condiciones de vida de más de 150, 000 familias campesinas cuyo sustento depende de la producción de cultivos de subsistencia, en terrenos de laderas con severas limitantes, desprovistos de los más elementales sistemas de conservación, en la ocupación del 20% del territorio nacional en actividades de ganadería extensiva y en las técnicas destructivas de construcción de infraestructuras públicas y privadas.

La cuenca del río San Pedro, es una cuenca prioritaria para la provincia de Veraguas, cuenta con un área de drenaje aproximadamente de 996 km², con una longitud de su río principal de 79 Km. Se ubica en la parte central y sur de la provincia de Veraguas, y políticamente forma parte de los distritos de Cañas, La Mesa, Santiago, Río de Jesús y Montijo. Además se caracteriza por presentar una topografía plana y ondulada con pendientes bajas y moderadas, encontrando colinas bajas y de altura media siendo su topografía en la

parte alta un poco quebrada. Sus suelos son degradados y compactos, presentando una baja fertilidad y una erosión creciente de los mismos debido al arrastre de los mismos por la escorrentía (ANAM 2007).

ANAM (2004) menciona que la cuenca hidrográfica del río San Pedro es una cuenca que forma parte de la Sabana Veragüense. Los suelos que la forman son de origen ígneo extrusivo, compuestos a base de rocas andesíticas altamente meteorizadas que han dado origen a las arcillas rojas típicas de la zona. Las mismas son catalogadas como de clase VIII (sistema USDA - SCS), o sea la condición agrológica más extrema de los suelos de Panamá. Además los suelos ubicados en las colinas bajas y estribaciones montañosas, clasificados en las clases VI y VII, el potencial se orienta a la vocación agroforestal, cultivos perennes y forestales propios de este ecosistema.

El deterioro y la degradación de suelos sabana Veragüense avanzan cada día más y se precisa realizar prácticas de manejo y conservación de suelos, que aseguren la sostenibilidad ambiental. Siendo estas áreas de laderas y pendientes pronunciadas, de vegetación escasa, sometidas a las lluvias cortas e intensas y a las sequías prolongadas, el proceso erosivo de los suelos se acelera, lo que conlleva a la pérdida de la capacidad de uso, resultando en una reducción significativa del potencial del área para producir alimentos y satisfacer las necesidades básicas, lo que afectan consecuentemente la calidad de vida en esta zona. No obstante, se observa que el uso que se le da a las tierras no corresponde a su uso vocacional, por lo que los problemas de degradación de suelos observados, están asociados a inadecuadas prácticas de manejo, como el sobrepastoreo, cultivo a favor de la pendiente, quemas y otros, debiendo orientarse las acciones hacia el mejoramiento del manejo de la explotación agropecuaria (ANAM 2004).

En este sentido, cobra importancia realizar este estudio, que permitirá identificar las áreas degradadas o en proceso de degradación, orientar la planificación del uso de la tierra y evaluar la aptitud de la tierra con respecto a las actividades que se desarrollan en la cuenca alta del río San Pedro (CARSP). Además permitirá plantear alternativas que contribuyan a detener o recuperar las tierras degradadas. Para el efecto se propone utilizar el esquema de evaluación de tierras de la FAO y complementarlo con el desarrollo de modelos de evaluación computarizada, para la cual se utilizara el Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES), asistido con procedimientos de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Evaluar las tierras en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá, tomando en cuenta las condiciones biofísicas y socioeconómicas con énfasis en aquellas que contribuyen en la degradación de suelos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar las características y cualidades biofísicas y socioeconómicas de las tierras de la cuenca alta del río San Pedro.
- Identificar las zonas vulnerables y en proceso de degradación de suelos en la cuenca alta del río San Pedro.
- Identificar espacialmente la aptitud de las tierras de la cuenca alta del río San Pedro, enfatizando en necesidades de recuperación de tierras degradadas para facilitar la planificación y la toma de decisiones sobre el manejo de la cuenca.
- Proponer una zonificación para el ordenamiento territorial enfocado a la recuperación de las tierras degradadas de la cuenca alta del río San Pedro.

1.1.3 Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las características biofísicas y socioeconómicas principales de la cuenca alta del río San Pedro?
- ¿Cuáles son las zonas de la cuenca del río San Pedro que se encuentran degradadas o que son altamente vulnerables a la degradación?
- ¿Cuáles son los tipos de uso de la tierra que existen en la cuenca alta del río San Pedro?
- ¿Cuál es la aptitud y el arreglo espacial de cada tipo de uso del suelo identificado en relación a la oferta biofísica y socioeconómica en la cuenca alta del río San Pedro?
- ¿Cuál es el escenario ideal de zonificación que contribuye a reducir o detener el proceso de degradación de suelos en la cuenca alta del río San Pedro?

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Conceptos básicos

2.1.1 Cuenca hidrográfica

Jiménez (2008) menciona que desde el punto de vista geofísico, la cuenca hidrográfica se define como una unidad natural, cuyos límites físicos son definidos por la divisoria superficial de las aguas, también conocida como “parteaguas”, que ante la ocurrencia de precipitaciones y la existencia de flujos o caudales base, permite configurar una red de drenaje superficial que canaliza las aguas hacia otro río, al mar, o a otros cuerpos de agua, como los lagos y embalses artificiales y naturales , desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión en la zona de menor altitud (Figura 1).



Figura 1 .Esquema de una cuenca hidrográfica

2.1.2 Gestión de cuencas hidrográficas

Faustino (2006) señala que la gestión de cuencas hidrográficas es el conjunto de procesos y actividades gerenciales y administrativas que se realizan para garantizar la implementación de planes o actividades técnicas dirigidas a materializar el manejo de una

cuenca hidrográfica. Además la gestión incluye el manejo, puesto que desde la formulación del plan se realiza gestión. Existen diferentes modalidades y estilos de gestión: participativa, comunitaria, social, institucional y gestión conjunta o cogestión.

2.1.3 Manejo Integral de Cuencas

Jiménez (2008) indica que el manejo integral de cuencas es el conjunto de acciones que se realizan para proteger, conservar, utilizar, aprovechar, manejar y rehabilitar adecuadamente los recursos naturales en las cuencas hidrográficas de acuerdo a los enfoques sistémicos, socioambiental, integral, multi e interdisciplinario, multi e intersectorial y del agua como recurso integrador de la cuenca. Promueve y busca la sostenibilidad ecológica, social y económica de los recursos naturales y el ambiente en el contexto de la intervención humana, sus necesidades y responsabilidades y del riesgo y la ocurrencia de desastres, principalmente de origen hidrometeorológico.

2.2 La evaluación de la tierra

FAO (1976) y FAO (2003a) indican que la evaluación de la tierra es el proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos y sociales. Además considera los aspectos económicos del uso propuesto, sus consecuencias sociales para la gente del área y del país en general y las repercusiones, benéficas o adversas para el medio ambiente.

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (1996), la evaluación de tierras constituye un vínculo entre el inventario, el reconocimiento básico de recursos y la adopción de decisiones sobre la planificación y el ordenamiento del uso de la tierra. Además la zonificación biofísica mediante la evaluación de las aptitudes de las tierras, constituye un insumo para el Plan de Ordenamiento Territorial, lo cual asegura un desarrollo ecológico, económico y socialmente viable.

FAO (1985) señala que la evaluación de la tierra es la valoración de la explotación de la tierra cuando se utiliza con propósitos específicos. En este sentido, ofrece una base racional

para tomar decisiones relativas al uso de la tierra basadas en análisis de las relaciones entre la utilización de la tierra y la tierra misma, con estimaciones de los insumos necesarios y de la producción proyectada.

Debelis (2003) menciona que el resultado surge de la confrontación de las características de la tierra, expresadas como cualidades, con las exigencias de los tipos de utilización, que puede ser cultivos diversos, pasturas, pastizal, uso forestal, entre otros; expresado como requerimientos de los tipos de utilización.

Rositer (1994) señala que existen diversas definiciones del proceso de evaluación de tierras, al respecto considera dos aspectos importantes para comprender la definición: a) El problema: el uso inapropiado de la tierra conduce a una explotación ineficiente de los recursos naturales, la destrucción del recurso tierra, pobreza, problemas sociales, entre otros. b) Parte de la solución: la evaluación de tierras conduciendo hacia una planificación racional del uso de la tierra para un uso apropiado y sustentable de los recursos naturales y humanos.

2.3 Métodos de evaluación de tierras

Según FAO (2003a) mundialmente se ha desarrollado un gran número de sistemas para la evaluación de tierras, con diferentes enfoques, desde los métodos convencionales bien establecidos, hasta el desarrollo de índices de productividad y modelos de simulación matemática. Existen diversos métodos de evaluación de tierras, desde muy generales a muy específicos, dirigidos a orientar acciones de seguimiento o administración (medidas de corto plazo) y labores de planificación, entendida como el proceso de distribución de usos de la tierra.

2.3.1 Métodos de evaluación cualitativos

Existen una serie de metodologías, modelos y programas desarrollados bajo un enfoque cualitativo, entre los que se destacan los siguientes:

2.3.1.1 Clasificación por Capacidad de Uso (USDA)

Fue desarrollado en 1961 por Klingebiel y Montgomery en los Estados Unidos, es uno de los sistemas más divulgados. Este sistema consiste en agrupar unidades de tierra que tengan respuestas comparables a su manejo y limitaciones o riesgos de degradación (FAO 2003a).

Según Klingebiel y Montgomery, (1961) es una evaluación general de la capacidad de la tierra, sin referirse a cultivos específicos, priorizando la agricultura como el uso preferencial y con énfasis en la conservación de suelos.

León (1994) menciona que el sistema tiene ocho clases de capacidad de uso, iniciando por una primera clase óptima para efectos agrícolas y clases subsecuentes que incorporan progresivamente el riesgo al deterioro del suelo hasta llegar a la clase ocho, que presenta serias limitantes que impiden el crecimiento de todo tipo de planta o cultivo.

2.3.1.2 Clasificación de Tierras para usos con riego (USBR)

Este sistema de clasificación es muy aplicado para evaluar proyectos de riego. Además se analiza en forma integral los factores físicos, sociales y económicos. Las nuevas tierras de riego se evalúan con base a la capacidad de pago favorable, la que depende de una serie de factores (costo global de las obras de riego y drenaje, prácticas de manejo, precios de los productos en los mercados, administración, condiciones climáticas, etc.). El criterio financiero de la capacidad de pago favorable es convertido en un juego de criterios físicos, como factores de suelos (drenaje y topografía), pero sin especificaciones universales. Cada proyecto se debe evaluar bajo sus condiciones locales. No es un sistema que de opciones de mejor uso: se evalúa solamente una opción de riego y las alternativas no forman parte de la clasificación. (USBR, 1953)

2.3.1.3 Sistemas de tierras de Australia

Es un sistema holístico que corresponde a la identificación y evaluación de áreas que sean similares en cuanto a patrones de vegetación, suelos, uso, geología, hidrología y

topografía, visibles en fotografías aéreas. En estudios más detallados se adapta el método combinado de interpretación visual con trabajo de campo, para analizar las variables que no se pueden interpretar simplemente de las fotografías aéreas (FAO 2003a).

2.3.1.4 Sistema del Centro Científico Tropical (CCT)

Esta desarrollado hacia la determinación de la capacidad de uso de las tierras en Costa Rica de acorde a sus propias condiciones y necesidades. Este método divide a la tierra en 10 clases y un total de 11 tablas distintas (zonas de vida), las cuales difieren entre sí principalmente en cuanto al número de clases y a los rangos de los valores numéricos de los parámetros. Cada clave consta de trece parámetros agrupados en factores climáticos, topográficos, edáficos y drenaje. Además para las condiciones físicas (edáficas) y climáticas normales el sistema tiene un orden jerárquico establecido, el cual acepta que la unidad de tierra pueda usarse en la actividad de la clase resultante o que también pueda utilizar esa tierra para las actividades de las clases inferiores a esta, pero no se debe usar para las actividades o grupo de plantas de las clases superiores a la misma (CCT 1985).

2.3.1.5 Ponderación Potencial de Suelos (Soil Potential Rating USDA, 1983)

Son clases que indican la cualidad relativa de suelos para un uso particular. Se basa en el concepto del Esquema de FAO. Evalúa las tierras comparando su productividad con la de un suelo de referencia. Se considera el rendimiento, el costo relativo de tecnología para minimizar los efectos de las limitaciones, los efectos negativos en valores sociales, económicos y medioambientales. Es una ponderación apta para planificación y no para recomendaciones de usos de la tierra (FAO 2003a).

2.3.1.6 Esquema de Evaluación de Tierras de la FAO

Es un esquema que se orienta sobre los principios, conceptos, la estructura y los procedimientos que deben guiar la creación y aplicación de sistemas de evaluación de tierras, orientado a usos específicos. Además puede manejarse a diferentes escalas, y para una amplia gama de usos de la tierra. Es un sistema abierto, hace falta desarrollarlo en cada caso. No

establece jerarquías entre los distintos usos y se basa en aptitudes y no en limitaciones (Debelis 2003). El Cuadro 1 muestra la estructura general del sistema de evaluación de tierras definido por FAO.

Cuadro 1. Sistema de evaluación de tierras de la FAO

<i>Estructura</i>	<i>Descripción</i>
Orden de aptitud	Expresa si una unidad es apta o no para un uso determinado
Clase	Hace referencia a los grados de adaptabilidad. Para el orden apta existen las clases <i>Altamente apta</i> (A1), <i>Moderadamente apta</i> (A2) y <i>marginalmente apta</i> (A3). Para el orden no apta se tienen las clases <i>no apta actualmente</i> (N1) y <i>no apta permanentemente</i> (N2)
Subclase	Indica el tipo de limitación presente, y se muestran con una letra a continuación de la subclase (p.e. A2m)
Unidad de aptitud	Expresa las variaciones de la subclase debido a su producción o por exigencias de manejo. Se expresan con un número arábigo precedido de un guión (p.e. A2m-1, A2m-2)

Fuente: FAO (1985)

2.3.2 Métodos paramétricos

Según Rossiter (1994) menciona que los métodos paramétricos incluyen todos los métodos semi-cuantitativos en los cuales la relación entre la productividad y las características de la tierra son expresados como factores ponderados en una función matemática simple. El mismo autor indica que el resultado de esta función se usa para valorar diferentes usos en un área específica. Además presenta la limitación que no está basado en un enfoque de análisis de sistemas integrados.

2.3.2.1 Índice Storie o Índice de Tierra

Según FAO (2003a) es un índice multiplicativo desarrollado en los Estados Unidos, con el objetivo de expresar una ponderación para una zonificación de suelos o para una

tasación. Es un índice para expresar la influencia de los factores de suelos en conjunto sobre la productividad de cultivos, en el cual se asigna a cada factor de suelo un porcentaje de un valor ideal para luego multiplicarlos. El índice de Storie se calcula utilizando la siguiente función matemática:

$$SIR = A * B * C * X$$

Donde:

A: factor de suelo determinado por la profundidad, la permeabilidad y la pedregosidad

B: factor de textura

C: factor de pendiente

X: misceláneos

Debelis (2003) indica que en el índice de Storie no incluye factores de manejo ni factores climáticos. Establece 6 clases (1, 2 y 3 para fines agrícolas; 4 para uso agrícola muy limitado, 5 para pastos y 6 sin uso). Las ventajas son la elección de los factores considerados, su ponderación y la validez de las interacciones multiplicativas.

2.3.2.2 Índice de Pierce

Bautista (2005) menciona que es un índice de productividad desarrollado para estimar el potencial relativo de productividad de suelos erosionados con base a un pequeño grupo de variables de suelo como la capacidad de retención de humedad, la densidad aparente, el pH, un factor de peso y los estratos del suelo. FAO (2003a) menciona que índice de Pierce se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Pierce (IP): } \sum_{i=1 \dots n} (A_i * C_i * D_i * WF_i * I_i)$$

Donde:

A_i : capacidad de retención de humedad

C_i : densidad aparente

D_i : pH

WF_i : factor de peso

I_i : estratos del suelo

2.3.3 Evaluación Cuantitativa

Hoy en día se colectan muchos datos puntuales en el espacio y el tiempo, que permiten realizar estimaciones cuantitativas de la relación entre suelos y uso, especialmente para la relación entre la productividad y los factores edáficos, climáticos y de manejo. Para ello se han desarrollado una gran cantidad de modelos de simulación, basados en el concepto de sistemas analíticos (Debelis 2003).

Según FAO (2003a) los modelos, en general, requieren de mucha información sobre el nivel de manejo de cada cultivo y las especificaciones de los insumos dentro de estos. El rendimiento está estimado sobre la base de promedios de largo plazo y considerando su variabilidad. Otro uso de los modelos es el de predecir la respuesta de las cualidades del suelo. La principal limitante de estos modelos es que requieren datos muy detallados y que a menudo han sido probados en áreas muy específicas. Sin descartar su importancia, estos no son siempre aplicables por falta de conocimiento e información cuantificada, siendo su ventaja principal la posibilidad de estimar la producción de cualquier cultivo en cualquier lugar, previa calibración y validación. Entre los modelos de evaluación cuantitativa se encuentran los modelos de balance hídricos (ej: CROPWAT), los modelos de erosión (ej: EPIC, RUSLE), los modelos de crecimiento de cultivos (ej: WOFOST, CROPSYST, CERES- maíz y CERES – trigo)

2.3.3.1 Sistema automatizado de evaluación de tierra (ALES)

Según FAO (2003a) el Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (Automated Land Evaluation System, ALES) es un programa de computación que permite a los evaluadores de tierras construir “sistemas expertos” para sus evaluaciones, de acuerdo al Esquema de FAO. Está diseñado para su uso en evaluación de tierras tanto a escala regional como local; las entidades evaluadas por el ALES son las unidades cartográficas, las cuales pueden ser definidas ampliamente, como en estudios de reconocimiento y factibilidad general; o detalladamente, como en estudios detallados sobre recursos y en planificación a nivel de finca (Rossiter *et al* 1995). El mismo autor menciona que ALES tiene dos objetivos que son:

- a) Proporcionar una solución a la demanda de información proveniente de agencias crediticias

(bancos entre otros), Ministerios y oficinas de desarrollo (urbanas o rurales), con la finalidad de planificar y recomendar el uso racional de la tierra, utilizando las técnicas de planificación del uso de la tierra, principalmente para el desarrollo agrícola; b) Planificar el uso de la tierra, tomando en cuenta los aspectos políticos (inicio de la planificación) y el racional o técnico (asegura la factibilidad de los planes). Tomando en consideración que cada una de las áreas sea usada de tal manera que provea al máximo beneficio social, incluyendo especialmente de alimentos sin la degradación de los recursos.

Jarquín (2000) menciona que ALES está construido como un sistema experto para determinar la aptitud física y económica del uso de la tierra en unidades de mapeo homogéneas, utilizando el sistema de evaluación de tierras de la FAO. El modelo se confecciona mediante árboles de decisión de orden jerárquico, construidos con características de la tierra y con criterios lógicos, resultando clasificaciones, cualidades y aptitud de la tierra.

Celada (1993); Orozco (1993); León (1994); Camas (1995); Ugalde (1995); Rodas (1996); Vallejos (1997); Laínez (1997); Jarquín (2000); Monzón (2003); Parrado (2004); Bautista (2005), son ejemplos de experiencia en la evaluación de tierra aplicando ALES. Camas (1995) indica que cada una de las experiencias donde se ha utilizado, ha servido como una herramienta valiosa, que facilita el manejo de datos, información, el análisis y la toma de decisiones, dinamizando el sistema.

2.3.3.2 Componentes de ALES

Según Rossiter *et al* (1995) ALES posee los siguientes componentes: un esquema para una base de conocimientos que describe los usos propuestos en términos físicos y económicos; un esquema para una base de datos que describe las áreas que están siendo evaluadas; un mecanismo de inferencia para relacionar los dos anteriores. Con este mecanismo se calcula tanto la aptitud física como la aptitud económica de un grupo de unidades cartográficas, dado un grupo de usos de la tierra propuestos; una facilidad de explicación que permite al que construye los modelos entenderlos y afinarlos; un modo de consulta que permite al usuario ocasional buscar información de cada uno de los usos de la tierra en forma sistemática; un

generador de informes (en la pantalla, en una impresora o en un archivo de disco) y un modulo para importar/ exportar el cual permite el intercambio de datos con bases de datos externas, sistemas de información geográfico, y hojas de cálculo. Este incluye la interface ALIDRIS con el sistema de información geográfico IDRISI versión 15 The Andes.

2.3.3.3 Construcción del modelo ALES

Rossiter *et al* (1995) menciona que en ALES los modelos son construidos de una manera interactiva y aumentativa, por lo tanto, es importante hacer un claro diseño de los mismos. Sin embargo, no es necesario que todos los aspectos particulares de la construcción de un modelo en ALES sean determinados antes de comenzar su construcción. En particular, debe hacerse la verificación en un modelo preliminar antes de que mucho esfuerzo sea empleado en la evaluación, o en un intensivo ingreso de datos.

En este sentido se describe a continuación una secuencia de acciones en la construcción de modelos en ALES: a) Seleccionar algunos Tipos de Utilización de la Tierra (TUT) representativos de la zona de estudio; b) Expresar estos en términos de sus Requisitos de Uso de la Tierra más importantes (RUT); c) Determinar cuáles características de la tierra están disponibles para formar la base de la evaluación; e) Construir los árboles de decisión para relacionar las características de la tierra con los Requisitos de Uso de la Tierra; f) Recolectar los parámetros económicos (precios, por ejemplo) g) Seleccionar algunas unidades cartográficas representativas o bien distribuidas h) Recolectar e ingresar los datos de las características de la tierra de dichas unidades.

Además una vez que se construye el modelo preliminar, y son ingresados los datos para un representativo grupo de unidades cartográficas, se puede calcular una matriz de evaluación, que muestre la valoración de cada unidad cartográfica para cada TUT así como:

- Las subclases de aptitud física
- El valor presente estimado de los ingresos, egresos y el neto
- La relación beneficio/costo de esos flujos descontados de capital
- La tasa interna de retorno de los flujos descontados de capital

- Los diferentes flujos de capital pronosticados: ingresos, egresos y neto (es decir, el margen bruto)
- Las clases de aptitud económica basadas en el flujo descontado de capital o en el margen bruto
- Los rendimientos esperados de los cultivos u otros productos
- La valoración para cualidades de la tierra sencillas
- La cantidad necesaria de un insumo para implantar el TUT

2.3.3.4 Evaluación física vs. Evaluación económica

Rossiter *et al* (1995) señala que una decisión importante que debe tomar el evaluador es si evaluar la tierra solamente en términos físicos, o en términos físicos y económicos. El resultado de una evaluación física son aptitudes relativas de un grupo de TUT, para cada área de tierra, basadas dichas aptitudes en criterios del evaluador. Dentro de un solo TUT, esto puede ser muy útil. Sin embargo, cuando se comparan Tipos de Utilización de la Tierra, una evaluación física no tiene una base común. Si estamos tratando de determinar el mejor uso para un área de tierra, necesitamos poder comparar de alguna forma las aptitudes para los diferentes usos.

En este sentido, puede suceder que una tierra calificada en términos físicos como ‘muy apta’ para un determinado TUT, pero apenas ‘marginamente apta’ para otro, puede preferentemente ser usada por los productores con el segundo TUT y no con el primero como sería de esperarse. Esto debido a que los productores de alguna forma tratan de optimizar el uso de la tierra de acuerdo con criterios distintos a la adaptabilidad del cultivo. Regularmente los criterios de optimización están fuertemente basados en factores económicos, así como también en factores sociales y culturales que verdaderamente pueden jugar un rol muy importante.

2.3.3.5 Evaluación física

En una evaluación física, las unidades cartográficas (UC) son asignadas a clases de aptitud física, las cuales indican una relativa aptitud, desde 1 (mejor) hasta un número máximo

especificado por el evaluador. Por ejemplo, en el esquema de la FAO, hay cuatro clases de aptitud física: 'A1', 'A2', 'A3/N1' y 'N2'. El límite entre 'A3' y 'N1' es definido solamente en términos económicos, por lo que en una evaluación física estas dos clases son agrupadas en una sola. ALES en este sentido le da al evaluador más flexibilidad puede usar cuatro clases, pero si un mayor o menor número le parece apropiado, puede definir el TUT con ese número. Por ejemplo si necesita solamente separar apto de no apto (es decir las clases de la FAO 'A' y 'N'), definirá un TUT de dos clases. Esto se recomienda si se va a desarrollar un análisis económico. De otra manera, si el evaluador piensa que puede caracterizar más clases, puede especificar más de cuatro. Además una evaluación física se usa frecuentemente para evaluar riesgos (p. ej. de degradación), aun si se desarrollará también una evaluación económica para determinar el uso óptimo de la tierra. La evaluación económica igualmente puede ser útil para agrupar UC de acuerdo a sus limitaciones y otras cualidades de la tierra que conlleven a diseñar estrategias de manejo (Rossiter *et al* 1995).

2.3.3.6 Evaluación económica

Rossiter *et al* (1995) ALES siempre intenta, después de haber calculado una evaluación física, calcular una evaluación económica. Esto se debe a que el cálculo de la evaluación física precede el de la aptitud económica, aquellas tierras valoradas como no aptas físicamente no serán consideradas para el uso sin importar los aspectos económicos. Además ALES no efectuará un análisis económico en aquellas tierras ubicadas en la peor clase de aptitud física (aquella designada con el número mayor), ya que siempre se asume que ésta corresponde a la clase 'N2' de la FAO, es decir, físicamente no apta para el uso.

ALES desarrolla dos tipos de evaluación económica: a) El análisis de margen bruto y b) El análisis de flujo descontado de capital. El margen bruto se define como los costos variables y retornos, en unidades de dinero por año, sin considerar los costos fijos de las unidades económicas (por ejemplo la finca). El análisis de margen bruto es satisfactorio para analizar TUT que no contemplan mejoras de capital, sino solamente costos y egresos recurrentes. En ALES generalmente el análisis económico no incluye los costos fijos de la unidad de producción, porque estos no dependen del área de tierra de la finca, excepto de una

manera indirecta. Además utiliza los siguientes parámetros de medida en el flujo descontado de capital que son: a) el valor presente neto estimado (VPN), b) la relación beneficio/costo del valor presente de los ingresos, comparado con el de los egresos y c) la tasa interna de retorno (TIR) para cada par de UC-TUT. El VPN es medido en una escala continua, dinero por unidad de área y por plan, donde plan se refiere al horizonte de planificación, es decir la vida útil del proyecto. La relación beneficio/costo es adimensional, y refleja la ganancia que se puede obtener al invertir en el proyecto una unidad de la medida monetaria.

En este sentido, el parámetro de medición de la aptitud económica en el análisis de margen bruto es el margen bruto estimado para cada par de UC-TUT. Este es medido en una escala continua, dinero por unidad de área y por año, es decir, el flujo de capital sobre la vida útil del proyecto es normalizado a una base anual.

2.4 Los Sistemas de información geográfica (SIG)

Según Morales y Saavedra, (1998) un SIG, es un sistema informatizado de la almacenamiento, análisis y recuperación de datos, en el que los datos se hallan identificados por sus coordenadas geográficas.

Valenzuela (1993), menciona que el SIG, es un sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, representación y salida eficiente de datos espaciales y atributos de acuerdo a especificaciones y requerimientos concretos; además de considerarse como una combinación de software y hardware capaz de manipular entidades que contengan propiedades de localización y atributos.

Para Velásquez y Brenes (2008) los SIG, como un sistema conformado por equipos y programas utilizados para almacenar, recuperar analizar y representar datos geográficos. Además también incluyendo al personal operativo y los datos que se meten en el sistema. Además, para los datos primarios como son las características climáticas y del suelo, es posible utilizar un SIG para calcular el peligro de erosión.

FAO (1993) menciona que una de las razones más fuertes para implementar un enfoque automatizado de la planificación de recursos es la capacidad para cambiar con rapidez y facilidad las interrogantes, escenarios y supuestos. Además los tipos de interrogantes están limitados únicamente por quienes confeccionan las políticas y por los planificadores. Sin embargo se puede realizar un análisis complejo en un tiempo breve, utilizando una combinación de análisis simple como la superposición de mapas y operaciones booleanas en SIG. En este sentido los SIG ofrecen una serie de ventajas y desventajas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ventajas y desventajas de los SIG

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Datos físicamente almacenados en forma completa • El mantenimiento y recuperación de datos pueden ser realizados a costos más bajos • Posibilita una gran variedad de modelos cartográficos con una mínima inversión de tiempo y dinero • Datos espaciales y no espaciales pueden ser analizados simultáneamente en una forma racional • Los modelos conceptuales pueden ser probados rápida y repetidamente, facilitando su evaluación • Los análisis de cambios temporales pueden ser efectuados eficientemente • La adquisición de datos, análisis espacial y procesos de toma de decisiones son integrados en un contexto común de flujo de información 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos y problemas técnicos para convertir datos analógicos en formato digital • Falso sentimiento de una mayor confiabilidad y precisión • Alto costo de adquisición de equipos y programas necesarios

Fuente: Antezano (2001)

Según León (1994), la factibilidad de intercambiar información con otros sistemas computarizados brinda posibilidades adicionales de modelación o análisis, ya que mediante archivos ASCII o con interfases automáticas es posible exportar o intercambiar resultados o información a otros SIG o sistemas de evaluación como el Sistema Automatizado para Evaluación de Tierra (ALES).

2.5 La degradación de la tierra

FAO (1984) indica que la degradación de la tierra es un proceso insidioso pocas veces un terreno rinde al máximo un año determinado y es improductivo al siguiente. El rendimiento de los cultivos va disminuyendo a medida que avanza la degradación. Con el tiempo, cambia también el uso que se da a esa tierra: la tierra cultivable se convierte en tierra de pastoreo, luego se cubre de maleza y finalmente se torna árida. El resultado final no se puede distinguir de una simple pérdida de tierra. Además muchas tierras para cultivo de buena calidad se destinan en la actualidad a usos no agrícolas. Siendo las principales causas: la expansión urbana, la construcción de carreteras, la minería, la industria y las actividades de esparcimiento. Lamentablemente, las tierras para cultivo que desaparecen son generalmente las de mejor calidad.

Stocking y Murnaghan (2003) mencionan que las causas más frecuentes de degradación de la tierra son: a) El pastoreo excesivo de tierras marginales b) La sobre-explotación agrícola de las tierras c) Inundación y salinización de las tierras de regadío d) La deforestación e) Contaminación y causas industriales. Además el autor menciona que hay que incorporar una gran variedad de causas individuales como el uso agrícola de tierra de bajo potencial, la no aplicación de medidas de conservación en áreas con riegos de degradación y la eliminación de todos los residuos del cultivo.

Oldeman (1994) señala que en conjunto, la erosión hídrica (10.94 millones de km²), la erosión eólica (5.49 millones de km²), la degradación química (2.39 millones de km²) y la degradación física (0.83 millón de km²) afectan, en diferentes niveles de intensidad, casi 20 millones de km², esto es, 15% de la superficie global de tierras, o aproximadamente 66% de

las tierras potencialmente arables en todo el mundo. Estas cifras, muy posiblemente, están por debajo de la extensión real de tierras degradadas. A escalas más grandes, los datos son más precisos, revelando proporciones mayores de degradación.

1.3.1 Procesos de degradación de la tierra

2.5.1.1 *Degradación química*

En Centroamérica, los procesos de degradación química del suelo afectan a un 11 % de la extensión de terreno degradado (Oldeman 1994). La importancia relativa de cada una de estas formas de degradación varía mucho de un continente a otro.

Arosemena (1995) señala que las causas más importantes de la degradación química del suelo son el manejo inadecuado (56%) y la deforestación, mientras que las actividades industriales contribuyen en gran medida a la contaminación de los suelos. Los principales procesos de degradación química del suelo son:

a) Acidificación: la acidificación o aumento de la concentración de iones H^+ en el suelo se produce por múltiples causas, tanto naturales como (lavado de cationes por el agua lluvia, descomposición microbiana de la materia orgánica del suelo), como inducidas por las prácticas agrícolas (abonos acidificantes) o la contaminación exterior (lluvias ácida).

b) Salinización: el exceso de sales solubles en la solución acuosa del suelo produce un efecto de deshidratación de la planta, análogo al que se presenta en condiciones de sequía. Algunos suelos de zonas áridas y semiáridas son salinas por naturaleza o a consecuencia del manejo inadecuado del riego y la falta de drenaje. En zonas húmedas en que la pluviometría supera a la evapotranspiración, la acción de lavado de la lluvia impide la existencia de suelos de naturaleza salina.

c) Pérdida de materia orgánica (MO) y nutrientes: la transformación de grandes extensiones de cultivos, unida a la sustitución del empleo de abono orgánico por fertilizantes minerales, conduce a una disminución del contenido en MO de los suelos, con la consiguiente

pérdida de fertilidad. En este sentido también se reduce la fertilidad al cultivar suelos pocos fértiles con aportes de nutrientes minerales insuficientes para reponer las cantidades extraídas con los cultivos. Además existen algunas soluciones que se deben tomar en cuenta para minimizar este proceso como lo es, la rotación de cultivos y en la aplicación de prácticas agrícolas adecuadas.

d) La polución: pueden presentarse de muchas formas diferentes de contaminación de los suelos, originadas en focos contaminantes muy variados (acumulación de plaguicidas, metales pesados, residuos de aceites y combustibles líquidos, entre otros).

2.5.1.2 *Degradación física*

El fenómeno más importante de degradación física es la compactación. En su mayoría se debe al empleo de maquinaria agrícola pesada y al sobre pastoreo, combinados con condiciones de humedad elevada del suelo, y tiene una gran influencia en el crecimiento de las plantas. La reducción del drenaje y la aireación que acompañan a la compactación del suelo promueven el enraizamiento superficial, lo que trae como consecuencia la pérdida de la cubierta vegetal, por consiguiente pueden ser necesarios cultivos de raíces profundas que se plantan selectivamente para romper el sustrato duro. Otros fenómenos de degradación física son: la formación de costras superficiales por partículas finas liberadas al romperse los agregados, que se produce cuando la cubierta del suelo no está suficientemente protegida, y las inundaciones de los suelos por los ríos, a consecuencia de la intervención humana en los sistemas naturales de drenaje (Arosemena 1995).

2.5.1.3 *Erosión eólica*

Según FAO (1984) la erosión eólica, una de las causas principales de la desertificación, afecta a vastas zonas del mundo. Esta erosión se produce cuando el suelo pierde la vegetación, y es particularmente aguda en las zonas áridas y semiáridas cuando el número de reses y pastoreo son excesivos.

Loomis y Connor (2002) mencionan que la erosión eólica, corresponde al movimiento de material del suelo a partir de la acción del viento. Este proceso conforma un riesgo principalmente en zonas áridas y semiáridas debido a la sequedad del terreno, lo que se ve acrecentado si los vientos son más frecuentes. Esta erosión presenta un comportamiento bastante diferente de la erosión hídrica, ya que de acuerdo al tipo de agregado del suelo (arcilla, limo o arena) dependerá el traslado de las partículas y su desagregación.

2.5.1.4 Erosión hídrica

Según FAO (1984) es la forma más común de erosión, que causa daños masivos en casi todos los países en desarrollo. Se produce cuando se cultivan tierras escarpadas sin tomar las debidas precauciones o se dejan expuestas a la acción de las lluvias intensas tierra con pendientes suaves. La erosión hídrica causa dos tipos de problemas: 1) una pérdida de productividad agrícola in situ y 2) un arrastre de sedimento aguas abajo. Además menciona que existen: a) la erosión laminar que es la erosión más o menos uniforme de la superficie de un terreno, b) la erosión en surcos es la acentuación de depresiones naturales ocasionadas por la escorrentía superficial, c) la erosión en cárcavas que produce profundas fisuras en tierras que serían cultivables, d) la erosión de riberas que convierte a los arroyos rápidos y profundos en cursos de agua que serpentean entre bancos de fangos, la cual puede provocar importantes pérdidas de tierra labrantías.

Oldeman (1994) indica que a escala global, la erosión hídrica es el proceso dominante en la degradación de suelos inducida por intervenciones humanas, el cual afecta a cerca de 11 millones de km² (8.5% de los 130 millones de km² de tierras en la superficie del globo terráqueo).

2.6 Metodologías para la evaluación de tierras degradadas

La pérdida de productividad y funciones ecológicas de la tierra es gobernada por procesos dinámicos que evolucionan en el tiempo y en el espacio. Por lo tanto, la evaluación de la degradación de la tierra no puede ser limitada a una sola encuesta del estado actual de la

tierra y a una evaluación de la naturaleza, la severidad y la extensión de las degradaciones tal como se encuentra en un determinado momento. Es una actividad que requiere la comprensión de las tendencias pasadas y presentes reuniendo sus causas e impactos, una proyección de las futuras tendencias y un análisis de los factores y los procesos que tienen influencia sobre los mismos. La pérdida de la productividad o de las funciones de la tierra requieren del conocimiento de cuanto eran esa productividad y esas funciones en el pasado inmediato, por tanto, se encuentra la necesidad de una evaluación del valor de los bienes y servicios proporcionados por la tierra que está siendo degradada tal como se expresa a través de su productividad y utilidad (FAO 2003b).

Guangwei (s.f.), sostiene que la base de cualquier sistema de información de tierras debe contener un RS (Remote Sensing), GIS y el modelo, los cuales pueden ser expresados con la siguiente fórmula: los datos espaciales + los datos estadísticos + los datos de atributo + modelación, de tal forma que con este método de múltiples integraciones de datos, la conversión y la extracción son posibles. Asimismo sostiene que el procedimiento a seguir para realizar una investigación de degradación de tierras, se puede resumir de la siguiente manera: realizar la cartografía completa de tipo y cobertura de tierra, y un estudio de Índice de vegetación; construcción de una base de datos de las características de la tierra; construcción de un sistema información de tierras, basado en la digitalización de mapas dentro de ARC/INFO, ILWIS u otro programa; establecer y aplicar un sistema de información de Tierra, en donde las unidades del tipo de la tierra, integrado con cobertura de tierra e índice de vegetación, son comparados con sistemas de clasificación de degradación de tierra; reinterpretación del mapa de tipo de tierra en un mapa de degradación de tierras; conversión y reedificación de datos Estadísticos.

Chikhaoui *et al* (2003) sostienen que los sensores remotos es una alternativa apropiada para analizar y evaluar los riesgos de expansión de tierras degradadas. Para esto en los mismos autores en un estudio realizado en el mediterráneo, utilizaron el sistema ASTER, por sus siglas en ingles (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), y medidas de suelo espectro radiométricas. El estudio realizado llevo a cabo al desarrollo y evaluación de una nueva medida espectral para expresar las tierras degradadas. Este índice fue llamado LDI,

por sus siglas en ingles (Land Degradation Index), demostrando los resultados obtenidos que LDI proporciona resultados más exactos para trazar degradación de tierra (Kappa = 0,79) comparado al método de SAM por sus siglas en ingles (Spectral Angle Mapper) (Kappa = 0,61).

De Moraes *et al* (2000), en un estudio para evaluar la degradación de las tierras en la región norte y oeste de la Ciudad de Campiña Grande, en Brasil, utilizaron una metodología la cual incluyo el uso y procesamiento digital de imágenes satélite TM/LANDSAT-5, para luego realizar un interpretación visual y correlación de datos en campo. Para el análisis digital utilizaron el método Maxver (Gaussian Maximum Likelihood Classifier), cuyos resultados fueron satisfactorios para el estudio, permitiendo mapear las principales áreas degradadas en el área de estudio.

2.7 Medidas para la recuperación de las tierras degradadas

La acción de rehabilitación de suelos degradados para el uso agropecuario según CORPOICA (1999) se debe de fundamentar sobre dos ejes conceptuales: el primero será en la generación de información de carácter tecnológico sobre causas, grado y severidad de la degradación de los suelos y las correspondientes prácticas de manejo y conservación que pueden adelantarse, de acuerdo a las potencialidades de la región. El segundo será la transferencia de tecnología bajo la convicción de que los productores son los protagonistas centrales en la tarea de manejar y preservar los recursos naturales, entre ellos el suelo.

Existen diversas tecnologías que son útiles para poder iniciar procesos de recuperación de áreas degradadas, ya sea por la vía física, química o biológica. Una de ellas es el de mantener el suelo con un alto número de especies arbóreas que emitan raíces de diversidad de diámetros y ejerzan altas presiones, con la finalidad de mejorar las propiedades físicas del suelo, permitiendo la infiltración del agua y la entrada de oxígeno y salida de gas carbónico. Igualmente existen mecanismo de conservación y transferencia de nutrientes los cuales son entre otros la alta cantidad de biomasa de las especies leñosas y el abundante aporte de

hojarasca, liberando las sustancias nutricionales para que sean absorbidos por la densa red de raíces finas que se encuentran en la superficie del suelo (CORPOICA 1999).

En este sentido el CIFP (2002) realizó un estudio para determinar la importancia de la rehabilitación de tierras severamente degradadas con una especie foránea (*Pinus caribaea var Hondurensis*, con 25 a 34 años de plantada) en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Donde se encontró un importante nivel de recuperación de la vegetación nativa (Índice Shannon-Wiener), disminución de la compactación (por la acción de las raíces) en los primeros 20-30 cm de profundidad, mayor actividad microbiana (hongos, aeróbicos, anaeróbicos y actinomicetos), recuperación de la microbiología del suelo (producto de la acumulación de materia orgánica), el cambio en las condiciones microclimáticas, mayor cantidad de aves en el sotobosque de especies nativas de la vegetación natural bajo el dosel del pinar y mayor biodiversidad de la clase insecta en el sotobosque no perturbado que en las sabanas antrópicas, entre otros.

Collinet y Mazariegos (1995) sostienen que la incorporación de abonos orgánicos al suelo aumenta significativamente los rendimientos, sin embargo sus efectos sobre el mismo suelo son variables, por lo que la elección de un tratamiento adecuado debe de apoyarse sobre argumentos científicos y socioeconómicos. Por ejemplo en la investigación realizada por su persona los rendimientos fueron un poco mejores con gallinaza durante los primeros 2 años, luego se notaron los mismos rendimientos con la gallinaza y madre cacao. Ahora considerando la preferencia socioeconómica esta debería de estar dirigida al tratamiento madre cacao ya que es mejor buscar una producción local de material orgánico en lugar de comprarlo y la gallinaza dependen mucho del buen funcionamiento del mercado pudiendo fluctuar su precio en cualquier momento.

Se requieren de tecnologías que contribuyan a la rehabilitación de las cuencas, acordes con el nivel de ingresos y costumbres de los productores. Las prácticas deben de ser eficientes y de bajo costo, utilizar recursos locales y no afectar el ambiente ni modificar drásticamente los patrones de uso de mano de obra de los productores (Fassbender 1993).

Jiménez et al. (1998) reportaron en un estudio realizado en la microcuenca del río Cañas en El Salvador, que después de la aplicación de dos tipos de abono orgánico: gallinaza y follaje de mata ratón (*Gliricidia sepium*), que ambos tratamientos produjeron un incremento del 25% en la producción de maíz, y en el caso del frijol con la incorporación de la *Gliricidia sepium* se aumentaron considerablemente los rendimientos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio se ubica entre las coordenadas geográficas 81° 01' y 81° 15' de longitud Oeste y 7° 59' y 8° 16' de latitud Norte. Comprendiendo la totalidad de la Provincia de Veraguas incluye los territorios de Llano Grande, Río de Jesús, La Peña, San Pedro del Espino en una superficie de 412 km² con un perímetro de 132,26 km. Limita al norte con la cuenca del Río Santa María con los cerros Santa Rita, Valilla, Campana, Cerro Tambor y La Mina. Limita al Sur con la parte media del Río San Pedro y el Río Martín Chiquito y al Este con la cuenca del Río Santa María, y al oeste con la cuenca del Río San Pablo (Figura 2).

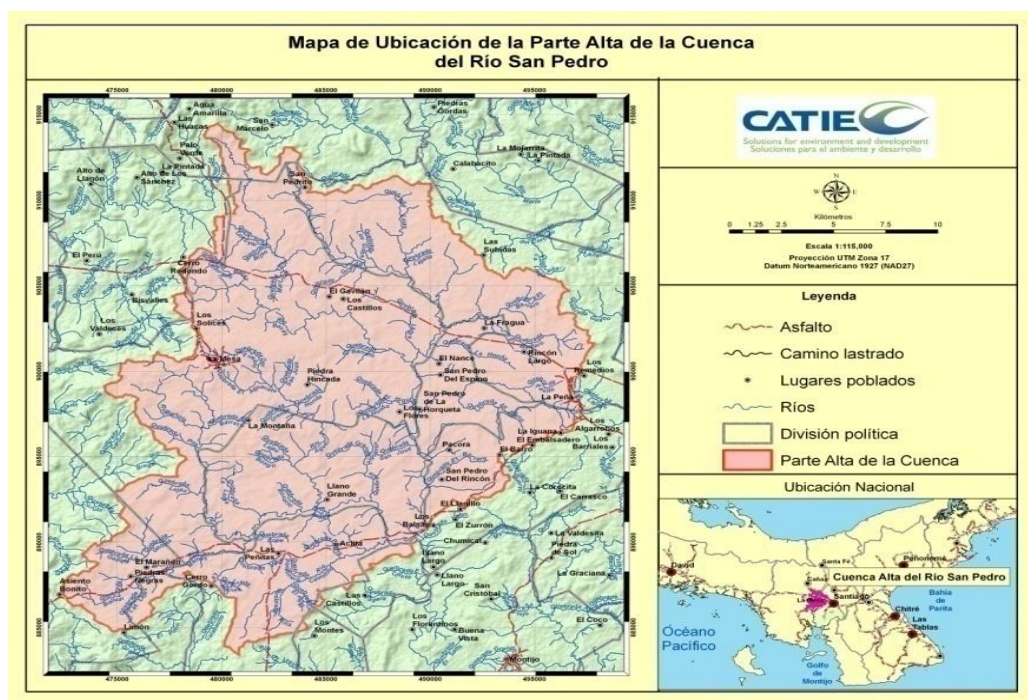


Figura 2. Mapa de la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá

3.2 Metodología

3.2.1 Materiales

Para elaborar la evaluación de tierras se emplearon las siguientes fuentes de información:

- ✓ Imagen ASTER del 2007 (resolución espacial de 15 metros y resolución espectral de 9 bandas).
- ✓ Modelo de Elevación Digital (MED) SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la NASA con resolución de un punto de muestreo de un arco segundo (aproximadamente 30 m).
- ✓ Base de datos ANAM, CATIE, Contraloría General de la República de Panamá y Comisión Nacional para el conocimiento y el uso de la biodiversidad (Conabio).
- ✓ Datos climatológicos e hidrológicos proporcionados por La empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA) (Anexo No. 1).
- ✓ Atlas Nacional de la República de Panamá.
- ✓ Información bibliográfica sobre los usos considerados para efectuar la evaluación de tierras.
- ✓ Información bibliográfica sobre las características y cualidades de la tierra en función de su requisito.
- ✓ Levantamiento de campo realizado en la evaluación.
- ✓ Resultado del análisis físico-químico de muestras de suelos colectados dentro del área de estudio a una profundidad de 0 a 30 cm (Anexo No. 2).
- ✓ Información proporcionada por expertos en el uso de la tierra, productores de la cuenca y miembro del comité asesor (Anexo No. 3 y 4).

3.2.2 Programas

- ✓ ArcView 3.3 (ESRI 1992) y ArcGIS 9.3 para el manejo de la información proveniente de la base de datos SIG y la elaboración de los mapas.

- ✓ El sistema automatizado para la evaluación de tierras ALES Versión 4.2 (Cornell University 1991).
- ✓ El software Office XP Ver. en español (Microsoft Corporation 2000) (Word XP y Excell XP).

3.2.3 Identificar las características y cualidades biofísicas y socioeconómicas de las tierras de la parte alta de río San Pedro

Con la finalidad de obtener la información necesaria para el desarrollo de este objetivo se realizó una búsqueda bibliográfica, tanto de investigación y /tesis como trabajos realizados sobre las características biofísicas de la zona en estudio. Además se utilizó la imágenes satelitales ASTER del año 2007 con una resolución espacial de 15 metros y una resolución espectral de 9 bandas. Igualmente, se realizó una clasificación no supervisada de la zona en estudio, con la finalidad de actualizar el mapa de cobertura del suelo.

Así mismo, esta imagen se utilizó para identificar por “asociación” aquellas coberturas que estén asociadas a suelos degradados, lo cual se corrobora en campo, para la elaboración del mapa definitivo. Para el clima se realizó tomando los datos de las estaciones meteorológicas más cercanas, contrastando con documentos encontrados. En el caso de la topografía se utilizó el modelo de elevación digital elaborado por el proyecto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la NASA con resolución de un punto de muestreo de un arcosegundo (aproximadamente 30 m).

También se utilizó, la base de dato provisto por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) y algunas coberturas adquiridas en la Contraloría General de la República de Panamá, principalmente en los temas de vías de comunicación, red hídrica, división política e infraestructura.

Para identificar las características socioeconómicas se consultó información secundaria proveniente de los datos de los censos de población y vivienda, censos agrícolas, monografías, etc; así como información primaria levantada en campo a través de entrevistas informales y visitas de observación a la zona de estudio (Figura 3 y anexo No. 2).



Figura 3- Entrevistas, recorridos de campo durante la investigación en la parte alta de la cuenca del Río San Pedro, Panamá

3.2.2 Identificar las zonas vulnerables y en proceso de degradación de suelos en la parte alta de la cuenca del río San Pedro

Para el cumplimiento de este objetivo se utilizó un modelo espacial de análisis multicriterio llamado “sobreposición ponderada”, que toma los criterios del modelo y les asigna un peso de acuerdo a la importancia que tiene cada una en relación al objetivo del análisis, en este caso la identificación de las zonas vulnerables y en proceso de degradación. La fórmula utilizada fue:

$$\text{puntuación} = \sum_{i=1}^k w_i \times S_{ij}$$

Donde:

k : número de criterios

j : alternativa j en estudio

w_i : peso que representa la importancia relativa del criterio i

S_{ij} : puntaje que representa la realización de la alternativa relativa j en el criterio i

En este sentido se seleccionaron seis criterios a evaluar (cobertura actual, conflicto de uso, erosión actual, fertilidad, incendios y pendiente). Además el modelo espacial de análisis multicriterio se construyó en el programa “ArcGIS” utilizando el “Model Builder” que combina de acuerdo a la fórmula antes mencionada, los diferentes mapas elaborados para representar espacialmente los criterios seleccionados (Figura 4).

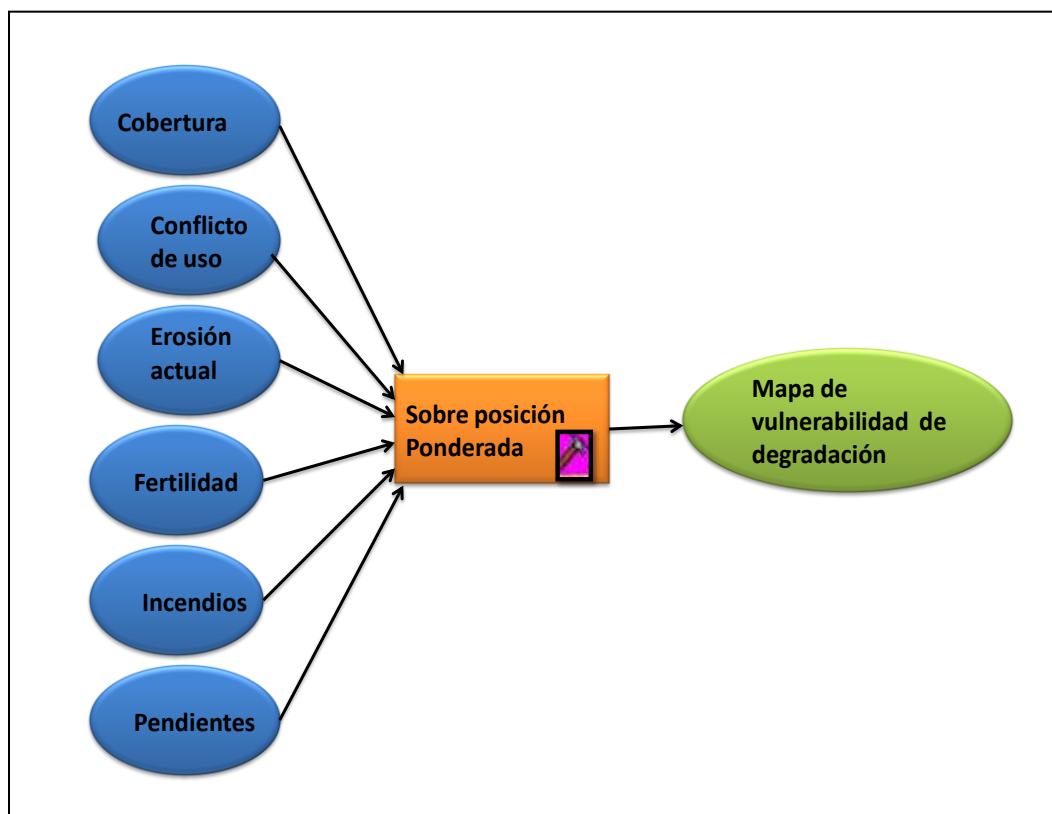


Figura 4. Diagrama en Model Builder (ArcGIS) sobre el traslape de capas de 6 criterios, para identificar las zonas vulnerables y en proceso de degradación de los suelos, en la parte alta del la cuenca del río San Pedro, Panamá.

Los criterios seleccionados se obtuvieron de la siguiente manera:

a) Cobertura actual

Para obtener este criterio se utilizó una imagen satelital ASTER del 2007 año donde se aplicó una clasificación no supervisada usando el algoritmo ISODATA. El método “isodata clustering” usa la fórmula de la distancia espectral mínima para formar cúmulos (cluster). Empieza con un cúmulo promedio arbitrario o con el promedio de un conjunto de firmas espectrales existentes. Cada vez que se repite el proceso de formación de “cúmulos”, el promedio de estos cúmulos se modifica. El nuevo promedio de los cúmulos se usa para la siguiente iteración.

La utilidad ISODATA repite el agrupamiento de la imagen hasta que se ejecute el número máximo de interacciones o se alcance el máximo porcentaje de asignación de píxeles no cambiados entre dos interacciones.

La ejecución de una clasificación no supervisada es más simple que una clasificación supervisada pues las firmas son automáticamente generadas por el algoritmo ISODATA. Luego de la clasificación no supervisada se obtuvo el mapa de cobertura actual. Donde se clasifico en siete categorías (bosque secundario, matorrales/rastrojos, pastos naturales, agricultura tecnificada, agricultura de subsistencia, plantaciones forestales y agua).

b) Conflicto de uso

Para obtener este criterio se utilizó el mapa de CATAPAN (Catastro Rural de Tierras y Agua en Panamá, 1970) y el mapa de uso actual, donde se realizó una sobreposición utilizando el programa “ArcView” el cual dio como resultado el mapa de conflicto de uso, el cual se clasificó en tres categorías (sub uso, uso a capacidad y sobre uso).

c) Erosión actual

Para obtener este criterio nos basamos en la aplicación la ecuación de la RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) (Renard et al 1996, Engel 2003) dado por:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A: Pérdida de suelo expresada en el sistema métrico internacional ($t\ ha^{-1}\ año^{-1}$)

R: Erosividad pluvial ($MJ.mm.ha^{-1}.H^{-1}$)

K: Erosividad del suelo [$(T.ha^{-1})(MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1})$]

LS: Relación adimensional de pérdida de suelo originada por la longitud y gradiente de la pendiente

C: Relación adimensional de pérdida de suelo originada por el manejo y uso de la tierra (índice de cobertura de cultivo).

P: Relación adimensional de pérdida de suelo originada por el uso de prácticas de conservación.

A continuación se describe el proceso para estimar los factores de la ecuación RUSLE.

- Factor R: para calcular el este factor se utilizara el estudio realizado por González y Abad (1987) en las estaciones meteorológicas de Guarumal, Santiago II, Laguna la Yeguada, Cañazas, Santa Fe, Llano Ñopo, Bajo Grande, Paja de Sombrero, en la Provincias de Veraguas y Chiriquí, República de Panamá (Anexo No. 5).
- Factor K: para calcular este factor se utilizaron los puntos de muestreos de suelo. A partir de la texturas de suelos consignadas en los muestreos realizados en la cuenca alta, se asignó el valor K respectivo y luego se interpolaron estos valores utilizando el método del Inverso de la Distancia Ponderada (IDW).
- Factor LS: para calcular este factor utilizó el modelo de elevación digital (MED) de 30 m del proyecto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la NASA.
- Factor C: para calcular este factor se utilizó el mapa de cobertura de suelo que se obtuvo en este objetivo.
- Factor P: Este factor se consideró con un valor de 1 para todas las categorías de uso, debido a que se asumió que actualmente no se aplican prácticas de conservación en el área de estudio. Dicho valor representa la relación existente entre las pérdidas de suelo bajo una determinada práctica de conservación y las pérdidas de suelo que ocurren en el mismo sitio sin prácticas de conservación (Arana, 1992).

d) Fertilidad

Para obtener este criterio se realizó una sobreposición de los mapa de capacidad de intercambio catiónico (CIC) y de Materia orgánica (MO) procedente de 47 muestras de suelos realizadas en la cuenca alta. Dando como resultado el Mapa de fertilidad.

e) Incendios

Para calcular este criterio se utilizó la base de datos (años 2005 a 2009) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), México. Esta base de datos consigna los puntos de calor, adquiridos a través del sensor AVHRR (A Very High Resolution Radiometer), y se complementó con recorrido de campo, donde se agregaron los lugares donde las quemadas son pequeñas y no pueden ser capturadas por el sensor satelital. Para la elaboración de este mapa se utilizó el programa “ArcGIS” y la herramienta Density (Point Density) con un radio de 1 kilómetro dando como resultado el mapa de densidad de incendios (Anexo No. 6).

f) Pendiente

Para obtener este criterio se utilizó el modelo de elevación digital (MED) de la NASA. Se clasificaron cinco rangos de pendiente (0 a 8, 8 a 15, 15 a 25, 25 a 35 y más 35), dando como resultado el mapa de pendientes en porcentaje.

Igualmente, se estudiaron y asignaron valores a dichos criterios teniendo en cuenta aquellos valores o rangos de las variables que hacen a los suelos más vulnerables o susceptibles de degradación y un valor alto a aquellos valores o rangos que los hacen menos vulnerables o susceptibles de la siguiente manera (Cuadro 3):

- Cobertura actual: según el estudio realizado por Hernández *et al* (1997) donde se evaluó la pérdida de suelo, según el porcentaje de cobertura, encontraron que en condiciones de 0% de cobertura, como lo puede ser un cultivo de hortalizas intensivo y convencional, una pérdida en promedio hasta 86,9 T/ha, mientras que con un suelo con un 90% de cobertura este proceso degradativo se reduce considerablemente hasta alcanzar en promedio unos 4,7 T/ha. Esto nos indica que a mayor cobertura existe una mayor protección y una menor pérdida de suelo. Por esta razón, se asignó una vulnerabilidad muy alta (3), para los terrenos con baja cobertura, vulnerabilidad media (2) para los terrenos con media cobertura, y una vulnerabilidad baja (1) para los terrenos con alta cobertura.

- Conflicto de uso: la identificación y localización de las situaciones de conflicto de uso de la tierra resulta de suma importancia para el ordenamiento espacial de las actividades agrícolas. La FAO (1994) incorpora el análisis de los problemas de aprovechamiento, que incluyen a los conflictos de uso, como parte de la planificación del aprovechamiento de la tierra. Abarca (2004) propone el análisis de los conflictos de uso de la tierra como una fase posterior a la caracterización ambiental, en el proceso de planificación, permitiendo establecer áreas prioritarias de acción para la fase de formulación de alternativas de aprovechamiento.

Hidalgo (1985) describe un método para determinar las situaciones de conflicto de uso de la tierra basado en la relación vocación-uso, según la cual las situaciones de conflicto se presentan cuando el uso de la tierra no concuerda con su capacidad, pudiéndose presentar situaciones de sub-utilización y sobre-utilización del recurso.

En estudio realizado por Abarca (2005) donde evaluó los conflictos de uso de la tierra a través un análisis comparativo del potencial de uso (capacidad de uso agropecuario) con el uso actual de la tierra, utilizando una clasificación cruzada de los dos mapas correspondientes para cada estación experimental, determinando todas las combinaciones existentes de las unidades de capacidad con las unidades de uso. Las unidades generadas fueron reclasificadas como: sub-utilizadas cuando su uso actual pudiera ser cambiado a un rubro o actividad que requiera una utilización más intensa de los factores de producción y por tanto, generen un mayor retorno productivo, en correspondencia con la capacidad de uso de la tierra y para el nivel de manejo mejorado, sobre-utilizadas cuando las actividades agrícolas desarrolladas en dichas unidades tenían una intensidad de uso del recurso tierra por encima de su capacidad y por ende implicaban un riesgo de degradación del recurso y bien utilizadas cuando el uso actual de la tierra correspondía con los niveles de capacidad. Por esta razón, se asignó una vulnerabilidad muy alta (3), para los terrenos en sobre - uso, una vulnerabilidad media (2) para los terrenos en uso a capacidad, y una vulnerabilidad baja (1) para los terrenos en sub - uso.

- Erosión actual: estudios realizados por Wischmeier y Smith (1978), indican que las tasas de erosión tolerables para un suelo renovable se encuentran entre 5-10 ton / ha /

año, el cual describe la cantidad de pérdida de suelo tolerable como un valor significativo de los niveles máximos de erosión en los suelos. Además está determinado por la profundidad y propiedades del suelo. Por esta razón se asignó el valor (3) para la vulnerabilidad alta en los terrenos con una tasa de erosión de >10 T/ha/año, (2) para la vulnerabilidad media en los terrenos con una tasa de erosión entre 5 a 10 T/ha/año y (1) para la vulnerabilidad baja en los terrenos con una tasa de erosión de <5 T/ha/año.

- Fertilidad (MO y CIC): trabajos realizados por Rivero y Paolini (1995) y Rivero (1997), en condiciones de invernadero, muestran efectos positivos, de carácter temporal, de la adición de residuos orgánicos vegetales (gramíneas y leguminosas) sobre propiedades del suelo tales como: capacidad de intercambio catiónico (CIC), carbono orgánico (Corg), nitrógeno total, y fósforo y potasio disponibles (ver anexo).

Rivero (1995) en condiciones de campo, comparó el efecto de la adición de residuos de *Crotalaria juncea* (Cr), *Panicum maximum* (Pm) y la mezcla de ambos (Cr/Pm), durante un periodo de tres años, sobre las propiedades químicas del suelo Yaritagua, los tratamientos fueron comparados entre sí y con un testigo que no recibió residuos (SR) encontrando que la CIC se incrementa, en forma sostenida en el tiempo, cuando se realiza una incorporación sistemática de materiales orgánicos.

En este sentido, se asignó una vulnerabilidad muy alta (3), en las áreas con una fertilidad baja, una vulnerabilidad media (2) en las áreas con una fertilidad media, y una vulnerabilidad baja (1) en las áreas con una fertilidad alta.

- Incendios: Pérez *et al* (1991) indican que la peor consecuencia de los incendios es su impacto sobre el suelo, ya que es uno de los recursos más escasos y menos renovables de la naturaleza, cuya pérdida o degradación son muy difíciles de restaurar. Además, muchas zonas sufren incendios reiteradamente y, de esta forma, los efectos negativos se acumulan.

La cantidad de calor que llega al suelo y su duración determinan, en gran medida, la severidad del impacto sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas (De Bano *et al* 1998). Además indica que hay unas relaciones generales que describen las respuestas de las propiedades del suelo al calentamiento estas relaciones son:

1. Las propiedades biológicas son las más sensibles al calentamiento, con fatales consecuencias para la mayoría de organismos vivos por debajo de 100°C.
2. La completa deshidratación del suelo se produce cuando la temperatura alcanza los 220°C, aunque esto no afecta significativamente a las propiedades físicas y químicas (Raison, 1979; Giovannini y Lucchesi, 1993).
3. Un calentamiento entre 220 y 460°C produce la combustión de la materia orgánica y por ello afecta a las propiedades del suelo que dependan de ella. La destrucción de la materia orgánica puede ser beneficiosa pues aporta gran cantidad de nutrientes disponibles para las plantas aunque, por otra parte, provoca la destrucción de la estructura del suelo. El daño dependerá en gran medida de la velocidad a la que se recupera la materia orgánica después del fuego.
4. Según Giovannini *et al* (1988) el calentamiento por encima de 460°C supone la pérdida de los grupos hidróxilos de las arcillas (550-700°C) y la descomposición de los carbonatos (700-900°C). Estos cambios irreversibles disminuyen la porosidad del suelo, su plasticidad y elasticidad y lo hacen altamente erosionable. En este sentido, se asignó una vulnerabilidad muy alta (3), en las áreas con una alta densidad de incendios, una vulnerabilidad media (2) en las áreas con una media densidad de incendio, y una vulnerabilidad baja (1) en las áreas con una baja densidad de incendio.

- Pendiente: en estudio realizado por Sancho y Villatoro 2005, se determinó el efecto de la posición en la pendiente sobre la productividad de suelos en pendientes de tipo compleja en tres paisajes en las cercanías del Valle Central de Costa Rica (Guachipelín, Rodeo y Puriscal) donde hubo diferencia significativa entre posiciones. Las posiciones lineales, en donde la pendiente era mayor, presentaron el menor rendimiento mientras que en promedio la posición deposicional presentó el mayor rendimiento.

El efecto de la posición en la pendiente sobre la productividad estuvo ligado a la inclinación de la pendiente. De esta manera, conforme la pendiente aumenta se produce una mayor erosión y por lo tanto una mayor relación entre la posición en la pendiente y productividad. Por esta razón, se asignó una vulnerabilidad muy alta (3), para los terrenos con la pendiente alta (ondulada y escarpada), vulnerabilidad media (2) para los terrenos con pendientes mediana (ligeramente ondulados), y una vulnerabilidad baja (1) para los terrenos con pendiente bajas (planos).

Cuadro 3. Variables evaluadas y sus valores de vulnerabilidad para identificar las zonas vulnerables y en proceso de degradación de los suelos en la parte alta del la cuenca del río San Pedro, Panamá

<i>Variables</i>	<i>Características</i>	<i>Vulnerabilidad</i>	<i>Peso de la variable</i>
Cobertura actual	Bosque secundario	1	20 %
	Matorrales/rastrojos	1	
	Pastos naturales	2	
	Agricultura tecnificada	1	
	Agricultura de subsistencia	3	
	Plantaciones forestales	1	
	Agua	1	
Conflicto de uso	Sub - uso	1	30%
	Uso a capacidad	2	
	Sobre - uso	3	
	Agua (no aplica)	1	
Erosión actual	0 - 7.5	1	20%
	7.5 - 12	2	
	12 - 24	3	
	24 - 36	3	
	>36	3	
Fertilidad	Fertilidad alta	1	10%
	Fertilidad media	2	
	Fertilidad baja	3	
Incendios	Alta densidad de incendio	3	10%
	Media densidad de incendio	2	
	Baja densidad de incendio	1	
Pendiente (%)	0 – 8	1	10%
	8 – 15	1	
	15 – 25	2	
	25 – 35	2	
	>35	3	

Se consideró otorgarle mayor valor de porcentaje a la variable conflicto de uso en la CARSP, ya que con los resultados de análisis biofísico es notable que las tierras se encuentran en sobre uso (81.21%). Asimismo, las variables cobertura actual y erosión actual tienen una valoración porcentual alta debido a que dichas variables se interrelacionan. En el caso de la cobertura actual (pastos naturales) se le asignó una vulnerabilidad media debido a que es una

cobertura que no protege en su totalidad al suelo por ejemplo: el pasto natural conocido como paja de cerro crece en macollas (Figura 5).

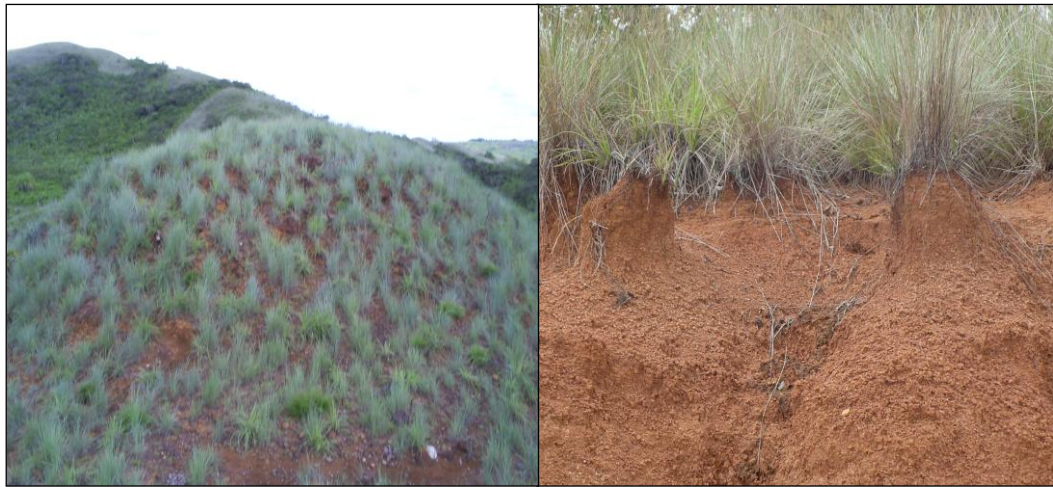


Figura 5. Cobertura del suelo con Pasto natural (paja de cerro) en la comunidad del Gavilán, corregimiento de La Mesa.

3.3.2 Identificar espacialmente la aptitud de las tierras de la parte alta de la cuenca del río San Pedro, enfatizando en necesidades de recuperación de tierras degradadas para facilitar la planificación y la toma de decisiones sobre el manejo de la cuenca

3.3.2.1 *Procedimiento general de la evaluación de tierra*

Para el desarrollo de este objetivo se utilizó información de fuentes secundarias, consulta a expertos y levantamiento de información en campo. Además se uso una adaptación del esquema de evaluación de tierras de la FAO (1976). De ésta forma, la mayor parte de la información secundaria fue manipulada mediante los programas “ArcView” y “Excell”. En este sentido se obtuvo la información básica (mapas, cuadros, etc.). Igualmente, se conformó una base de datos que permitió realizar la evaluación de tierras mediante el uso de ALES.

3.3.2.2 *Procedimiento específico de la evaluación*

El desarrollo de la evaluación específica se basó en una adaptación de los pasos de la evaluación de tierras propuesto por Rossiter (1994) los cuales se describen a continuación:

a) Identificación de las instancias o usuarios de la evaluación

En este punto se identificaron a los usuarios potenciales de la evaluación, entre instituciones y funcionarios que realizan o tienen conocimiento sobre planificación, manejo y recuperación de las tierras en la parte alta de la cuenca del río San Pedro. Además se complementó con la revisión de información secundaria sobre el contexto biofísico y socioeconómico del área en estudio.

b) Definición de las entidades espaciales (Unidades de mapeo o cartográfica) (UC)

Las unidades cartográficas fueron definidas a partir de la sobreposición de los mapas de Capacidad agrologica y de cobertura actual con la ayuda del programa “ArcView”.

c) Identificación y selección de tipos de utilización de la tierra (TUT)

La selección de los TUT se basó en la identificación mediante reconocimiento y entrevistas informales en recorridos de campo en el área y en el conocimiento de los expertos de las instituciones como el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Los TUT seleccionados para la presente evaluación fueron las plantaciones forestales, con fines de aprovechamiento comercial: pino y teca, pastos naturales para ganadería extensiva: faragua, pasto mejorado para ganadería extensiva: *brizantha*, *humidicola* y *decumbens*, cultivos agrícolas: maíz mecanizado, arroz y ñame en seco. A los TUT seleccionados solo se les determinó su aptitud física.

A continuación se presenta una descripción general de los usos considerados en la presente evaluación:

- *Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial*

Orden: *Pinales*

Familia: *Pinaceae*

Género: *Pinus*

Pinus caribaea var. *hondurensis* o pino caribe es una conífera natural de la zona de Orange Walk en Belice hasta Bluefields en Nicaragua (ITCR 1981). Es un árbol cilíndrico, recto o ligeramente encorvado que puede alcanzar hasta 45 m de altura y 100 cm de diámetro, con una corteza rugosa, áspera de color castaño con ramas delgadas y horizontales formando copas cónicas (ITRC 1981). Creciendo bien en zonas con temperatura promedio de 25 °C cuyo rango oscile entre 20 a 27 °C con un altitud máxima de 850 msnm y precipitaciones de 950 a 3.500 mm/año. Creciendo en una variedad de suelos *Pinus caribaea* se adapta a suelos poco fértiles, ácidos con pH de 4 a 6.5, con buen drenaje en lo posible bajo y planos (Ávila 2003).

Cultivada intensamente en los trópicos húmedos *Pinus caribaea* se emplea en planes de reforestación dada su plasticidad ecológica, adaptabilidad a condiciones adversas, fácil manejo y rápido crecimiento (Alvarado *et al* 2006). Con un manejo cuya densidad de siembra inicial está entre los 1,100 a 2,500 árboles/ha a un espaciamiento de 3x3, la plantación debe podarse para producir madera libre de nudos la especie (ITCR 1981). OFI-CATIE (sf) sugiere una podas hasta 2.5 m cuando el rodal alcance 6 m de altura y una segunda poda a una altura de 5 m cuando el rodal haya alcanzado 9 m de altura. En torno al raleo los autores indican que el primer raleo con objetivo de saneamiento debe realizarse entre los 6 a 8 años, y que posteriormente debe eliminar entre el 35 al 50% cada 5 a 6 años., para alcanzar un volumen 250 m³/ha con una altura promedio de 15 m y un diámetro de 35 cm (FAO 2002).

Frente a la producción OFI-CATIE (sf) en plantaciones en Costa Rica ha registrado alturas dominantes de 22.6 m y un diámetro de 25.6 cm a la edad de 16 años. Castañeda et al. (2003) en Guatemala reporta crecimiento de 0.51 m/año en altura, en tanto FAO (2002) menciona incrementos de 20 a 25 m³/ha/año en Costa Rica; por su parte Allen (1993) menciona para Nicaragua y Honduras rendimientos de 21 a 43 m³/ha para plantaciones de 13 años, y OFI-CATIE (sf) para la zona de Lantecilla en Honduras registró una altura de 23.7 m y un diámetro de 36 cm para una plantación de 31 años.

- *Plantaciones forestales de Teca, con fines de aprovechamiento comercial*

Orden: *Lamiales*

Familia: *Verbenaceae*

Género: *Tectona*

Originaria de los bosques deciduos húmedos y secos del trópico de India, Laos, Myanmar (ex Birmania) y Tailandia (Briscoe 1995), *Tectona grandis* o teca corresponde a un árbol caducifolio que puede alcanzar hasta 50 m de altura y 2.5 m de diámetro en condiciones, con raíces profundas y un tronco recto con ramas gruesas en la adultez, que ha sido sembrado en forma extensiva fuera de su distribución natural y en al menos cada país de América Central y México (Ugalde 2003).

Contando con requerimientos particulares, la teca crece bien en zonas con rangos de temperaturas entre 13 a 35 °C con una media de 25 °C, Lampecht (1990) indica que requiere de una estación seca bien definida con una precipitación media anual de 760 a 5,000 mm. Creciendo en diversos tipos de suelo teca alcanza sus mejores crecimientos en suelos franco – arenosos a arcillosos, bien drenados, fértiles, y con un pH ligeramente ácido a neutro (6.5 a 7.5) (Briscoe 1995). Como una regla general en cuanto a sus requerimientos edáficos la especie no prefiere suelos lateríticos, pero si con altas cantidades de calcio (Chávez y Fonseca 1991).

En torno a su manejo recomienda una densidad inicial de 1,200 a 1,600 árboles/ha, y donde el espaciamiento de los árboles y el número, la época y la intensidad de los clareos influyen mucho en el crecimiento y rendimiento de la plantación. Determinado por la altura de los árboles el clareo suele realizarse cuando estos alcanzan entre 9 a 9.5 m, y el segundo clareo cuando alcanzan 17 a 18 m; mientras que la rotación puede estar entre 20 a 25 años (Camacho 1998).

De acuerdo al manejo de la plantación, la productividad de teca puede alcanzar rendimientos en diámetro 1.9 a 3.81 cm/año y en volumen de 3.2 a 25 m³/año (Vallejos 1996) e con incrementos de 6.7 m³/ha/año (Murillo y Badilla 2004). Ugalde (1997) establece para plantaciones en Panamá incrementos en altura de 0.18 a 3.4 m/año y 1.2 a 3.2 cm/año en diámetro, en tanto Camacho (1998) menciona incrementos en volumen de 9.3 a 22.9 m³/ha en

plantaciones de 20 años en la zona de San Carlos en Costa Rica, mientras que Zambrana (1998) en El Salvador señala una producción de 214 m³/ha en plantaciones con 25 años.

- *Pasto natural Hyparrhenia rufa (Ness) para ganadería extensiva*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Hyparrhenia*

Procedente de África *Hyparrhenia rufa (Ness)* Statpf corresponde a una herbácea perenne que se encuentra en capos abiertos donde la luz del sol es intensa. Con una altura de 0.6 a 2.4 m en macollas, las hojas de color café rojizo son cerradas a partir de la mitad de cada internodo para dar una apariencia de franjas. Contando con dos tipos de tallos, uno aéreo y uno secundario llamado estolón, el sistema radicular secundario es altamente fibroso (Mejía *et al* 1994).

Con una buena adaptación a regiones de estaciones alternas, crece bien en áreas con precipitaciones entre 600 y 1,400 mm tolerando incluso la sequía, y sobrepasando los 2,000 msnm como en Colombia (Skerman y Riveros 1990). Presentando una buena semillación la especie también es propagada por materia vegetativa proveniente de los estolones. El éxito del establecimiento de la especie, está en la preparación del suelo mediante fertilización considerando la respuesta positiva a N y P en dosis de 112 y 50 kg/ha respectivamente; sin embargo, esta es una de las mejores hierbas que crece en bajos niveles de nitrógenos y fósforo (Serkman y Riveros 1990).

En cuanto a la producción de materia seca Crowder *et al* (1970) determinaron en la Estación Naitama de Colombia una productividad de 4,500 kg MS/ha/año bajo 6 semanas de fertilización del orden de 50 k N/ha después de cada corte. Por su parte Kemp *et al.* (1971) en Honduras encontraron que *Hyparrhenia rufa* producía 18,704 kg MS/ha mediante la fertilización de 555 kg N/ha durante 7 semanas; mientras que en Guatemala en el estado de Jutiapa Reyes *et al* (1991) obtuvieron una producción de materia seca promedio de 3.2 t

MS/ha con un rango de variación de un 37% entre el período de máxima y mínima precipitación, con un rango aceptable de 5 a 7 cortes en el año.

- *Pasto mejorado Brachiaria, brizantha, para ganadería extensiva*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Brachiaria*

Originaria de África tropical entre Bubanza y Bukinanyama (Argel 1988), *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf corresponde a una gramínea perenne, vigorosa, de crecimiento erecto y semirecto en macollas vigorosas con alturas de 0.8 a 1.5 m, decumbente y estolonífero (Olivera *et al* 2006). Con hojas lineales, lanceoladas de color verde intenso pueden alcanzar los entre 35 a 40 cm de longitud y de 2.5 a 3 cm de ancho (Guiot y Meléndez 2002), sus raíces profundas le permiten sobrevivir durante períodos prolongado de sequía (Miles *et al* 1998).

Con un amplio rango de adaptabilidad a climas y suelos la especie crece bien en condiciones de trópico subhúmedo con períodos secos entre 5 a 6 meses y un promedio de lluvias de 1,600 mm, y en localidades de trópico húmedo con precipitaciones superiores a 3,500 mm (Guevara *et al* 2002), y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1,800 msnm (Cuentas y Pérez 1987). Con un buen desarrollo en suelos ácidos de baja fertilidad y mal drenados, el mejor crecimiento lo alcanza en suelos con mediana fertilidad, tolerando incluso suelos con textura arenosa (Lascano *et al* 2002). Pudiéndose propagar por semillas y material vegetativo, se recomienda dependiendo de las condiciones físico – químicas del suelo la fertilización con N, P y K previo a la siembra (Olivera *et al* 2006).

En cuanto a su productividad dependiente de las precipitaciones Lascano *et al.* (2002) indican rendimientos de 1.77 t/ha en la época seca y 7 t/ha durante la época lluviosa. Por su parte Argel *et al.* (2002) para la Comunidad de Santa Marta, Distrito de Bugaba en Panamá obtuvieron rendimientos de 1.6 t MS/ha por corte cada 30 días; mientras que Merlo (2008) reportaron en pasturas a una edad de 1.4 y 8 semanas rendimientos de 0.14; 1.33; y 2.07 t MS/ha en la época seca y 0.03; 0.88; y 3.78 t MS/ha respectivamente.

Siendo la fertilización uno de los factores a ser considerados para la obtención de mayores rendimientos Olivera et al. (2006) fertilizando con urea con una dosis de 60 k/ha obtuvieron rendimientos de 8.3 a 9.6 t MS/ha/año, en tanto Lascano *et al* (2002) reportaron rendimientos de 25.2 y 33.2 t MS/ha/año utilizando fertilización y riego en ensayo en Colombia. Frente a su utilidad para el ganado bovino, la especie permite tasas de carga de más de 2.5 UA/ha permitiendo rendimientos de hasta 8.5 kg/vaca/día para la variedad Holstein (Lascano *et al* 2002), en tanto Cuadrado *et al* (2004) reportaron ganancias en peso de 1.011 g/día en promedio con una asignación de 2 UA/ha en Colombia.

- *Pasto mejorado Brachiaria, húmedicola para ganadería extensiva*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Brachiaria*

Originaria de Zululand en África, *Brachiaria húmedicola* (Rendle) Schweick es una planta estolonífera perenne con ramas ascendentes de 38 a 60 cm de altura y estolones que pueden alcanzar 1.2 m de longitud que cuentan con un buen enraizamiento, producción de hijos en los nudos y sistema radicular con rizomas que permiten emerger nuevas plantas. Con tallos erectos, delgados y duros, los internodios alcanzan entre 4 a 14 cm de longitud y con un número de 6 a 8 en las ramas (Chacón 2005). Su inflorescencia terminal es racimosa con uno a cuatro racimos especiformes de 3 a 5 cm de largo (De Freitas sf)

Con un rango amplio en condiciones ambientales, la especie crece bien desde los 0 hasta los 2,000 msnm y con precipitaciones que oscilan entre los 500 y 4,000 mm, en suelos que van desde arenosos hasta arcillosos tolerando ciertas condiciones de encharcamiento, con poca profundidad, baja fertilidad y con altas concentraciones de aluminio (Roche *et al* 1990), mientras que en la sabana se adapta en suelos con baja fertilidad, textura gruesa, media y fina (Plasse y Tejos 1999).

Con un alto rendimiento en materia seca dependiendo de la fertilidad del suelo y el régimen de precipitaciones (Salinas y Gualdrón 1982), Tejos *et al* (1996) en una evaluación de

9 semanas de rebrote en bajo Apure en Venezuela reportaron un rendimiento de 2.545 kg MS/ha/corte. Siendo la edad de corte otros factor que determina el rendimiento en el Estado de Pará en Brasil Galvao y Lima (1977) estimaron una producción de 18 T MS/ha/año en 5 cortes mecánicos. Toledo et al. (1983) en el Norte del Valle de Cauca en Colombia mostraron rendimiento de 4,945 y 3,405 kg/ha en cortes a las 12 semanas de rebrote en período de mínima y máxima precipitación. Bolivar (1998) en la zona de Calabacito en Panamá encontró valores de 2.562 t MS /ha/año en sistemas de asociados con *Acacia magium*.

Por ser una especie de crecimiento rastrero con alta productividad forrajera las cargas animales pueden superar las 2 UA/ha; sin embargo, reportes en la ganancia diaria por animal no superan 215 g/animal/día (Chacón 2005). CIAT (1983) refuerza este valor al obtener en los Llanos de Colombia con cargas de 2.4; 3.4 y 4.4 animales/ha en pastoreo continuo y una fertilización anual de 18 y 22 kg/ha de K, Mg y S se obtuvieron ganancia en peso animal de 215 y 138 g/animal/día para 2.4 y 3.4 animales/ha y 4,4 animales/ha respectivamente.

- *Pasto mejorado Brachiaria decumbens para ganadería extensiva*

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Brachiaria

Nativa de África y actualmente dispersada en los trópicos y subtrópicos, *Brachiaria decumbens* es una planta perenne que alcanza entre 30 a 60 cm de longitud con fuertes hojas lanceoladas de 8 a 10 mm de ancho. Crece bien en zonas donde la precipitación alcanza 1,500 mm y hasta una altitud de 1,750 msnm. Si bien es una especie de trópico secos, se adapta a la resequedad, y donde los suelos no contengan grandes cantidades de aluminio (Mejía *et al* 1994).

Con una reproducción se desarrollada mediante semillas y material vegetativo para obtener éxito Lupatini *et al* (2008) indican que la fertilización permite obtener buenos resultados. Los mismos autores indican que con la fertilización con nitrógeno la especie

aumenta significativamente la producción de masa seca, siempre que esta no supere los 150 kg N/ha.

Respecto a la producción de materia seca Salazar *et al* (2006) determinaron en la zona de Guanacaste en Costa Rica de 953, 1,544 y 3,830 kg/ha a los 7, 21, 42 días de maduración; mientras que Olivera (2002) mediante ensayos en Brasil determinó una producción de 3.6 t MS/ha, y Lupatini *et al* (2008) también en Brasil en el Municipio de Dracena obtuvieron una producción de materia seca e 3,849 a 13,707 kg MS/ha con una fertilización de 57 y 150 kg N/ha respectivamente. Por su parte Rincon *et al* (2008) en el Municipios de Villavicencio en Colombia determinaron una producción de 2,063 kg MS/ha durante el primer año de establecimiento de la especie.

- *Cultivo de Maíz mecanizado*

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

El maíz (*Zea mays*) es una gramínea anual, robusta, de crecimiento determinado que puede alcanzar hasta 5 m de altura. Con panojas normalmente una por tallo, permiten que el grano se desarrolle en una cantidad variable de hileras y cantidad pudiendo producir hasta 1,000 granos. Considerado por su importancia nutritiva uno de los cereales básicos en la alimentación humana dado su aporte en calorías y proteínas el maíz está entre los cultivos con mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental (Fischer y Palmer 1984, Jugenheimer 1988 citados por Gordón 2007).

Con etapas del cultivo desde la siembra hasta la madurez fisiológica donde cesa el aumento del grano (Edmeades *et al* 1992) las condiciones edáficas y climáticas son esenciales para el éxito de este. Siendo una planta de días cortos Edmeades et al. (1992) señalan que el rango de temperatura base es de 6 a 10°C, óptimo de 30 a 43 °C y crítico de 40 a 44 °C. Por su parte Llanos (1994) menciona que el umbral mínimo de precipitación es de 150 mm/año, a lo que McIlart y Earley (1961) refuerzan que el maíz requiere un mínimo de

100, 175 y 100 mm el primer, segundo y tercer mes de cultivo respectivamente. Finalmente respecto a las condiciones de suelo Llanos (1994) indica que los peores suelos son aquellos excesivamente pesados (arcillosos) y muy sueltos (arenosos), siendo los mejores los suelos con textura media (franco), bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua, con una alta exigencia de fósforo, nitrógeno, potasio, magnesio y azufre.

Con diversos sistemas de preparación de suelo y cultivo como el uso de maquinaria, herramientas menores la densidad de siembra el cultivo de maíz varía su producción. Marcano y Landínez (1997) con estudios en Venezuela señalan que el uso de arado con cincel y disco permitieron un producción de 4.56 y 4.23 t/ha de grano. Por su parte Quiroz y Marín (2003) para un sistema con y sin fertilización en México obtuvieron una producción de 6.9 y 7.6 t/ha de grano respectivamente, en tanto Durón (1998) en los Municipios de Yorito y Sulaco en Honduras obtuvo rendimientos de 3.51 a 4.66 t/ha bajo un sistema tradicional y un sistema de producción intensivo.

- *Cultivo de Arroz en secano*

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Oryza*

El arroz (*Oryza sativa*) originario de Asia es una monocotiledónea con un tallo erguido, cilíndrico de 0.6 a 1.2 m de largo; hojas alternas envainadoras y raíces delgadas, fibrosas y fasciculadas. Pese a ser uno de los cultivos cerealeros más importantes del mundo y el alimento de más de la mitad de la población del planeta, dado que es pobre en sustancias nitrogenadas no puede ser considerado como un alimento completo (Bienvenido 1994).

Con una larga historia en el cultivo y selección de ambientes *Oryza sativa* ha adquirido toda una gama de adaptabilidad y tolerancia que permite su cultivo en una amplia gama de regímenes hídrico – edafológicos que van desde tierras profundamente inundadas a laderas de colinas áridas cuyo pH esté entre 5.5 a 6.5, y contenga más del 40% de arcilla, con

temperaturas entre 25 y 35°C, y un requerimiento mínimo de 400 a 900 g de agua para producir 1 g de materia seca (Lu y Chang 1980, Quiros 2003).

Con sistemas de producción con prácticas primitivas hasta mecanizadas la preparación del suelo y el uso de fertilizantes o abonos son elementos esenciales para el éxito del cultivo (Yoshida 1981). El terreno debe ser nivelado a cero para que al final del invierno se realice la labor de alzar con azadón, arado o cultivo de gancho que posterior a la *encenegada* permite trasplantar las plántulas en forma manual o las semillas mediante maquinaria, siendo ideal es mantener el agua en el arrozal para impedir el desarrollo de malezas durante le época de crecimiento. La aplicación de abonos para aumentar el rendimiento es una técnica común frente a la variedad modernas. Oscilando entre 10 a 100 kg/ha como en Asia Tropical y de 200 a 250 kg/ha en Japón permiten incrementos en la producción de 6 kg por cada kilo de abono (Baker *et al* 1985).

Los nuevos procesos de producción de arroz aprovechan las tierras de secano minimizando los insumos como agua, fertilizantes e insecticidas, pese a que el comportamiento productivo está muy relacionado con el régimen de la precipitaciones (Moreno *et al* 2001). Bajo esta condición en Nicaragua Trouche *et al* (2006) menciona rendimiento de grano de 2 a 3 y 4 a 6 t/ha en sistema manuales y mecanizados respectivamente; mientras que Rivero *et al* (2005) obtuvieron en Cuba valores de 1,684 a 5,939 kg/ha para la época lluviosa, en tanto Andrade *et al* (2008) para la zona de Cañas en Costa Rica obtuvieron una producción de 5,3 t ha⁻¹.

- *Cultivo de Ñame en secano*

Orden: Dioscoreales

Familia: Dioscoráceae

Género: Dioscorea

Originario desde el Este de India *Dioscorea alata* o Ñame es una planta con un tallo anual que puede llevar o no espinas, hojas alternas largamente pecioladas y un sistema radicular fibroso que con crecimiento más o menos horizontal y de poca penetración. Con

tubérculos solitarios o en grupos que van desde los 50 a 20 kg reserva carbohidratos y proteínas permitiendo que esto sean altamente comercializables (Montaldo 1991).

Con una fenología de 4 fases Puga (1995) menciona que el Ñame requiere períodos máximos de iluminación diaria de 12 horas para incrementar su período vegetativo y menores a 12 horas/día para aumentar la producción de tubérculos. En torno a las condiciones de clima y suelo Montaldo (1991) indica que los mejores suelos para el cultivo son los francos, profundos, fértiles y de fácil penetración, con un pH entre 6.5 y 7.5, en tanto Sánchez y Payne (1987) añade que la aplicación adecuada de nutrientes como N, P₂O₅ y K₂O favorece el crecimiento. Con un mejor desarrollo en zonas bajas con altitudes de 20 a 500 msnm (Rojas *et al* 1997), el óptimo de temperatura oscila entre 25 a 30°C mientras que la precipitación debe estar entre 1,000 a 3,000 mm durante el ciclo.

Con sistemas manuales y mecánicos de preparación del suelo en terrenos planos y con el respectivo desmalezado y limpieza de troncos y raíces, la fertilización del orden de 125 kg/ha de N y altas cantidades de agua mejoran la productividad. En torno a esto último Carvallo y Metri (1990) señalan que bajo condiciones de óptima y déficit cantidad de agua en la zona de Paraíba en Brasil la producción de tubérculos disminuyó de 29.5 a 16.7 t/ha. En tanto Ruiz (2003) en Panamá al combina ñame con mulch y madero negro como postes vivos obtuvo rendimiento de 8.8 a 20.7 t/ha; mientras que Rouanet (1969) mediante ensayo en Guadalupe indica una producción de tubérculos de 15 a 20 t/ha, Coursey y Martin (1970) indican que en Malasia esta alcanza 42.5 t/ha.

d) Identificación y consulta a expertos

El cumplimiento de este punto se basó en la adaptación de los pasos para la evaluación propuestos por Rodas (1996) (Anexo No. 4).

- Identificación preliminar de los usos actuales de la tierra en el área de estudio a través de visitas al campo y entrevistas informales con los productores.
- Identificación y selección de los expertos en los usos de la tierra seleccionados (nivel local, regional, nacional o internacional).

- Contacto con los expertos y determinación de su anuencia a participar.
- Entrevista con los expertos para determinar sus juicios, opiniones y conocimientos sobre los usos de la tierra considerados, especialmente en cuanto a sus exigencias fisiológicas, de manejo y conservación.

e) Definición de las características de la tierra (CAT)

Las características de la tierra son atributos de la tierra que pueden medirse o estimarse, además pueden utilizarse para hacer una distinción entre UC de diferentes aptitudes de utilización y usarse como un medio para describir las cualidades de la tierra (FAO, 1985). Para escoger las características de la tierra nos basamos en la información secundaria disponible (la vía de abajo hacia arriba o “bottom - up”) y seleccionando los CAT que se consideraron más importantes (la vía de arriba hacia abajo “top - down”) para la evaluación. Dado que existen características que presentan homogeneidad en la zona de estudio no se tomaron en cuenta esos RUT, ya que no establecen diferencias en la expresión de lo TUT sobre la UC (Cuadro 4).

f) Definición de los requisitos de uso de la tierra (RUT)

Los RUT son las variables independientes del modelo de evaluación de tierras (Rossiter *et al* 1995). Bautista (2005) indica que se pueden medir mediante juicios de valor, jerarquizando una o más características de la tierra. Igualmente, para evitar la sobreestimación no se debe incluir más de una vez la misma CAT en diferentes RUT, principalmente porque los arboles de decisión son más fáciles de construir o modificar y más fácil de entender por usuario o evaluador (Rossiter *et al* 1995). En este sentido solo se consideraron los requisitos que planteaban diferencias y limitaciones para el desarrollo de los cultivos a evaluar entre las UC. Por ejemplo régimen de temperatura, se consideró que toda el área de estudio no existe variabilidad (sin diferencia) en la temperatura. Además los RUT fueron definidos por recomendaciones de los expertos consultados y por la revisión de estudios sobre evaluación de tierras (FAO 1976 y 1985, León 1994, Camas 1995, Rodas 1996, Parrado2004, Bautista 2005).

Cuadro 4. Características de la tierra seleccionada para la evaluación y sus categorías

<i>CAT</i>	<i>Unidad</i>	<i>Código</i>	<i>Categorías</i>
Pedregosidad	Escala	Ped	<ul style="list-style-type: none"> • Sin pedregosidad, • Ligeramente pedregoso, • Moderadamente pedregoso, • Pedregoso, • Muy pedregoso, • Fuertemente pedregoso y • Extremadamente pedregoso
Drenaje	Escala	Dre	<ul style="list-style-type: none"> • Excesivo, • Moderadamente excesivo, • Bueno, • Moderadamente lento, • Lento, • Muy lento y • Nulo
Precipitación media anual	mm	Pma	<ul style="list-style-type: none"> • 1500 – 2000, • 2000 – 2500, • 2500 – 3000 Y • 3000 - 3500
Pendiente	%	Pen	<ul style="list-style-type: none"> • < 8, • 8 - 15 • 15 - 25 • 25 - 35 • > 35
Textura	Clase	Tex	<ul style="list-style-type: none"> • Arcilloso, • Arcillo arenoso, • Arcillo limoso, • Franco arcilloso, • Franco arcillo limoso, • Franco arcillo arenoso, • Franco arenoso, Franco, • Franco limoso, • Limoso, • Areno franco y • Arenoso
Profundidad efectiva	cm	Pe	<ul style="list-style-type: none"> • < 30, • 30 – 60, • 60 – 90, • 90 – 120 Y • > 120
Potencial de hidrógeno	pH	pH	<ul style="list-style-type: none"> • < 4.5,

<i>CAT</i>	<i>Unidad</i>	<i>Código</i>	<i>Categorías</i>
			<ul style="list-style-type: none"> • 4.5 - 5.0, • 5.0 - 5.5, • 5.5 - 6.0 Y • 6.0 - 7.0

Para la presente evaluación se definieron cinco RUT, con sus respectivos CAT (ver Cuadro 5). Igualmente, se le asignaron cuatro niveles de severidad a cada RUT de acuerdo a su naturaleza (Cuadro 6).

Cuadro 5. Requisitos de uso de la tierra (RUT) y las características de la tierra utilizadas en la evaluación en la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá

<i>RUT</i>	<i>Código</i>	<i>CAT</i>
Disponibilidad de agua	Da	Precipitación media anual y drenaje
Humedad disponible	Hd	Textura y profundidad efectiva
Toxicidad del suelo	Ts	Potencial de hidrógeno
Capacidad de laboreo	Cl	Pendiente y pedregosidad
Condición de enraizamiento	Ce	Profundidad efectiva

Cuadro 6. Niveles de severidad de los requisitos de uso de la tierra (RUT) utilizados en la evaluación en la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá

RUT	<i>Niveles</i>				
	<i>Código</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Disponibilidad de agua	Da	Buena	Regular	Mala	Muy mala
Humedad disponible	Hd	Muy disponible	Disponible	Disponibilidad moderada	Disponibilidad restringida
Toxicidad del suelo	Ts	No tóxico	Poco tóxico	Tóxico	Altamente Tóxico
Capacidad de laboreo	Cl	Bueno	Regular	mala	Muy mala
Condición de enraizamiento	Ce	Muy buena	Buena	Regular	Mala

g) Árboles de decisión (ARD)

Rossiter *et al* (1995) indica que ALES utiliza varios métodos para determinar la evaluación de tierra, una es por la construcción de un árbol de decisión permitiendo al usuario o evaluador asignar clases o subclases específicas de aptitud física a cualquier combinación de niveles de las cualidades de la tierra o también se puede omitir en el árbol algunos RUT y darles más peso a algunos requisitos que a otros y dos por el método de la limitación máxima, donde el usuarios o evaluador especifica el grupo de RUT cuyas cualidades de la tierra son limitantes y durante el cálculo de aptitud física, ALES examina los niveles de aptitud con el número más alto en el cual el usuario o evaluador especifica el valor máxima (número más alto) y luego liga a las clases de aptitud física , los RUT para la cualidades de la tierra que fueron más limitantes obteniendo la subclase. Además también se puede utilizar las la combinación de ambas métodos.

En la presente evaluación elaboraron se utilizo una combinación de ambos métodos siendo así se construyeron los arboles de decisión para cada RUT seleccionados conjugado con los CAT propuesto, donde se le asigno un juicio de valor de acuerdo a la escala de severidad de las cualidades de la tierra y comparándolos con los indicaciones de los expertos y la bibliográfica consultado. Además se procedió a utilizar la limitación máxima para definir las cualidades de la tierra más limitantes.

h) Evaluación física

La evaluación física se elaboró mediante una adaptación de las directivas de la FAO (1985) (Cuadro 7). Donde las clases para expresar la aptitud física son expresadas en una escala de rangos numéricos de 1 a 4 siendo: 1- Muy apta, 2- Moderadamente apta ,3- Marginalmente apta y 4- No apta (Cuadro 7). Además se definieron subclases identificadas por códigos nemotécnicos, con el fin de designar el tipo de limitación por medios de las cuales se ubica una UC en una clase determinada.

Cuadro 7. Clase de aptitud físicas y sus definiciones

<i>Clase/ Símbolo</i>	<i>Descripciones</i>	<i>Definiciones</i>
A1	Muy apta	La unidad de tierra no tiene limitaciones significativas para sostener la aplicación de un tipo de TUT o sólo pequeñas limitaciones que no reducirán significativamente la productividad o los beneficios esperados y no elevarán el uso de insumos por encima de un nivel aceptable.
A2	Moderadamente apta	La unidad de tierra tiene limitaciones que son moderadamente severas para la aplicación de un TUT, las limitaciones reducirán la productividad o los beneficios y aumentarán los insumos requeridos hasta un punto en que la ventaja que se gana de su uso sería apreciablemente inferiores a la que se esperaría en la clase A1
A3	Marginalmente apta	La unidad de tierra tiene limitaciones que son severas para la aplicación de un TUT y reducirá la productividad o beneficios a aumentará los requerimientos de insumos.
N1	No apta	La unidad de tierra tiene limitaciones que son tan severas que elimina cualquier posibilidad de una exitosa aplicación de un TUT.

Fuente: Adaptación de la FAO (1985)

3.2.5 Proponer una zonificación para el ordenamiento territorial enfocado a la recuperación de las tierras degradadas de la parte alta de la cuenca del río San Pedro

Para el desarrollo de este objetivo se emplearon los mapas de uso potencial, cobertura actual y la vulnerabilidad a la degradación. Se realizó una suma de capas correspondiente a las mapas antes mencionados empleando las facilidades de sobreposición de los SIG, también a esta clasificación se le sumó las capas correspondientes de red vial, ríos y poblados; para luego, con base en este análisis, elaborar la propuesta de zonificación (Cuadro 8). La elaboración de los mapas temáticos se efectuó de la siguiente manera:

- **Mapa de uso potencial:** Para la elaboración de este mapa se utilizaron los mapas de la evaluación física de los TUT (plantaciones forestales pino y teca, pastos mejorados brizantha, humidícola y decumbens, pasto natural faragua, cultivo de arroz en secano, maíz mecanizado y ñame en secano) desarrollados en ALES en el objetivo tres. Se realizó una sobreposición de los mapas antes mencionados donde se obtuvo este mapa temático.
- **Mapa de cobertura actual:** Para la elaboración de este mapa se utilizó una imagen satelital ASTER (2007) y la aplicación de una clasificación no supervisada (algoritmo ISODATA), así como la vectorización donde se obtuvo este mapa temático.
- **Mapa de vulnerabilidad a la degradación:** Para la elaboración de este mapa se realizó un análisis multicriterio utilizando el “Model Builder del programa “ArcView”, obteniendo así este mapa temático.

Cuadro 8. Propuesta de zonificación para el ordenamiento territorial enfocado en la recuperación de las tierras degradadas de la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá

<i>Categorías/Subcategorías</i>	<i>Descripción</i>
A	Zona de protección
A1	Zona de protección de Bosques secundarios
A2	Zona de protección de cauces de ríos
B	Zona de desarrollo forestal
B1	Zona para plantaciones forestal (pino/teca)
B2	Zona para enriquecimiento forestal (Matorrales/Rastrojos)
C	Zona de restauración ecológica
C1	Zona de regeneración natural (pasto natural)
D	Zona de producción pecuaria
D1	Zona para sistema silvopastoril (pasto natural y mejorado)
E	Zona de producción agrícola
E1	Zona agrícola intensiva con medidas culturales (arroz/maíz/ ñame)
E2	Zona agrícola de subsistencia con medidas culturales (arroz/maíz/ñame)
F	Zona de asentamientos humanos
F1	Zonas urbanas y semiurbanas
G	Zona de Infraestructura vial
G1	Zona de carreteras primarias y secundarias

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Características y cualidades biofísicas y socioeconómicas de las tierras de la cuenca alta de río San Pedro

4.1.1 Aspectos biofísicos

4.1.1.1 *Clima*

Según el sistema de clasificación de Köppen (1936), la CARSP, presenta un Clima Tropical Húmedo (Ami) y se encuentra en la zona de vida de Bosque Húmedo Tropical (bh-T), según la clasificación de Holdridge (1967). Las temperaturas presente en la cuenta son de 26.7 ° C (máxima), 23.64 °C (mínima) y un promedio de 26.16 °C con un rango de 3.07 °C. Además posee elevaciones que van desde 29 msnm a 413 msnm y una media de 97,8 msnm con un rango de 315.2 m. En cuanto a la precipitación se registra una precipitación media anual de 2,753 mm, con una precipitación mínima observada de 2,351 mm en el extremo sur y una máxima de 3,500 mm en la parte alta de la subcuenca del río Aclita. Por la distribución espacial de la precipitación, puede observarse la influencia de la entrada de aire húmedo proveniente del Océano Pacífico en dirección este-oeste que genera precipitaciones principalmente dominadas por fenómenos de convección en las partes planas y que se caracterizan por chubascos acompañados por actividad eléctrica, mientras que en las partes de los cerros la precipitación obedece más a fenómenos orográficos.

4.1.1.2 *Geología*

Según Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” (IGTM) en el Atlas Nacional de la República de Panamá (1988), las formaciones rocosas que corresponden a la CARSP, corresponden a rocas ígneas de origen volcánico, esencialmente del Terciario Superior y neocénicas del Mioceno medio superior, siendo las más antigua la Formación Boro del Grupo San Pedrito (TM-SPb), la cual está representada por andesitas, basaltos, areniscas, lutitas, sedimentos epiclásticos, madera silificada, conglomerados y brechas de composición similar;

con tobas y aglomerados de las formaciones Boro y San Pedrito respectivamente (Ver figura 6).

Posterior al emplazamiento de estas formaciones de rocas se emplazaron las formaciones del grupo Cañazas (TM-CAvi), constituidas en su mayoría por andesitas, basaltos y tobas; presentándose en menor proporción las brechas, bloques sub. –intrusivos diques– swarns y sedimentos volcánicos. Además están representadas las formaciones del Grupo Macaracas (TO-MAC) en donde sus grupos geológicos contienen rocas del Terciario Oligoceno tanto volcánicas como sedimentarias tales como: Aglomerados, tobas continentales, areniscas, calizas, lutitas, conglomerados, piroclásticos, andesitas y basaltos. Las anotaciones geológicas, describen la heterogeneidad extrema, de los sedimentos que conforman el Oligoceno, estos sedimentos se han clasificado como pertinentes a dos distintos tipos: depósitos marinos y sedimentos terrestre, consistiendo los últimos de clásticos volcánicos, despojos y sedimentos marinos de aguas poco profundas. La formación Santiago (TM-SA) representada en menor proporción dentro del área de la cuenca contiene rocas sedimentarias, tales como: Areniscas y conglomerados (Atlas Nacional de la República de Panamá, 1988).

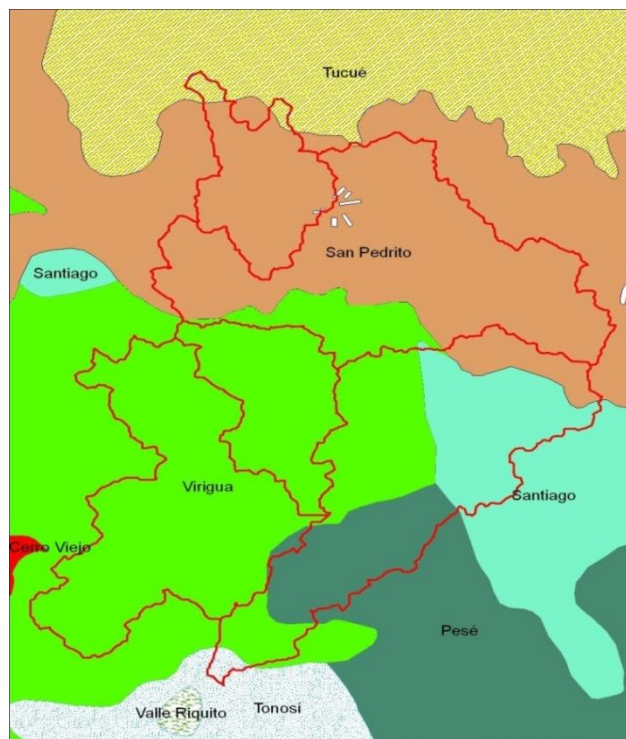


Figura 6. Formaciones geológicas de la parte alta de la cuenca del río San Pedro

4.1.1.3 Suelo

a) Textura y materia orgánica

La CARSP presenta las siguientes clases de textura: franco arcillo arenosa que equivale un 60% aproximadamente del territorio, franco arenosa con un 30% del área y el 10% restante se reparte en texturas arcillo arenosa, franca, arena franca y franco arcilloso. En cuanto al contenido de materia orgánica (MO) que presentan los suelos de la CARSP son niveles bajos (<2%). Se puede decir que entre los dos tipos de textura predominantes en la cuenca alta sea la franco arcillo arenosa, ya que presenta un mejor equilibrio en el contenido de partículas de arena, limo y arcilla que la componen, en el caso de la MO los suelos se consideran pobres (Anexo No. 7 y 8).

b) Niveles de pH, concentraciones aluminio (Al) y capacidad de intercambio catiónico

Según la clasificación del laboratorio de suelos del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) (Anexo No. 9), los suelos de la CARSP se encuentran entre suelos ácido (5 a 5.9) a muy ácido (<5). En cuanto al contenido de aluminio (Al) mantiene niveles considerados como altos y muy altos. Además los resultados del análisis del laboratorio indican que la gran mayoría del territorio de la CARSP, presenta niveles de fertilidad bajos, pues como se indicó, la capacidad de intercambio catiónica (CIC) que más predomina en el área de estudio se mantiene por debajo de 20. Esto nos indica de manera general que los suelos de la CARSP en sentido de fertilidad están limitados (Anexo No. 10, 11 y 12).

c) Pendiente

El 88.61% de los terrenos de la CARSP, presentan inclinaciones que se mantienen por debajo del 15% y apenas un 0.25% del territorio evaluado presenta pendientes superiores al 35% (Cuadro 9 y Anexo No. 13). Esto nos sugiere que los terrenos muy planos con inclinación inferior al 3% se pueden realizar labores agrícolas prácticamente sin necesidad de aplicar técnicas de conservación de suelos; a partir de ahí, las labores para el control de la erosión se deben ir implementando con más rigor a medida que aumente la pendiente.

De acuerdo a lo anterior, casi el 67% de los suelos de la parte alta de la cuenca del río San Pedro podrían ser utilizados en actividades agrícolas intensivas con la aplicación de medidas leves para el control de la erosión.

Cuadro 9. Superficie de terreno dentro de la cuenca alta del río San Pedro agrupada, en cinco rangos de pendiente del suelo, en porcentaje

Rangos de pendiente	Superficie (km²)	Porcentaje (%)
0 - 8 %	275.89	66.71
8 - 15 %	90.59	21.9
15 - 25 %	39.48	9.55
25 - 35 %	6.57	1.59
>35 %	1.04	0.25
TOTAL	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

d) Capacidad agrologica

En la CARSP, hay presencia de suelos de la clase II, III, IV, VI y VII. Los suelos de la clase IV son los que más predominan dentro del área de estudio, ocupando cerca del 34% de la superficie total. A este le siguen los suelos de la clase VI y VII, representando cada uno casi el 30% del territorio (Cuadro 10 y Anexo No. 14). En este sentido la CARSP presenta un 40.75% de los suelos con mayor potencial productivo y el 59.26% un potencial más restringido.

Cuadro 10. Superficie por clases de suelo, según la clasificación del USDA, presentes en la parte alta de la cuenca del río San Pedro

Clases de suelo	Superficie (km²)	Porcentaje (%)
II	0.94	0.23
III	25.96	6.28
IV	141.61	34.24
VI	122.16	29.54
VII	122.92	29.72
TOTAL	413.6	100.00

Fuente: Elaboración propia

e) Cobertura

Los sistemas agropecuarios de subsistencia son los que ocupan mayor parte del territorio de la CARSP, abarcando cerca del 38% de la superficie total. A esta le sigue la cobertura de matorrales que representa aproximadamente el 33% del área de estudio y luego los pastos naturalizados que incluyen cerca del 21% del terreno (Cuadro 11 y Anexo No. 15).

Cuadro 11. Superficie ocupada por cada uno de los tipos de cobertura del suelo identificados en la cuenca alta del río San Pedro

<i>Tipos de cobertura</i>	<i>Superficie (km2)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Bosque secundario	5.38	1.3
Matorral / rastrojo	138.93	33.59
Pastos naturalizados	88.28	21.34
Plantaciones forestales	2.86	0.69
Agropecuaria de subsistencia	158.07	38.22
Agropecuaria tecnificada	20.05	4.85
Agua	0.03	0.01
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

f) Conflicto de uso

Gran parte del territorio en la CARSP presenta un sobre uso del suelo que se manifiesta en aproximadamente el 81% de la superficie total del área de estudio. Tal cifra sugiere que se pueden estar generando actualmente procesos de degradación del suelo que ponen en riesgo la disponibilidad futura de este importante recurso (Cuadro 12 y Anexo No. 16).

Cuadro 12. Superficie de terreno que presenta un conflicto de uso del suelo, en la cuenca alta del río San Pedro

<i>Tipo de conflicto</i>	<i>Superficie (km2)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Sub-uso	22.73	5.5
Uso a capacidad	54.94	13.28
Sobre-uso	335.9	81.21
No aplica (agua)	0.03	0.01
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

g) Erosión Actual

Se puede decir que el 42.21% de la superficie de la CARSP, presenta niveles de erosión bajos o tolerables, lo que se puede atribuir en gran parte a la topografía mayormente plana que presenta el área de estudio. El 56.78% de la superficie restante muestra niveles de erosión que están por encima del nivel tolerable de erosión (Cuadro 13 y Anexo No. 17).

Cuadro 13. Superficie de terreno afectada por los diferentes rangos de erosión actual detectados en la cuenca alta del río San Pedro

Rangos de erosión (T/ha/año)	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
0 - 7.5	178.71	42.21
7.5 - 12	20.16	4.87
12 - 24	63.37	15.32
24 - 36	47.4	11.46
>36	103.95	25.13
Total	413.6	100.00

Fuente: Elaboración propia

h) Pedregosidad, drenaje y profundidad efectiva

En CARSP predominan los suelos ligeramente pedregosos con un 46.49% de su superficie total, seguido de los suelos sin pedregosidad con 16.47%, en este sentido en los suelos de la cuenca alta existen una cantidad de piedras y rocas que interfieren con la preparación del terreno, pero sin impedir esta labor. En cuanto al drenaje el 36.82% de los suelos se encuentran en la categoría de buen drenaje, seguido de un 17.96% de la categoría de moderadamente excesivos. En cuanto a la profundidad efectiva la cuenca alta posee un 61.36% en rangos que se considerarán limitantes para las actividades productivas y un 38.64% del territorio con suelos considerados aceptables para las actividades productivas.

En general se puede decir que los suelos de la cuenca alta presentan limitantes (pedregosidad, drenaje y profundidad) casi en un 50% del área total, limitantes que se deben tomar en cuenta al momento de implementar programas o proyectos en la zona (Cuadro 14, Cuadro 15, Cuadro 16 y Anexo No. 18, 19 y 20).

Cuadro 14. Categorías de pedregosidad presentes en la cuenca alta del río San Pedro

<i>Categorías</i>	<i>Superficie (Km2)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Sin pedregosidad	68.10	16.47
Ligeramente pedregoso	192.30	46.49
Moderadamente pedregoso	40.00	9.67
Pedregoso	57.20	13.83
Muy pedregoso	23.00	5.56
Fuertemente pedregoso	33.00	7.98
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15. Categorías de drenaje presentes en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá

<i>Categorías</i>	<i>Superficie (Km2)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Lento	48.00	11.61
Moderadamente lento	74.30	17.96
Bueno	152.30	36.82
Moderadamente excesivo	92.00	22.24
Excesivo	47.00	11.36
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 16. Rangos de profundidad efectiva en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá

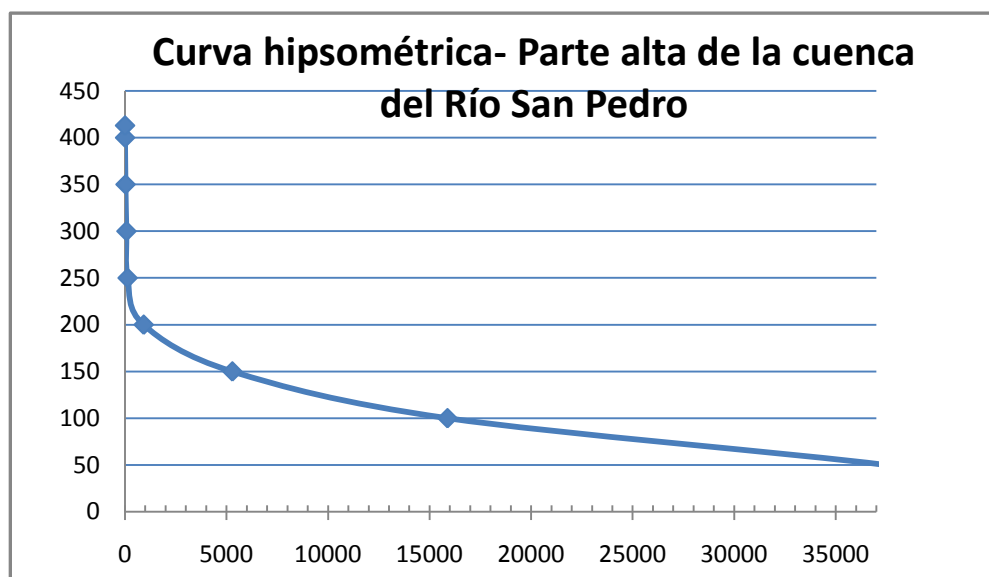
<i>Rangos de profundidad efectiva (cm)</i>	<i>Superficie (Km2)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
<30	127.4	30.80
30 -50	126.38	30.56
50- 70	142.53	34.46
70 – 100	17.29	4.18
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.4 Hidrología

a) Elevación

La CARSP presenta una elevación promedio de 97.8 msnm, con un mínimo de elevación de 29 msnm en su salida y un máximo de 413 msnm, específicamente en la región norte de la cuenca sobre el Cerro Valilla (Figura 7). Su elevación media medida a partir de la curva hipsométrica es de aproximadamente de 78.6 msnm, lo que representa que el 50% del área de la cuenca se encuentra por debajo de esta cota. Además la curva hipsométrica de la PACRS, tiene el 90.83% de su área en elevaciones mayores a los 100 msnm, lo que indica que la misma posee una superficie de pendientes poco pronunciadas y por lo tanto una probabilidad muy baja de avalanchas, aunque las planicies podrían estar sujetos a desbordamientos causados por eventos extremos (CATIE 2009).



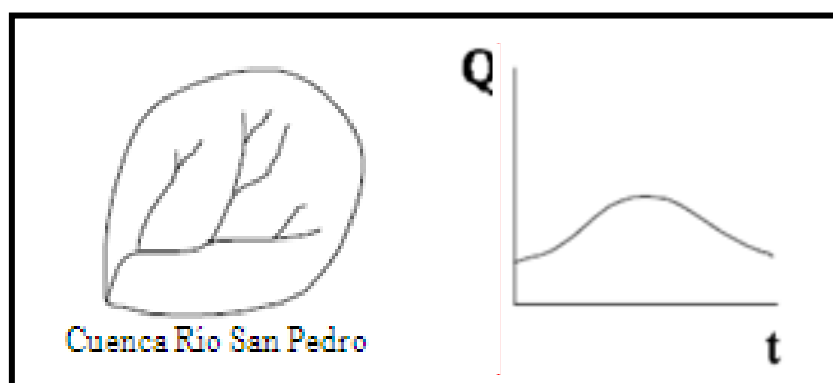
Fuente: CATIE, 2009

Figura 7. Curva hipsométrica de la Parte alta de la cuenca del Río San Pedro

b) Forma

La CARSP tiene una forma de triángulo inclinado en el sentido suroeste-noreste con un ancho máximo en su parte intermedia de 29.1 km y una altura de 25.9 km. Además de acuerdo a la forma, se considera un río en una fase de vejez donde su actividad erosiva es relativamente baja en comparación con ríos que se encuentran en las fases de juventud y

madurez (CATIE 2009). En este sentido el mismo autor menciona que en su totalidad la cuenca del río San Pedro tiene un factor de 0.71 ($K_f = \text{Ancho medio de la cuenca} / \text{Alto de la cuenca}$; 35 km / 48.7 km), con un índice de compacidad de 1.97 ($K_c = 0.28 * \text{Perímetro} / \text{Área}^{0.5}$; $0.28 * 224.8 \text{ km} / 1022.5^{0.5}$) indicando que es una cuenca que por su forma genera hidrograma que tienden a tener un pico suavizado (Figura 8).



Fuente: CATIE, 2009

Figura 8. Hidrograma según la forma de la cuenca

c) Longitud del cauce principal

La longitud del cauce principal de la CARSP es de 42.9 km desde su inicio hasta la confluencia con el río Caimitillo. Sus principales afluentes lo constituyen los ríos Aclita, Agué y Caimitillo (CATIE 2009).

4.1.1.5 Vegetación

Según ANAM (2000) en la CARSP existen dos categorías de vegetación como lo son: El sistema productivo con vegetación leñosa natural o espontánea significativa 10 a 50% (como sistemas ganaderos, poco tecnificado y de baja productividad, con un inadecuado manejo pastos, constituido fundamentalmente por la especie *Hyparrhenia rufa* Nees Stapf, con especies arbóreas predominantes tales como: Chumico (*Curatella americana* L.), Nance (*Byrsonimia crassifolia* (L.) Kunth), Guacimo (*Guazuma ulmifolia* Lam), Jagua (*Genipa americana* L.), Dos caras (*Miconia argentea* (Sw.) DC), Laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken), etc., con una densidad entre 10 a 50% de cobertura arbórea) y el sistema productivo

con vegetación leñosa natura o espontánea significativa <10%) esta categoría presenta las mismas características de la categoría antes mencionada con la diferencia en la densidad de cobertura arbórea (<10%) y las especies predominantes tales como Guacimo (*Guazuma ulmifolia* Lam), Laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken), Carate (*Bursera simaruba* (L.) Sarg), Balo (*Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp), Jobo (*Spondias Bombin* L.), Palma Pacora (*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd ex Mart), entre otras.

En este sentido CATIE (2009) menciona que existen otros tipos de vegetación en el área de la cuenca como los son: los herbazales (extensas áreas constituidas por gramíneas naturales, dominada por la especie conocida por su nombre común como Paja de Cerro, en donde también se observa algunas especies leñosas dominadas por el Chumico (*Curatella americana* L.), y el Nance (*Byrsonimia crassifolia* (L.) Kunth), las cuales se adaptan muy bien a estas áreas de sabana y a suelos muy pobres), rastrojos remanentes de bosques de galería (son formaciones naturales cerradas, cuyo estado de sucesión secundaria se encuentra en una etapa inicial de desarrollo).

Se encuentran plantas de tipo herbáceos, bejucos, arbustos y las especies presentes no tienen gran valor comercial, pero ejercen funciones de mejoramiento de suelos y generan las condiciones ambientales necesarias para la colonización de especies propias de etapas más avanzadas. Las especies son de crecimientos rápidos, con un dosel superior denso y homogéneo. Estos bosques se denominan también como bosques pioneros (son formaciones menores a 5 años de edad) y fragmentos de bosques secundarios (son franjas de bosques naturales establecidos en los márgenes de ríos, quebradas y otras fuentes de agua) (Cuadro 17, Cuadro 18 y Cuadro 19).

Cuadro 17. Principales especies vegetales asociadas a los rastrojos en la parte alta de la cuenca del río San Pedro

Familia	Nombre científico	Nombre común
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo
Annonaceae	<i>Xylopiya aromatica</i> (Lam) Mart	Malagueto Macho
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceibo
	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam) Urb	Baloso
	<i>Pachira quinata</i> (Jacq) WS Alverson	Cedro espino
	<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq) Dugand	Barrigón
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	Laurel
Burseraeae	<i>Bursera tomentosa</i> (jacq) Triana & Planch	Carate blanco
	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg	Carate
Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i> L.	Guarumo
Clusiaceae	<i>Vismia macrophylla</i> Kunth	Sangrillo
	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Tr. & Pl.	-
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd) Spreng	Poroporo
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	Chumico
	<i>Davilla kunthii</i> St Hil	Chumico pedorro
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Algarrobo
Fabaceae (papilionoideae)	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC	Harino
Flacourtiaceae	<i>Casearia arguta</i> H.B.K.	-
Malpighiaceae	<i>Byrsonimia crassifolia</i> (L.) Kunth	Nance
Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC	Dos caras
	<i>Tibouchina bipenicellata</i> Naudin	-
Protaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl	Carne Asada
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Jagua
	<i>Isertia haenkeana</i>	-
	<i>Chomelia spinosa</i> Jacq.	-
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Guacimo
Tiliaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Peine de mico
	<i>Luehea seemannii</i> Triana & Planch	Guacimo Colorado
Verbenaceae	<i>Cornutia pyramidata</i> L.	Palo cuadrado

Cuadro 18. Principales especies vegetales asociadas a los Remanentes de bosques de galería en la parte alta de la cuenca del río San Pedro

Familia	Nombre científico	Nombre común
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Anacardium excelsum</i> (Bert & Balb) Skeels.	Espavé
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Zorro
	<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo
<i>Annonaceae</i>	<i>Xylopia frutescens</i> Aubl	Malagueto macho
<i>Bombacaceae</i>	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam) Urb	Balso
<i>Chrysobalanaceae</i>	<i>Licania arborea</i> Seem	Rascador
<i>Clusiaceae</i>	<i>Garcinia intermedia</i> (Pittier) Hammel	Satro
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Copaifera aromatica</i> Dwyer	Cabimo
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Algarrobo
Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Inga sp1</i>	-
	<i>Inga sp2</i>	-
	<i>Cojoba rufescens</i> (Benth) Britton & Rose	Coralillo
Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC	Harino
	<i>Diphysa</i> sp	-
	<i>Erythrina</i> sp	-
	<i>Swartzia simplex</i> (Sw) Spreng	Naranjillo
<i>Melastomataceae</i>	<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC	Dos caras
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus insipida</i> Willd	Higuerón
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i> sp	-
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich) A Rich ex DC	-
	<i>Psychotria</i> sp	-
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Guácimo
	<i>Luehea seemannii</i> Triana & Planch	Guácimo Colorado
<i>Poaceae</i>	<i>Bambusa</i> sp	-

Fuente: CATIE/ANAM (2009)

Cuadro 19. Principales especies asociadas a los fragmentos de bosques secundarios en la parte alta de la cuenca del río San Pedro

Familia	Nombre científico	Nombre común
Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i> (Bert & Balb) Skeels.	Espavé
	<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam) Mart	Malagueto Macho
Apocinaceae	<i>Plumeria rubra</i> L.	Caracucha blanca
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl) Maguire, Steyerl & Frodin	Guarumo pava
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) A DC	Roble de sabana
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceibo
	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam) Urb	Balso
	<i>Pachira quinata</i> (Jacq) WS Alverson	Cedro espino
	<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq) Dugand	Barrigón
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	Laurel
	<i>Cordia bicolor</i> A DC	-
Burseraceae	<i>Bursera tomentosa</i> (Jacq) Triana & Planch	Carate blanco
	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl) Kuntze	Animé
Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i> L.	Guarumo
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella racemosa</i> Lam	Cierrito
Clusiaceae	<i>Vismia macrophylla</i> Kunth	Sangrillo
	<i>Garcinia intermedia</i> (Pittier) Hammel	-
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Olivo
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Copaifera aromatica</i> Dwyer	Cabimo
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Algarrobo
	<i>Senna papillosa</i> (Britton & Rose) H.S Irwin & Barneby	Frijolillo
Fabaceae (Mimosoideae)	<i>Inga mucuna</i> Walp & Duchass	Guaba peluda
	<i>Inga</i> sp 1	-
Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Diphysa americana</i> (Mill) M Sousa	Macano
	<i>Diphysa robinoides</i>	-
	<i>Lonchocarpus</i> sp	-
	<i>Ormosia coccinea</i> (Aubl) Jacks	Palo de collar
	<i>Swartzia simplex</i> (Sw) Spreng	Naranjillo
Flacourtiaceae	<i>Casearia</i> sp	-
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp	-
Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC	Dos caras
	<i>Mouriri</i> sp	-
Meliaceae	<i>Guarea</i> sp	-
	<i>Trichilia</i> sp	-
Moraceae	<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv	Caucho
	<i>Ficus insipida</i> Willd	Higuerón
	<i>Ficus</i> sp2	-
	<i>Ficus</i> sp3	-
	<i>Ficus</i> sp4	-

<i>Familia</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>
Rubiaceae	<i>Faramea occidentalis</i> (L) A Rich	-
	<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Roem &Schult	-
	<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Roem ex Schult	Tuliviejo
Sapindaceae	<i>Matayba glaberrima</i> Radlk	Matillo
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Caimito
	<i>Pouteria</i> sp	-
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl	Aceituno
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Guácimo
Tiliaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Peine de mico
	<i>Luehea seemannii</i> Triana & Planch	Guácimo Colorado
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Capulín macho
Vochysiaceae	<i>Vochysia ferruginea</i> Mart	Flor de mayo

Fuente: CATIE/ANAM (2009)

4.1.1.6 Fauna

Según CATIE (2009) existen las siguientes especies asociadas a la fauna de mamíferos (Cuadro 20), aves (Cuadro 21), anfibios (Cuadro 22) y reptiles (Cuadro 23) en la CARSP.

Cuadro 20. Principales especies de mamíferos registradas en la cuenca alta del Río San Pedro

<i>Orden</i>	<i>Familia</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i> (L.)	Zorra
Xenarthra	Megalonychidae	<i>Choloepus hoffmanni</i> (Peters)	Perezoso de dos dedos
	Dasyopodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i> (L.)	Armadillo
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Tonatia silvicola</i> (D Orbigny)	Murciélago de orejas redondas
		<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas)	-
		<i>Artibeus phaeotis</i> (Miller)	-
		<i>Desmodus rotundus</i> (E Geoffroy St Hilaire)	Vampiro común
Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i> (Say)	Coyote
	Mustelidae	<i>Conepatus semistriatus</i> (Boddaert)	Gato cañero
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Tayassu tajacu</i> (L)	Saino
	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i> (Zimmermann)	Venado cola blanca
Rodeada	Sciuridae	<i>Sciurus variegatoides</i> (Ogilby)	Ardilla colorada
	Muridae	<i>Oryzomys talamancae</i> (J A Allen)	Rata arrozera
	Agoutidae	<i>Agouti paca</i> (L)	Conejo pintado

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i> (Gray)	Ñeque
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus brasiliensis</i> (L)	Conejo muleto

Fuente: CATIE/ANAM (2009)

Cuadro 21. Principales especies de aves registradas en la cuenca alta del Río San Pedro

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Ciconiformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza
	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo negro
		<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo cabecirojo
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas discors</i>	Cerceta aliazul
Falconiformes	Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Gavilán Caminero
	Falconidae	<i>Milvago chimachima</i>	Caracara
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita rojiza
		<i>Columbina minuta</i>	Tortolita menuda
		<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma rabiblanca
Coraciformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	Martín pescador verde
		<i>Chloroceryle amazona</i>	Martín pescador mediano
Piciformes	Picidae	<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero lineado
		<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero cornirrojo
Passeriformes	Dendrocolaptidae	<i>Dendrocincla fuliginosa</i>	Trepatroncos pardo
		<i>Xiphorhynchus picus</i>	Trepatroncos piquirrecto
	Tyrannidae	<i>Mionectes oleagineus</i>	Mosquerito ventriocráceo
		<i>Myiodynastes hemichrysus</i>	Mosquero ventridorado, pecho amarillo
		<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo grande
		<i>Tolmomyias assimilis</i>	Picoancho aliamarillo
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Brotogeris jugularis</i>	Perico barbinaranja
		<i>Amazona autumnalis</i>	Loro frentirojo

Fuente: CATIE/ANAM (2009)

Cuadro 22. Principales especies de anfibios registradas en la cuenca alta del Río San Pedro

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Anura	Bufonidae	<i>Bufo Marinus</i> (L)	Sapo común
	Centrolenidae	<i>Centrolene prosoblepon</i> (Boettger)	Ranita de cristal
	Dendrobatidae	<i>Dendrobates auratus</i> (Girard)	Ranita verdinegra
	Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus fitzingeri</i> (O Schmidt)	-
		<i>Leptodactylus labialis</i> (Cope)	-

Fuente: CATIE/ANAM (2009)

Cuadro 23. Principales especies de reptiles registradas en la cuenca alta del Río San Pedro

Orden	Suborden	Familia	Nombre científico	Nombre Común
Squamata		Corytophanidae	<i>Basiliscus basiliscus</i> (L.)	Meracho
		Iguanidae	<i>Iguana iguana</i> (L.)	Iguana verde
		Polychrotidae	<i>Anolis limifrons</i> (Cope)	-
		Tejidae	<i>Ameiva ameiva</i> (L)	Borriquero
	<i>Ameiva festiva</i> (L)		Borriquero	
	Serpentes	Boidae	<i>Boa constrictor</i> (L)	Boa común
		Colubridae	<i>Chironius carinatus</i>	-
			<i>Leptophis ahaetulla</i>	-
			<i>Oxibelis aeneus</i> (Wagler)	Bejuquilla
			<i>Oxibelis fulgidus</i> (Daudin)	Bejuquilla
			<i>Spilotes pullantus</i>	-
		Elapidae	<i>Micrurus</i> sp	-
		Viperidae	<i>Bothrops asper</i> (Garman)	Equis, barba amarilla
	<i>Porthidium</i> sp		-	
Crocodylia		Crocodylidae	<i>Caiman crocodilus</i> (L.)	Babillo

Fuente: CATIE/ANAM (2009)

4.1.2 Aspecto socioeconómico

4.1.2.1 Aspectos Demográficos

Según Contraloría General de la República de Panamá, X Censo de Población y VI de Vivienda (2000), la CARSP está conformada por cuatro distritos, siete corregimientos y setenta y tres lugares poblados, con una totalidad de la población residente en el territorio de 9,630 personas. De esta población 5,070 (53%) son hombres y 4,560 (47%) son mujeres (Cuadro 24). Además posee una densidad de la población de 23.28 personas/km² donde la mayor concentración se da en los corregimientos de la mesa (3,120 personas donde el 32% se concentra en el distrito cabecera) y río de Jesús (1,090 personas donde el 62% se concentra en el distrito cabecera). A pesar de esto es un territorio donde su población está concentrada en pequeños poblados, ya que de los 73 lugares poblados hay 51 que tiene una población menor a 100 habitantes.

Cuadro 24. Característica demográfica de la población de la parte alta de la cuenca de río San Pedro

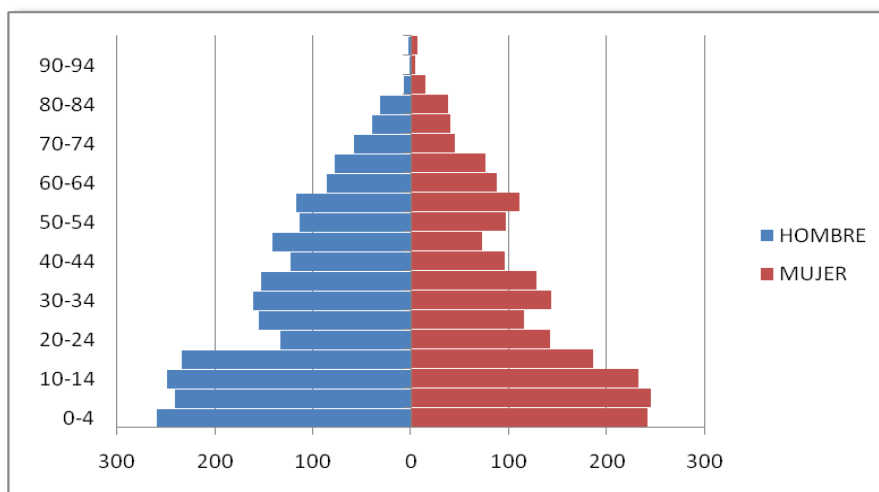
<i>Corregimiento</i>	<i>Hombre</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Total</i>
La mesa	1612	1508	3120
Llano grande	347	278	625
Río de Jesús	899	838	1737
La Peña	514	434	948
San Pedro del Espino	768	684	1452
El Marañón	307	282	589
Los Algarrobos	623	536	1159
Total de la población	5070	4560	9630
Porcentaje (%)	53	47	100

Fuente: Contraloría General de la República de Panamá (2000)

a) Distribución Etaria de la Población

- *El corregimiento de La Mesa cabecera*

Este corregimiento muestra una mayor cantidad de población entre la niñez, la adolescencia y adultos jóvenes hasta los 19 años. Esto ocurre tanto para mujeres como para los hombres. Además la población entre los 30 a los 39 años también es alta y se muestra una disminución en los adultos mayores. Lo que indica que la población de este corregimiento es predominante joven. La mediana edad de población para este corregimiento está entre los 15 a los 46 años (Figura 9).

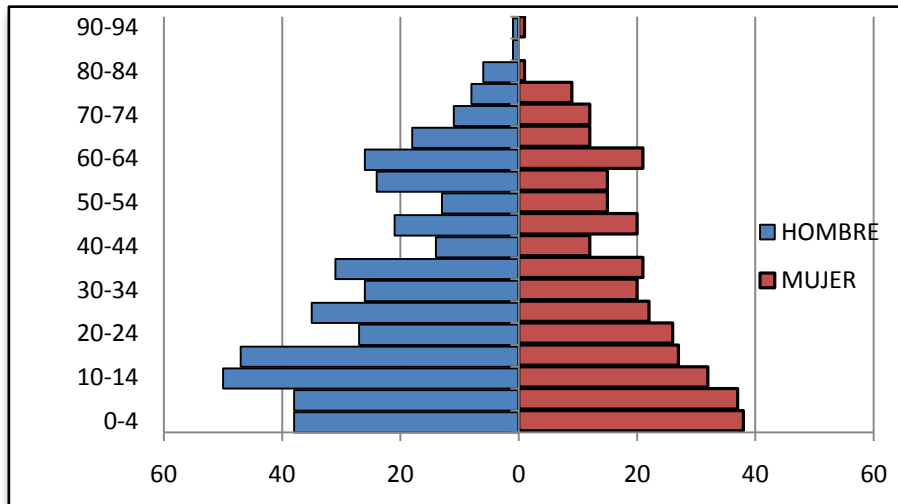


Fuente: Contraloría General de la República de Panamá (2000)

Figura 9. Estructura de la población para el corregimiento de La Mesa

- *El corregimiento de Llano grande*

Para este corregimiento la mayor cantidad de población se encuentra para el caso de las mujeres, en edades hasta los 9 años y en el caso de los hombres, en edades de los 10 a los 19 años, aunque muestra una población con edades mayor equilibrada entre los diferentes grupos de edades, para ambos sexos. La mediana edad de la población para este corregimiento está entre los 15 a los 53 años (Figura 10).

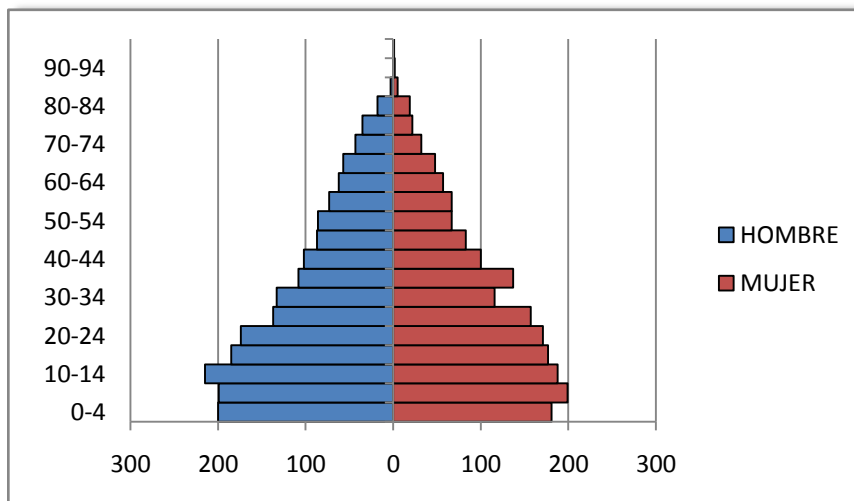


Fuente: Contraloría General de la República de Panamá (2000)

Figura 10. Estructura de la población para el corregimiento de Llano grande.

- *El corregimiento de La Peña*

Este corregimiento muestra una piramide mejor definida ya que la población es mayor en las edades de la niñez y adolescencia para ambos sexos y disminuye a medida que avanzamos en los niveles de edad, hasta llegar a cero al nivel de los 90 a 94 años. Además existe una población dominante hasta edades de los 24 años, para ambos sexos. Para este corregimiento la edad media de la población está entre los 13 y 53 años (Figura 11).

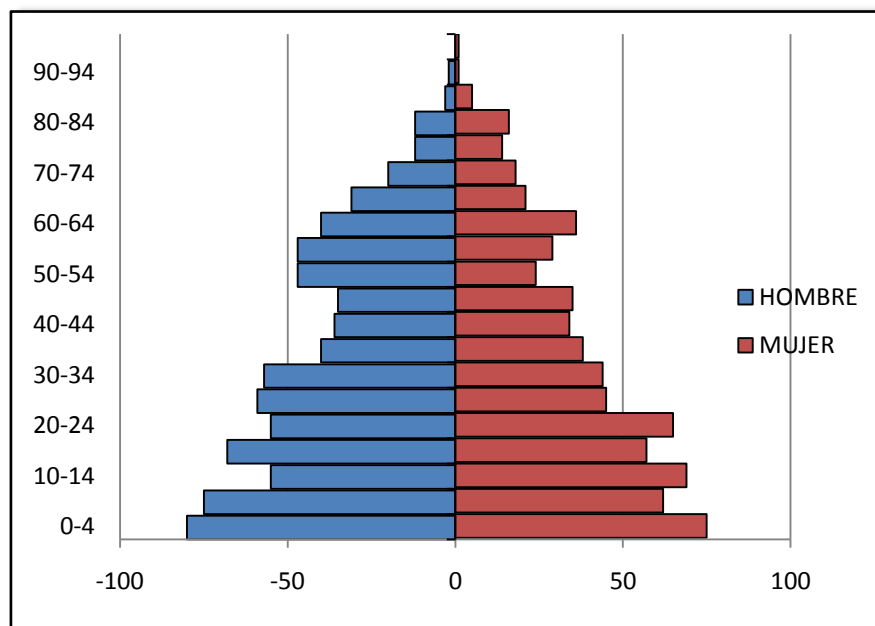


Fuente: Contraloría General de la República de Panamá (2000)

Figura 11. Estructura de la población para el corregimiento de La Peña

- *El corregimiento de San Pedro del Espino*

Este corregimiento muestra una población más distribuida en los diferentes niveles de edades, aunque sigue predominando la población en edades hasta los 34 años y disminuye hacia las edades posteriores. La mediana edad de la población se encuentra entre los 23 a los 35 años (Figura 12).

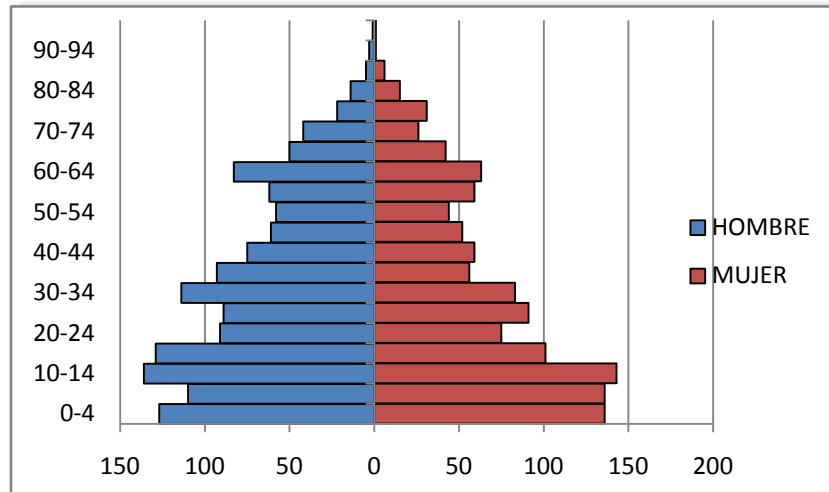


Fuente: Contraloría General de la República de Panamá (2000)

Figura 12. Estructura de la población para el corregimiento de San Pedro del Espino

- *El Corregimiento de Río Jesús (cabecera)*

Este coregimiento posee una población que se concentra mayormente en los niveles de la niñez y la dolescencia para ambos sexos, sin embargo, se muestra una buena cantidad de popblación en edades de los 30 a los 39 para los hombres y 20 a los 34 para las mujeres. La población es menor en las edades de los 40 a los 59 para ambos sexos y de los 75 en adelante es aún menor. La mediana edad de la población para los poblados de este corregimiento va de los 23 a los 31 años (Figura 13).

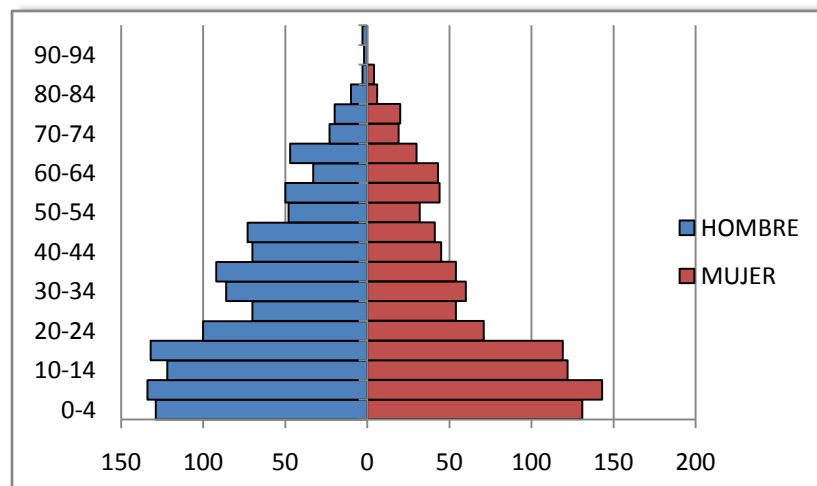


Fuente: Contraloría General de la República de Panamá (2000)

Figura 13. Estructura de la población para el corregimiento de Río de Jesús cabecera

- *El corregimiento de El Marañón*

Este corregimiento presenta una población mayor en edades de niñez y adolescentes y muy poca población mayor de 50 años, sin embargo existen niveles como de los 24 a los 49 años en el caso de los hombres, que muestra una cantidad de población considerable y en el caso de las mujeres de los 20 a los 29. La mediana edad de la población para los poblados de este corregimiento va de los 22 a los 38 años (Ver figura 14).

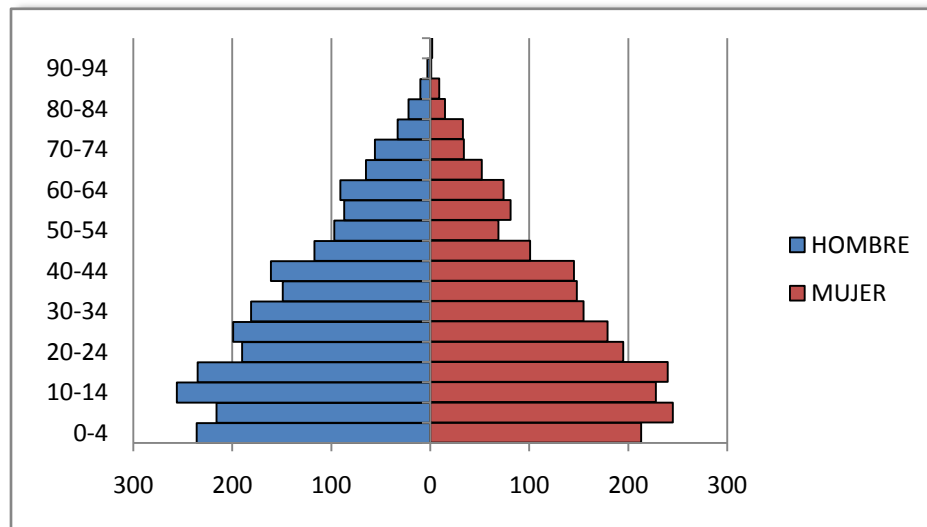


Fuente: Contraloría General de la República de Panamá (2000)

Figura 14. Estructura de la población para el corregimiento de El Marañón

- *El corregimiento de Los Algarrobos*

Este corregimiento muestra una estructura poblacional que disminuye a medida que aumenta la población, sin embargo, igual que en los casos anteriores la mayor cantidad de la población se encuentra en los niveles de la niñez y la adolescencia, disminuyendo en los siguientes niveles. La población se mantiene de forma considerable hasta los 44 años. La media edad de la población para los poblados de este corregimiento va de los 20 a los 33 años (Figura 15).



Fuente: Contraloría General de la República de Panamá (2000)

Figura 15. Estructura de la población para el corregimiento de Los Algarrobos

b) *Característica de la Vivienda*

Según Contraloría General de la República de Panamá, X Censo de Población y VI de Vivienda (2000), en la CARSP existe 2,475 viviendas y la mayor concentración se da en los corregimientos de La Mesa (785) y Rio de Jesús (471) abarcando así el 51% del total de las viviendas. Además en cuanto a la dotación de servicios el 25% de las viviendas tienen piso de tierra, 9.50% carecen de agua potable, 8% carecen de servicio sanitario, 34% carecen de luz eléctrica y 84% carece del servicio de telefonía. Siendo la leña (52%) su mayor fuente de energía (Cuadro 25 y Figura 16).

Cuadro 25. Características de las viviendas en los corregimientos de la Parte Alta de la Cuenca del Río San Pedro

<i>Corregimiento</i>	<i>Total</i>	<i>Con piso de tierra</i>	<i>Sin agua potable</i>	<i>Sin servicio sanitario</i>	<i>Sin luz eléctrica</i>	<i>Cocinan con leña</i>	<i>Cocinan con carbón</i>	<i>Sin televisor</i>	<i>Sin radio</i>	<i>Sin teléfono residencial</i>
La Mesa	775	224	100	64	303	427	1	344	156	627
Llano Grande	179	100	43	35	114	148	0	125	57	179
Río de Jesús	451	80	17	26	107	157	0	138	98	352
La Peña	232	64	36	20	129	141	1	126	36	196
San Pedro del Espino	394	36	10	17	77	202	0	125	96	329
El Marañón	149	52	8	9	46	93	0	66	32	149
Los Algarrobos	85	61	20	20	54	114	0	95	62	243

Fuente: Contraloría General de la República de Panamá (2000)

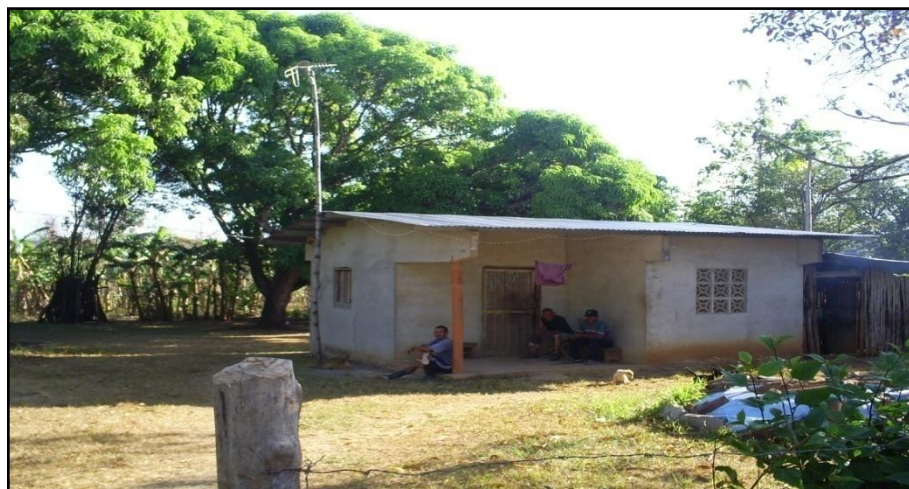


Figura 16. Característica de una vivienda en la comunidad de Mostrenco, en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá

c) Educación

Según Contraloría General de la República de Panamá, X Censo de Población y VI de Vivienda (2000) los niveles educativos en los lugares poblados en CARSP van de 1.6 a 7.6 promedio de años aprobados por la población residente. Los lugares poblados con niveles promedio de años aprobados más bajos son: El Limón, El Rodeo, San Pedrito, La Guaca o Las Huacas y La Lina que no alcanzan los tres años promedios aprobados. Los poblados con mayor nivel de años aprobados en los aspectos educativos son: San Pedro del Espino, La Mesa, Quebrada Grande, El Nance y El Almacigo con promedios mayores de 7.0 años aprobados. Igualmente, señala el porcentaje de analfabetismo que existe en los lugares poblados que forman parte de la cuenca alta donde 71.43% se encuentra en la comunidad de La Lina. Cabe señalar que 17 de los 73 lugares poblados presentan niveles de analfabetismo mayores al 30% de la población con estas características. 20 de los 73 lugares poblados tienen porcentajes menores y hasta 10% de población con analfabetismo.

Según el Ministerio de educación (2006) en la CARSP se encuentran 29 centros educativos primarios con una matrícula de 1,917 estudiantes, de los cuales 1012 (53%) son varones y 905(47%) son mujeres. Los centros educativos primarios en su totalidad tienen condiciones rurales y sólo seis son completos, los demás son multigrados, lo que indica que (728)38% de la población estudiantil recibe una calidad de educación inferior al 1189(62%) que sí cuentan con un profesor a tiempo completo. Además cuentan con 109 educadores de los cuales 38(35%) son hombres y 71(65%) son mujeres. Esta cifra equivale a aproximadamente 17 estudiantes por educador, sin embargo, en las escuelas multigrado, en algunos casos sólo hay un maestro para todos los niveles, lo que indica que reciben una educación más deficiente.

En el caso de los niveles de pre-media y media en la parte alta de la cuenca del río San Pedro se registró para el 2006 un total de 7634 estudiantes de los cuales 3127 (41%) son eran hombres y 4507(59%) eran mujeres. De esta población estudiantil 4,374 (57.3%) estaban matriculados en nivel de promedia y 3472(45%) son de nivel media. Además cuentan 464 profesores con titularidad de profesorado y 463 profesores con otra titularidad universitaria.

En cuanto a la infraestructura para los niveles de premedia y media en el área se encuentran 11 colegios en condiciones en su mayoría rural, sólo cinco son urbanos. Se cuenta en la totalidad con 201 aulas de las cuales 146 se encuentran en buen estado, 27 tienen condiciones regular y 28 tienen malas condiciones. La mayor cantidad de las que se encuentran en mal estado se ubican en la Escuela Normal de Santiago, pero también es la que cuenta con una mayor cantidad de aulas, 58 de las cuales 25 se encuentran en mal estado, en el 2006 y 2007 se realizó una remodelación de esta escuela (Figura 17).



Figura 17. Infraestructura de una escuela primaria la comunidad del Bichal, cuenca alta del río San Pedro, Panamá.

En el caso de la universidad se encuentra el Centro Regional de la Universidad de Panamá, el Centro Regional de la Tecnológica y cinco universidades privadas: Universidad Latina, Universidad ISAE, Universidad Especializada de las Américas (UDELAS), Columbus University y Universidad de la Paz (UPAZ). Todas estas universidades se encuentran concentradas en Santiago.

d) Salud

Según en Ministerio de salud (MINSA) (2008) en CARSP existe seis centros de Salud y 2 puestos de salud con el siguiente personal tecnico: trece médicos de medicina general, dos especialistas, nueve enfermeras, cinco auxiliares, 11 odontólogos, un asistente de salud, dos especialistas en saneamiento ambiental, un nutricionista, un trabajador social, dos educadores para la salud y un radiólogo. Igualmente, se cuenta con tres hospitales para toda la provincia, el hospital Chicho Fábrega que es un hospital que está bajo a administración del MINSA y se encuentra ubicado en el distrito de Santiago, el hospital Francisco Javier de Cañazas y que se encuentra en el distrito de Cañazas, también se encuentra bajo la administración del MINSA y el hospital Ezequiel Abadía que se ubica en Soná y que está bajo la administración de la CSS (Figura 18).

En el caso del servicio privado a la salud, todo se concentra en Santiago. Existen aproximadamente 34 clínicas privadas, entre las que se encuentran aproximadamente 11 de odontología, 1 pediátrica y 1 psicológica. Además un Centro Médico.

Los servicios de Agua potable y drenaje en la CARSP en su totalidad depende de suministro de agua potable a través de acueductos rurales ya que el instituto de acueductos y alcantarillados (IDAAN) no cuenta con plantas potabilizadoras dentro de este territorio y según consultas a moradores se nos informó que sólo La Mesa Cabecera recibe agua suministrada por IDAAN y esta proviene de pozo. Además el agua de esta comunidad se monitorea mensualmente sólo para determinar la calidad bacteriológica y se le aplica cloro.

En el caso de los sistemas de drenajes, en la CARSP no cuenta con este servicio y para el descargue de las aguas residuales, se utiliza el sistema de tanques sépticos residenciales, esto en los corregimientos cabecera, ya que en el caso de las comunidades bien apartadas se utiliza letrinas y las aguas residuales se canalizan por los patios de las casas a través de zanjas.

El Saneamiento básico en la CARSP, la basura es uno de los principales problemas, según conversaciones sostenidas con algunos moradores y es que la recolección de basura se

realiza solamente en los corregimientos cabecera, las demás comunidades, los mismos moradores deben encargarse de la misma y la forma en que se desechan es a por el sistema de quemas y en algunos casos la entierran, pero siempre hay quienes la tiran en lugares no adecuados como: cerca de las fuentes de agua, cerca de las casas, entre otros (Figura 19).



Figura 18. Infraestructura de un centro de salud en el corregimiento de San Pedro del Espino, cuenca alta del río San Pedro



Figura 19. Vertedero a cielo abierto en el corregimiento cabecera de la mesa, cuenca alta del río San Pedro

e) Aspectos Económicos

La población de la CARSP, como el resto de la población rural del país, se dedica en su mayoría a las actividades agropecuarias. En total, este territorio tiene 2,917 personas ocupadas, de estas 1,377 personas (47%) se dedican a las actividades agropecuarias. (Contraloría General de la República de Panamá, X Censo de Población y VI de Vivienda 2000). Además existe otras actividades de las cuales se obtiene ingresos en la actualidad, es la mano de obra en fincas y la participación en la actividad de cría de pollos a nivel industrial (Figura 20). El ingreso promedio mensual está entre los 50 y 222 dólares. Sólo en 28 (38%) de los lugares poblados las y los moradores obtienen un ingreso promedio mensual superior a los 100 dólares. Los poblados donde el ingreso promedio mensual es mayor es: Mostrenco, San Pedro del Espino y La Iguana que el promedio del ingreso llega a los 200 dólares (Cuadro 26).



Figura 20. Actividad de cría de pollos en el corregimiento de La Mesa

Cuadro 26. Ingreso promedio de la población y de los hogares mayores de 10 años

<i>Lugar Poblado</i>	<i>Ingreso promedio mensual de la población mayor de 10 años</i>	<i>Ingreso promedio mensual de los hogares</i>	<i>Lugar Poblado</i>	<i>Ingreso promedio mensual de la población mayor de 10 años</i>	<i>Ingreso promedio mensual de los hogares</i>
Asiento Bonito	155.0	133.3	Cerro Gordo	81.2	74.6
Bella Vista	50.5	50.5	El Caimito	50.5	50.5
Canto Del Llano	54.5	62.1	Las Peñitas	83.5	81.2
Caña Brava	56.7	60.8	Llano Harino	90.1	90.1
El Bolsico	50.5	67.0	Los Quinteros	83.5	112.5
El Coco	50.5	162.5	La Peña	196.7	247.8
El Gavilán	129.2	133.3	El Almacigo	0.0	50.5
El Limón	50.5	50.5	El Hormigal	187.5	250.0
El Otro Lado	58.8	60.4	La Coloradita De La Peña	158.3	212.5
El Piro	150.0	100.0	La Ensellada	56.7	53.8
La Bartola	50.5	50.5	La Guaca (P) (Las Huacas (P))	60.4	75.3
La Mesa (Cab.)	181.4	242.9	La Subidita	120.0	136.7
La Montaña (P)	64.0	56.7	Llano De Castillo	150.0	212.5
Las Animas	75.3	70.3	Rincón Largo (P)	178.8	205.0
Llano Bonito	50.5	62.9	El Bichal	53.8	60.4
Los Barría	50.5	50.5	El Bongo	81.4	137.5
Los Castillos	162.5	203.1	El Nance	199.1	235.0
Los Leones	50.5	50.5	La Fragua	164.1	177.3
Monte Grande	67.0	75.3	Las Margaritas	70.3	67.0
Mostrenco	221.9	112.5	San Pedro De La Horqueta	89.9	106.9
Palomares	87.6	75.3	San Pedro Del Espino	213.8	212.5

<i>Lugar Poblado</i>	<i>Ingreso promedio mensual de la población mayor de 10 años</i>	<i>Ingreso promedio mensual de los hogares</i>	<i>Lugar Poblado</i>	<i>Ingreso promedio mensual de la población mayor de 10 años</i>	<i>Ingreso promedio mensual de los hogares</i>
Piedra Hincada	61.5	60.8	Los Algarrobos	180.8	207.1
Quebrada Lajas	50.5	57.6	El Barro	145.8	179.7
Rincón Largo	50.5	50.5	La Iguana	218.3	245.8
San Pedrito	50.5	50.5	Los Balsas	106.3	150.0
Llano Grande	78.9	82.9	Pacora	60.7	64.9
Charco Negro	69.4	83.5	Quebrada Grande	192.9	289.5
El Guabal (P)	50.5	50.5	El Marañón	76.4	88.1
El Rodeo	58.8	61.5	Asiento Bonito	185.7	175.0
La Lina	50.5	50.5	Bolívar	125.0	143.8
La Montaña (P) O La Montaña Arriba	150.0	60.4	El Marañón	196.9	221.9
La Montaña Abajo	104.2	76.9	Juan Champara	57.6	70.3
Los Ríos	0.0	50.5	Las Huacas	50.5	56.0
Río De Jesús Cabecera	108.3	111.6	Piedras Negras	111.1	250.0
Aclita	154.2	145.0	Santa Bárbara	75.3	75.3

Fuente: Contraloría General de la República de Panamá (2000)

- *Característica de los sistemas de producción*

En la CARSP se presentan diferencias en cuanto al nivel de tecnología que aplican las explotaciones agrícolas en comparación a las fincas pecuarias.

Casi la totalidad de las fincas agrícolas se manejan bajo métodos de subsistencia, los cuales, generan unas producciones escasas. El arroz y el maíz son quizás las únicas especies que se siembran en algunos casos, con propósitos comerciales, haciendo uso de maquinaria y

aplicando insumos agrícolas necesarios para alcanzar rendimientos aceptables al momento de la cosecha.

A diferencia de la parte agrícola, la producción pecuaria presenta un mayor avance en el tipo de tecnología empleada, principalmente las fincas avícolas. Las fincas ganaderas en su mayoría, también muestran un manejo adecuado donde se hace evidente que los productores realizan inversiones económicas en mejoras de pasturas e infraestructura.

- *Sistemas de producción pecuarios*

La actividad pecuaria es evidentemente la que ocupa mayor superficie en la CARSP, además y es el sector que genera mayor desarrollo económico en el área. Dicha actividad está representada de manera casi exclusiva por la cría de aves, cerdos y bovinos, pues son las especies que los productores crían con más frecuencia y con fines comerciales o para autoconsumo.

Según la Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario del 2001, señala que el 44.5% (41,359.46 ha) de la superficie total de la CARSP es destinada al desarrollo de la actividad agropecuaria. De ese total, aproximadamente el 40% está ocupado con pasturas naturales o introducidas utilizadas para la alimentación de bovinos; y apenas un 4.4% del área es usada para el establecimiento de cultivos temporales; el resto de la superficie podría incluir otros usos (matorrales, bosques, áreas urbanas, cultivos permanentes, etc.)(Cuadro 27).

Además existen una variabilidad en cuanto al nivel tecnológico y el número de animales existentes en cada una de las fincas pecuarias, las cuales pueden clasificarse como grandes explotaciones, sobre todo las del sector avícola, pero la mayoría de ellas deben catalogarse como medianas a pequeñas explotaciones.

Cuadro 27. Superficie aproximada de la actividad agrícola y ganadera en la parte alta de la cuenca del San Pedro

<i>Usos</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Cultivos temporales	1,824.96	4.4
Ganadería	16,568.36	40.1
Otros usos	22,966.14	55.5
Total	41,359.46	100

Fuente: Contraloría General de la República de Panamá (2001)

En cuanto al número de fincas 541 explotaciones ganaderas y 305 fincas porcinas (Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario del 2001). Los datos antes mencionados muestran que las fincas avícolas son más abundantes que el resto, pero esto se debe a que el censo agropecuario considera a cada residencia donde exista una cría de pollos o gallinas, como una explotación avícola, sin importar si la misma se desarrolla o no con propósitos comerciales.

- **Actividad avícola**

Según la Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario (2001), existen en la CARSP aproximadamente 2,106 explotaciones avícolas. Esta cifra considera a cada residencia donde exista una cría de pollos o gallinas, como una explotación avícola, sin importar si la misma se desarrolla o no con propósitos comerciales.

CATIE (2009) menciona que en la zona existen cerca de 12 empresas avícolas, unas con mayor infraestructura instalada y por lo tanto, con mayor capacidad productiva que otras, pero todas funcionando con el mismo nivel tecnológico (equipo automatizado para la alimentación manejo sanitario, suministro de agua, etc.) (Ver foto 3). Esta actividad se caracteriza por estar principalmente en manos de grandes empresas dedicadas a la producción comercial a gran escala. Además las galeras utilizadas tienen una capacidad para criar alrededor de veinte mil pollos de manera simultánea; y el tiempo de crianza, desde el recibimiento de los pollitos hasta su sacrificio, dura aproximadamente 40 días. El peso ideal para el sacrificio es de entre tres y cuatro libras.



Figura 21. Tipo de galeras para la cría y engorde de pollos instaladas por las empresas avícolas en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro

Adicional a la producción avícola a gran escala que se da en esta zona, también existe la cría de pollos y gallinas que es desarrollada de manera tradicional y cuya finalidad es la de aliviar la necesidad alimentaria de las familias de la CARSP. Este método tradicional de crianza por lo general se realiza dejando los pollos y gallinas en soltura dentro del patio o en los perímetros de la propiedad. En la mayoría de los casos la alimentación de las aves es a base de maíz en grano que los productores compran en el comercio del área, o en algunos casos proviene de alguna plantación de maíz que el propio productor cultivó. Además no existe un manejo sanitario ni técnicas de crianza avanzadas que permitan a la familia obtener un producto final a los 40 días, como ocurre en las empresas comerciales.

- **Actividad porcina**

En la CARSP, se localizan aproximadamente 305 fincas porcinas, que en conjunto reúnen un total de 2,433 cabezas considerándose así como una actividad a pequeña y mediana escala. Además del total de trece corregimientos que forman parte del área de estudio, sólo cuatro de ellos cuentan con fincas que en promedio, mantienen una cantidad superior a los 20 animales. Las fincas existentes en el resto de los corregimientos cuentan con menos de nueve

unidades animales (Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario del 2001).

Lo anterior significa que la actividad porcina que se desarrolla en la mayoría de los corregimientos de la cuenca es más del tipo tradicional o de subsistencia, donde el pequeño productor cría algunos cerdos (generalmente menos de 5) en corrales reducidos, confeccionados de manera artesanal o con la utilización de algunos materiales de construcción. Toda la carne producida es finalmente consumida por la propia familia del productor, o una pequeña porción es vendida ocasionalmente a los vecinos o miembros de la propia comunidad. Además también se ha podido observar, aunque no con frecuencia, que algunos productores crían entre uno a dos cerdos fuera de corrales; es decir, en soltura deambulando por los predios de la casa. Esta práctica se observa principalmente en las comunidades más apartadas de la cuenca alta.

CATIE (2009) reporta la existencia de tres fincas porcinas de las cuales solo dos (ubicadas dentro del corregimiento de la mesa) se pueden considerar como comerciales.

- **Actividad ganadera**

En la CARSP predominan dos tipos de ganadería: una de manera extensiva por parte de pequeños y grandes ganaderos. En términos generales se puede decir que las fincas implementan técnicas tradicionales, donde los animales se alimentan de pasturas naturales o introducidas y en la mayoría de los casos no se les brinda ningún tipo de suplemento alimenticio. Tampoco se establecen programas sanitarios ni se llevan registros actualizados de la actividad. Aunque es notable que muchas fincas hayan establecido pasturas mejoradas pero el manejo de las mismas no parece ser del todo adecuado y en la ganadería un poco más tecnificada, donde las áreas de potrero están cultivadas con pasturas mejoradas, muy bien manejadas, libres de maleza y sin signos de sobre-pastoreo. Por otro lado, dentro de estas fincas se logra observar un grado de inversión en infraestructura, maquinaria, equipo, implementa programas sanitarios y de suplementación alimenticia. Sin embargo, son pocas las explotaciones que cuentan con los recursos suficientes para desarrollar la actividad de tal

manera (Figura 22). Además existen 2 tipos de ganadería pero a menor escala como lo es la ganadería lechera (3 productores) y la ganadería semi-intensiva (2 empresas) (CATIE, 2009).



Figura 22. Actividad de vacunación en la comunidad de Piedra Hincada, Hacienda Agroganadera del Istmo, S.A

Según Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario (2001), las explotaciones ganaderas a nivel de corregimiento es de aproximadamente 541 fincas, mismas que reúnen un total de 15,074 reses, con un promedio desde nueve hasta sesenta y cuatro animales siendo entre veinte a cuarenta cabezas las más frecuentes, con una explotación promedio en cuanto a superficie de 15 a 67 hectáreas y una relación de carga animal promedio entre 0.6 a un máximo de 1.2 unidades animales por hectárea. No obstante, las consultas realizadas en campo aseguran que dentro del área de estudio existen explotaciones que mantienen una superficie mayor, como es el caso Hacienda Agroganadera del Istmo, S.A. con 600 hectáreas.

El mismo autor menciona que el 40.1% de la superficie está cubierta por áreas de pastizales naturales y/o introducidos que son utilizadas para la producción bovina (cría y engorde). Donde se utilizan mayormente los pastos tradicionales, los cuales cubren en total una superficie cercana a las 10,902.3 ha, seguido de los pastos naturales que abarcan alrededor de 4,023.6 ha; por último están los pastos mejorados que se extienden sobre 1,642.5 ha (Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario 2001) (Figura 23).

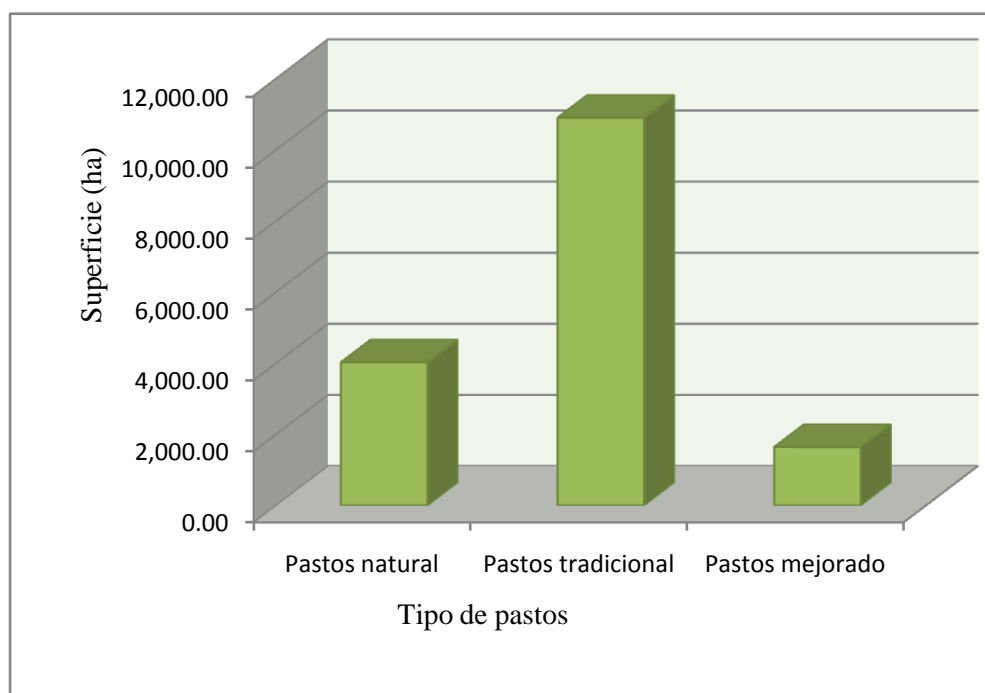


Figura 23. Superficie por tipo de pasto utilizado en la parte alta de la cuenca del río San Pedro

Entre los pastos mejorados más cultivados están los del género *Brachiaria*, siendo probablemente la especie *B. decumbens* una de las más aceptadas por los ganaderos. Dentro de este mismo género también se cultivan las especies *B. humidicola* y *B. brizantha* aunque no de forma tan frecuente como la anterior. Además entre los pastos tradicionales y naturales se puede identificar a la Faragua (*Hyparrhenia rufa*) como uno de los más empleados por los ganaderos (Figura 24). También están las especies de pastos naturales que crecen en la región, caracterizados por su bajo contenido de nutrientes y alta susceptibilidad a los periodos de sequía.



*Figura 24. Tipos de pasto en las finca de en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro. Izquierda pasto mejorado (*Bachiaria decumbens*) y derecha pasto natural (*Hyparrhenia rufa*)*

- **Sistemas de producción agrícola**

Según Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario (2001), los cultivos temporales que se siembran en la CARSP solamente abarcan el 4.4% de la superficie total del área de estudio. Además se cultivan una amplia variedad de especies, pero prácticamente todos bajo un sistema de agricultura de subsistencia. Ello supone bajos rendimientos por unidad de superficie cultivada y en consecuencia bajos niveles de producción. En este sentido se puede decir que dentro del área de estudio se cultivan granos, hortalizas, raíces, tubérculos y frutas; pero muchas de las especies sembradas, sobre todo las hortalizas, se producen en parcelas tan pequeñas de apenas 10 ó 20 metros cuadrados, que al sumar la superficie total sembrada en toda la cuenca alta no se completan ni dos hectáreas de terreno. El arroz y el maíz son las dos especies que más se cultivan, mientras que el resto de ellas ocupan superficies muy pequeñas en comparación a las dos primeras. Solamente la superficie cultivada con arroz y maíz representan el 45% y el 37% respectivamente, de toda la tierra destinada a la producción de cultivos temporales; mientras que el 18% restante es destinado a la producción de todos los otros cultivos (Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario 2001) (Figura 25).

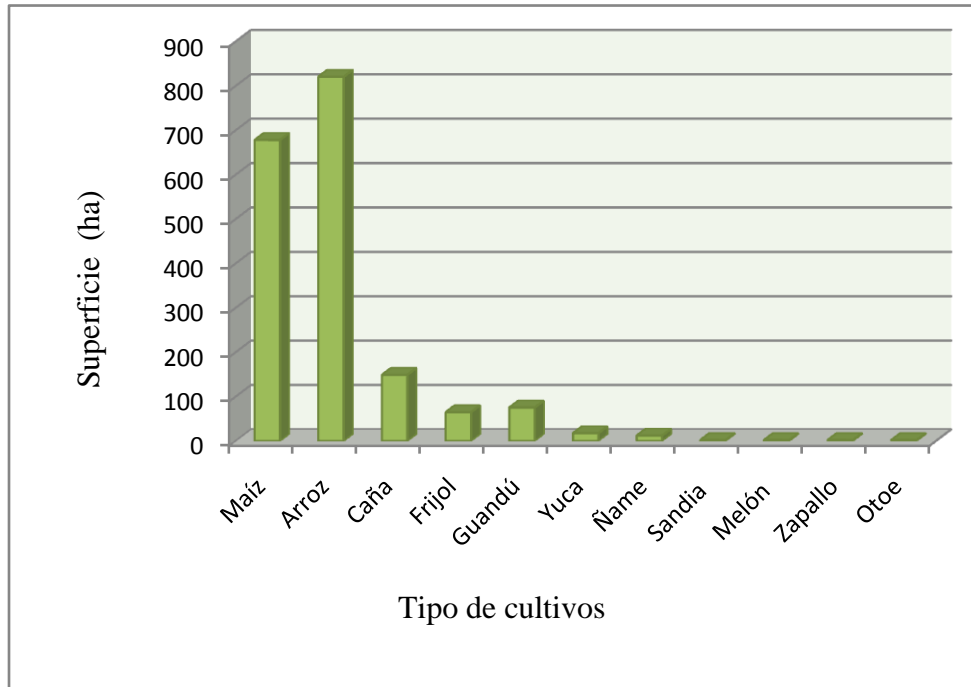


Figura 25. Superficie cultivada por especie, en la parte alta de la cuenca del río San Pedro

- **Cultivos Temporales**

- a) El cultivo de maíz

Es uno de los principales cultivos que se producen en la cuenca alta. Esta especie se produce bajo sistemas tradicionales y es una de las pocas que también se produce bajo métodos comerciales. En toda la región se pueden observar pequeñas plantaciones de maíz que en promedio pueden abarcar entre 500 m² a no más de 1 ha de terreno. Son muy pocas las plantaciones que pueden cubrir superficie mayores a una hectárea, excepto por aquellas establecidas con propósitos comerciales.

Según Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario (2001), en la CARSP existe alrededor de 1,152 explotaciones que en conjunto suman una superficie cultivada de 678.21 ha. La producción total cosechada en grano seco fue de 11,242.2 qq y también se cosecharon 3,473.7 cientos de mazorca (maíz nuevo). El rendimiento promedio calculado por unidad de superficie cultivada, para el caso del maíz en grano seco, es de

aproximadamente 19 qq/ha. De igual forma se calculó el tamaño promedio de las parcelas de maíz y se encontró que en general alcanzan una superficie de 0.62 ha.

La mayoría de las parcelas se establecen entre los meses de junio a agosto utilizando la técnica de siembra a chuzo y son cosechadas entre agosto a noviembre. Las semillas utilizadas por lo general son producidas artesanalmente provenientes de la cosecha anterior. También fue notable el uso de densidades de siembra muy bajas, pues se podía apreciar claramente una separación de aproximadamente 60 cm o más entre plantas.

Sólo las plantaciones tecnificadas hacen uso de insumos como semillas comerciales, fertilizantes, herbicidas e insecticidas. Además del uso de maquinaria agrícola para el laboreo del terreno y una distancia de siembra adecuada de aproximadamente 30 a 40 cm entre plantas (Figura 26).



Figura 26. Cultivo de maíz comercial en la comunidad de Las Huacas en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro. Izquierda maquinaria agrícola para la preparación de la tierra y derecha terreno sembrado con una distancia de siembra de 30 x 40 cm

b) El cultivo de arroz

Es otro de los cultivos principales de la cuenca alta. Esta especie, al igual que el maíz, se produce bajo ambos tipos de sistemas: tradicionales y comerciales. En toda la región se pueden observar pequeñas parcelas de arroz que en promedio pueden alcanzar un tamaño

cercano a 1ha de terreno. Son muy pocas las plantaciones que pueden cubrir superficies mayores a una hectárea, excepto por aquellas establecidas con propósitos comerciales

Según Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario (2001), en la CARSP, existen alrededor de 1,037 explotaciones de arroz que en conjunto suman una superficie plantada de 820.63 ha. La producción total cosechada fue de 26,741 qq. El rendimiento promedio calculado por unidad de superficie cultivada es de aproximadamente 22.06 qq/ha. De igual forma se calculó el tamaño promedio de las parcelas de arroz y se encontró que en general alcanzan una superficie de 0.79 ha.

Las parcelas cultivadas con métodos tradicionales se establecen entre los meses de mayo y junio, cuando la temporada lluviosa se ha establecido por completo, utilizando siempre la técnica de siembra a chuzo (Figura 27). Además estas parcelas se caracterizan por presentar una densidad de siembra baja, por la poca o nula fertilización y el manejo deficiente de las plagas incluyendo malezas, insectos y enfermedades. Tampoco se pudo observar el uso de la técnica de cultivo.

La cosecha se efectúa tres o cuatro meses después de la siembra, entre los meses de septiembre y octubre. Por lo general se utilizan semillas “criollas” provenientes de la cosecha del ciclo de producción anterior; las cuales son sometidas a un proceso de secado artesanal para luego ser almacenadas hasta que llegue el momento de siembra.



Figura 27. Cultivo de arroz establecido con técnicas tradicionales en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro

Por otro lado, las plantaciones comerciales de arroz son establecidas con técnicas avanzadas de producción, entre ellas se puede mencionar el uso de maquinaria agrícola para el laboreo del terreno, también para la aplicación de pesticidas y para realizar las labores de cosecha, además no se aplica sistema bajo riego o inundación toda la producción se realiza bajo la técnica de secano por lo que depende completamente de las lluvias. Dentro de este sistema de producción la fertilización y el control de las plagas son labores claves que se programan en forma periódica con el fin de prevenir bajos rendimientos o pérdidas en la cosecha. El uso de semilla comercial o certificada es otra de los aspectos que caracteriza a este sistema de producción. Además en estas plantaciones comerciales de arroz se logran obtener rendimientos promedios cercanos entre 90 a 100 qq/ha (Name y Robles 2009).¹

c) Cultivo de Caña de azúcar

Este cultivo se produce en su totalidad bajo técnicas tradicionales, sin el uso de maquinaria ni la aplicación de insumos agrícolas. La caña es una especie cultivada por pocos productores y las parcelas establecidas dentro de la cuenca alta se hacen más frecuentes en aquellas zonas donde la ganadería parece ser la actividad principal. Esto sugiere que muchas de estas plantaciones de caña son finalmente utilizadas como parte de la suplementación alimenticia que se brinda al ganado bovino en la época de escasez (Balsa, Castillo, Richards, Juárez 2009).² Además otra pequeña parte de la cosecha de caña es utilizada en la industria artesanal (trapiches) de la caña en la elaboración de raspadura, bebidas alcohólicas u otro tipo de productos (Figura 28).

Según Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario (2001), en la CARSP existe alrededor de 320 explotaciones de caña, que en conjunto suman una superficie plantada de 149.03 ha. La producción total cosechada fue de 3,930 t. El rendimiento promedio calculado por unidad de superficie cultivada es de aproximadamente 26.37 t/ha. De igual forma se calculó el tamaño promedio de las parcelas de caña y se encontró que en general alcanzan una superficie de 0.43 ha.

¹ Consulta a productores Luis Name y David Robles, 2009

² Consulta a productores Laureano Balsa, Gabriel Castillo, Julio Richards y Enrique Juárez 2009.



Figura 28. Caña utilizada para suplemente alimenticio al ganado en comunidad de Los Balsas en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro

Los productores no tienen una fecha regular para el establecimiento de las parcelas de caña, pero siempre lo hacen en la época lluviosa, principalmente al inicio de la misma. Dichas parcelas generalmente no son fertilizadas ni reciben un control adecuado de las plagas. Lo habitual es que las plantas se desarrollen con base a los nutrientes que aporta el suelo y la disponibilidad de agua proveniente de las precipitaciones típicas de la temporada lluviosa. Además las plantaciones se caracterizan por sus tamaños reducidos que generalmente no superar 1 ha de superficie, tampoco es común la utilización de variedades mejoradas y se manejan densidades de siembra bajas en comparación a los sistemas comerciales (Figura 29).



Figura 29. Plantación de Caña establecida con método tradicional en la comunidad del Mostrenco en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro

d) Cultivo de frijol de bejuco

Este cultivo es producido por un número reducido de agricultores en la CARSP, por lo que no es frecuente observarlo en las fincas de los productores. Las parcelas por lo general son pequeñas y se cultivan únicamente bajo métodos tradicionales utilizando la técnica de “a chuzo”, sin la aplicación de insumos agrícolas como enmiendas, pesticidas o fertilizantes (Figura 30).



Figura 30. Plantación de frijol establecida con método tradicional en la comunidad de Bella Vista en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro

Esta es una de las pocas especies que los agricultores establecen al final del ciclo de producción de cada año, en las mismas parcelas donde días anteriores cosecharon arroz o maíz, por mencionar algunos ejemplos. La siembra del frijol se realiza normalmente durante los meses de septiembre a inicios de noviembre, justo cuando está finalizando la cosecha de otros cultivos como el arroz, y la cosecha se realiza en el mes de diciembre o enero. No obstante, también es frecuente encontrar esta especie sembrada de manera simultánea en una misma parcela junto con maíz o yuca, en este caso la siembra se realiza a inicios de la temporada lluviosa.

Según Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario (2001) en la CARSP, existen alrededor de 368 explotaciones de frijol, que en conjunto suman una superficie plantada de apenas 64.82 ha. La producción total cosechada fue de 313 qq. El rendimiento promedio calculado por unidad de superficie cultivada es de aproximadamente 4.22 qq/ha. De igual forma se calculó el tamaño promedio de las parcelas de frijol y se encontró que en general alcanzan una superficie de 0.17 ha. Además estas plantaciones se caracterizan por sus tamaños reducidos, donde se utilizan densidades de siembra muy bajas.

No se aplican pesticidas para el control de plagas ni fertilizantes para garantizar el buen rendimiento de la parcela; tampoco se cultivan variedades mejoradas, pues la semilla utilizada proviene de la cosecha anterior. Otro aspecto que vale resaltar es que la mayoría de los productores desconocen las bondades de esta especie como mejoradora del suelo y la utilidad que puede tener en programas de conservación del suelo y control de malezas.

e) Guandú o frijol de palo

Esta especie es cultivada por un gran número de agricultores en la cuenca alta, por lo tanto se observa prácticamente en cada una de las fincas de productores. Se le encuentra generalmente en parcelas pequeñas en los predios de las casas o asociado con otras especies dentro de las áreas de cultivos o fincas (Figura 31). Todo el guandú existente en el área de estudio se cultiva solamente bajo métodos tradicionales a través de la técnica de “a chuzo”.



Figura 31. Plantación de Guandú establecida con método tradicional en los predios de las casas en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro

Los agricultores siembran el guandú a inicios de la temporada lluviosa y es una de las pocas especies que los productores establecen en asociación con otra variedad de cultivos. En campo se puede encontrar asociada con yuca, maíz, plátano, otoi, etc. También es una de los cultivos que se observa con mucha frecuencia establecido en los predios de las casas, a diferencia de otros como el arroz, ñame, otoi, entre otros; que solamente se les encuentra en las áreas de producción y no en los alrededores de la vivienda.

Según Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario (2001) en la CARSP, existen alrededor de 734 explotaciones de guandú, que en conjunto suman una superficie plantada de apenas 75.39 ha. La producción total cosechada fue de 462 qq. El rendimiento promedio calculado por unidad de superficie cultivada es de aproximadamente 8.18 qq/ha. De igual forma se calculó el tamaño promedio de las parcelas de guandú y se encontró que en general alcanzan una superficie de 0.1 ha.

Las condiciones y manejo de la plantación son muy similares al de otros cultivos; por ejemplo: parcelas pequeñas, densidades de siembra muy bajas, no uso de pesticidas, fertilizantes ni semillas certificadas, etc. Al igual que ocurre con el frijol, la mayoría de los productores desconocen las bondades de esta especie como mejoradora del suelo y la utilidad que puede tener en programas de conservación del suelo y control de malezas.

f) Cultivo de Yuca

Esta es otra de las especies más apreciadas por los agricultores de la cuenca alta del río San Pedro. A pesar de no cultivarse en proporciones de superficie similares al arroz o maíz, la misma está presente en prácticamente todas las parcelas de producción. La yuca se cultiva generalmente en parcelas pequeñas de monocultivos, pero en ocasiones también se le puede encontrar asociada con otras especies como el guandú. Tampoco es frecuente que se le cultive en los predios de las casas, al parecer los agricultores prefieren sembrarla en las áreas de la finca destinadas exclusivamente a la producción de cultivos (Figura 32).



Figura 32. Plantación de yuca establecida con método tradicional en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro

La época de siembra de la yuca es a inicios de la temporada lluviosa y las parcelas se establecen con métodos totalmente tradicionales, en ausencia de maquinaria e insumos agrícolas. Al igual que con los otros cultivos, tampoco se utilizan semillas de yuca de variedades mejoradas; las densidades de siembra son bajas y las atenciones que los productores brindan a la plantación se limitan prácticamente al control manual de las malezas, labor que realizan con machete o azadas.

Según Contraloría General de la República de Panamá, VI Censo Agropecuario (2001) en la CARSP, existen alrededor de 982 explotaciones de yuca, que en conjunto suman una superficie plantada de apenas 17.50 ha. La producción total cosechada fue de 2,798 qq. El rendimiento promedio calculado por unidad de superficie cultivada es de aproximadamente 172.11 qq/ha. De igual forma se calculó el tamaño promedio de las parcelas de yuca y se encontró que en general alcanzan una superficie de 0.02 ha.

g) Cultivo de Ñame

Este cultivo es producido por un número reducido de agricultores en la CARSP, siendo así que a nivel comercial solo existe un productor en todo el territorio. La parcela posee un tamaño de 12 hectáreas y se cultivan únicamente bajo métodos tecnificado con la aplicación de insumos agrícolas como enmiendas, pesticidas o fertilizantes, maquinaria, riego entre otros (Figura 33).



Figura 33. Plantación comercial de ñame, en la Parte alta de la cuenca del río San Pedro

La época de siembra del ñame es entre los meses de abril y junio (secano), para iniciar la cosecha entre diciembre a marzo. Bajo condiciones de riego la época de siembra estará en función de la demanda del mercado.

Las parcelas se establecen con métodos tecnificado, con la utilización de maquinaria e insumos agrícolas. Además se utilizan semillas de ñame de variedades mejoradas (Diamante 6322) y las densidad de siembra utiliza es de 1 metro entre hileras y 0.25 metros entre planta para una densidad de 40,000 plantas/ha. La producción total cosechada fue de 6,000 qq, con

rendimiento promedio calculado por unidad de superficie cultivada es de aproximadamente 500 qq/ha (Navarro 2009).³

4.2 Identificar las zonas vulnerables y en proceso de degradación de suelos en la parte alta de la cuenca del río San Pedro

Como resultado de la aplicación de la metodología de análisis multicriterio, tomando en cuenta los seis criterios seleccionados (cobertura actual, conflicto de uso, erosión actual, fertilidad, incendios y pendiente) para identificar las zonas vulnerables y en proceso de degradación en la CARSP, se obtuvo que el 68.11 % de la superficie total de la cuenca alta posee una vulnerabilidad media, esto es aproximadamente 281.70 km². Seguido de un 23.77 % (98.33 km²) tiene una vulnerabilidad alta (Cuadro 28). Esto nos indica que los suelos de la PACRSP son muy propensos a los procesos de degradación, lo cuál debería tomarse en cuenta al momento de la planificación de fincas y de las prácticas culturales a utilizar (Cuadro 28 y figura 34)

Cuadro 28. Distribución superficial de las zonas vulnerables y en proceso de degradación de los suelos en la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá

<i>Vulnerabilidad</i>	<i>Superficie (km2)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Baja	33.57	8.12
Media	281.70	68.11
Alta	98.33	23.77
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

³ Consulta a productor Concepción Navarro 2009

4.3 Identificar espacialmente la aptitud de las tierras de la cuenca alta del río San Pedro, enfatizando en necesidades de recuperación de tierras degradadas para facilitar la planificación y la toma de decisiones sobre el manejo de la cuenca

4.3.1 Unidades Cartográficas o mapeo (UC), evaluadas en la parte alta de la cuenca del río San Pedro

De la sobreposición de los mapas bases (capacidad agrologica + cobertura actual), se obtuvieron un total de 150 UC homogéneas con un área en total de 413.60 Km², las cuales son identificada por un número consecutivo (Cuadro 29, Figura 36). Y en su totalidad se contaba con la información requerida para realizar la evaluación de tierra. Entre las UC evaluadas con mayores unidades de área podemos mencionar la UC 100 (8.58%), 121(7.69%), 69 (6.31%), 144 (6.08%), 71 (4.93%), 70 (4.13%), 99 (2.77%), 62 (2.50%), 91 (2.28%), 64 (2.09%), 42 (2.01%) y en conjunto representa un 49.37 % del área total, el resto de la UC se distribuye en unidades por debajo del 2% del área total (Figura 35).

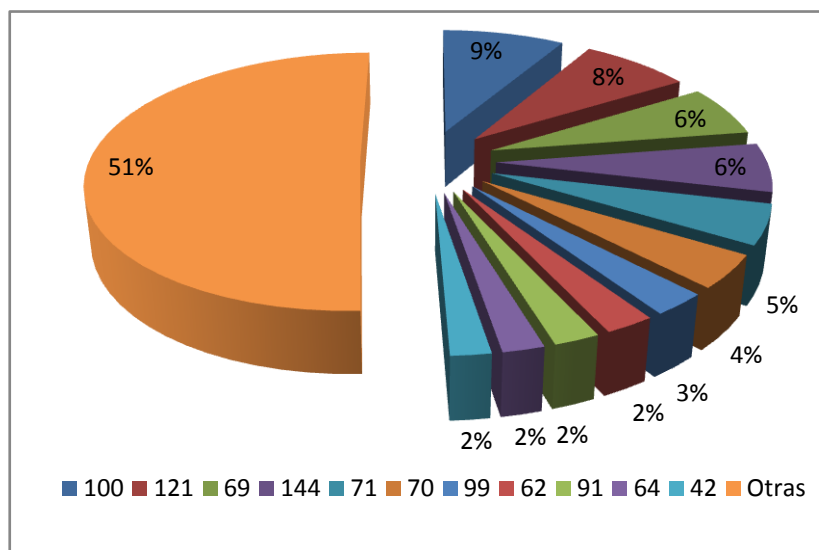


Figura 35. Distribución porcentual de unidades cartográficas con mayor área de la cuenca alta del río San Pedro, Panamá.

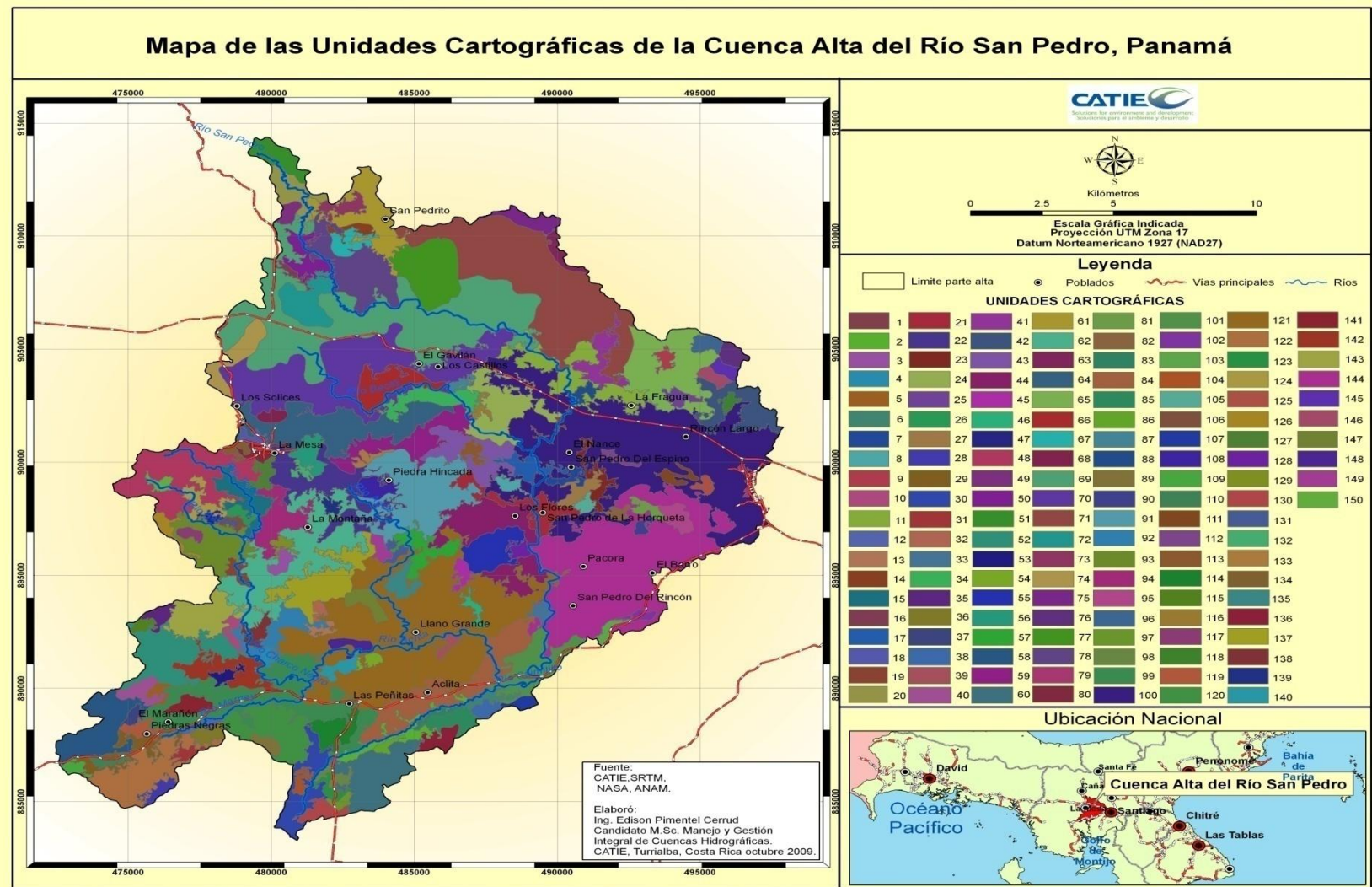


Figura 36. Mapa de Unidades cartográficas de la cuenca alta del río San Pedro, Panamá

Cuadro 29. Distribución de las Unidades Cartográficas, en la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá

Unidades Cartográficas	Área (Km2)	Porcentaje (%)	Unidades Cartográficas	Área (Km2)	Porcentaje (%)	Unidades Cartográficas	Área (Km2)	Porcentaje (%)
1	0.3664	0.09	26	0.4308	0.10	51	1.7132	0.41
2	1.6689	0.40	27	0.9663	0.23	52	5.5841	1.35
3	0.5948	0.14	28	0.6186	0.15	53	0.4913	0.12
4	0.4261	0.10	29	1.9471	0.47	54	0.4024	0.10
5	0.4057	0.10	30	3.2845	0.79	55	2.8283	0.68
6	0.6506	0.16	31	0.4661	0.11	56	1.2495	0.30
7	0.5461	0.13	32	0.3574	0.09	57	2.0829	0.50
8	0.4604	0.11	33	0.4851	0.12	58	4.6580	1.13
9	0.4361	0.11	34	2.2788	0.55	59	4.0446	0.98
10	0.5968	0.14	35	0.6654	0.16	60	5.0916	1.23
11	4.8562	1.17	36	0.7585	0.18	61	4.5408	1.10
12	0.3901	0.09	37	0.4199	0.10	62	10.3545	2.50
13	0.3884	0.09	38	0.5975	0.14	63	0.7042	0.17
14	0.4936	0.12	39	0.4721	0.11	64	8.6562	2.09
15	2.3915	0.58	40	1.0491	0.25	65	7.5802	1.83
16	0.3879	0.09	41	1.9534	0.47	66	2.9018	0.70
17	1.2810	0.31	42	3.4593	0.84	67	1.0920	0.26
18	0.4171	0.10	43	3.4221	0.83	68	0.5001	0.12
19	0.6314	0.15	44	6.5121	1.57	69	26.0946	6.31
20	2.0228	0.49	45	0.6133	0.15	70	17.0624	4.13
21	2.6997	0.65	46	0.4872	0.12	71	20.4031	4.93
22	5.8151	1.41	47	0.3356	0.08	72	2.8586	0.69
23	1.1274	0.27	48	8.3128	2.01	73	0.9374	0.23
24	4.6482	1.12	49	0.5436	0.13	74	2.1741	0.53
25	0.6167	0.15	50	1.8818	0.45	75	1.3028	0.31

Unidades Cartográficas	Área (Km2)	Porcentaje (%)	Unidades Cartográficas	Área (Km2)	Porcentaje (%)	Unidades Cartográficas	Área (Km2)	Porcentaje (%)
76	0.7505	0.18	101	4.2479	1.03	126	0.6735	0.16
77	5.3224	1.29	102	0.3977	0.10	127	0.8151	0.20
78	5.8185	1.41	103	0.4437	0.11	128	0.4739	0.11
79	0.3510	0.08	104	0.4882	0.12	129	0.4124	0.10
80	0.7518	0.18	105	0.4059	0.10	130	1.0039	0.24
81	0.5917	0.14	106	0.4142	0.10	131	0.4565	0.11
82	0.3945	0.10	107	0.4553	0.11	132	0.3734	0.09
83	0.4237	0.10	108	1.0045	0.24	133	0.4277	0.10
84	7.1870	1.74	109	0.4495	0.11	134	0.4281	0.10
85	1.2881	0.31	110	0.4568	0.11	135	1.0262	0.25
86	0.3513	0.08	111	0.5865	0.14	136	0.9866	0.24
87	0.3963	0.10	112	0.4144	0.10	137	4.8457	1.17
88	0.4577	0.11	113	0.5548	0.13	138	0.7977	0.19
89	0.5210	0.13	114	1.8529	0.45	139	0.4144	0.10
90	0.3596	0.09	115	0.4116	0.10	140	0.7557	0.18
91	9.4361	2.28	116	0.3894	0.09	141	0.9552	0.23
92	2.1886	0.53	117	0.4102	0.10	142	2.8284	0.68
93	4.0749	0.99	118	0.3693	0.09	143	3.4436	0.83
94	2.9621	0.72	119	0.7235	0.17	144	25.1552	6.08
95	0.9701	0.23	120	4.4566	1.08	145	0.5418	0.13
96	0.6872	0.17	121	31.7890	7.69	146	0.5701	0.14
97	0.3679	0.09	122	5.4004	1.31	147	1.0289	0.25
98	0.5895	0.14	123	0.5791	0.14	148	0.7354	0.18
99	11.4397	2.77	124	1.2381	0.30	149	0.5615	0.14
100	35.4773	8.58	125	0.4159	0.10	150	0.4300	0.10

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Evaluación de la aptitud física, en la parte alta de la cuenca del río San Pedro

La evaluación física para este trabajo se realizó para cada uno de los modelos construidos de manera individual. Los cuadros presentados en los siguientes puntos contemplan los resultados expuestos por ALES, los cuales enuncian las siguientes categorías: la UC perteneciente dado por números consecutivos, las clases de aptitud física, designada en una escala de uno a cuatro y las subclases de aptitud física que están representadas por un número es decir por la escala de la clase y un código correspondiente a los RUT evaluados el cual nos indica cuáles RUT son limitantes.

4.3.2.1 Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial

Los resultados de la evaluación realizadas con este modelo, nos muestran que el 6.40% (26.48 Km²) del territorio se encuentra en la clase 2 es decir moderadamente apta (A2), el 68.49% (283.26 Km²) se encuentra en la clase 3 es decir marginalmente apta (A3) dicho de paso la clase que más abunda en la zona y el 25.11% (103.86) se encuentra ubicado en la clase 4 es decir no apta (N1). Esto nos indica que el 74 % (309.73 Km²) de la superficie estudiada presenta aptitud física para las plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial, sin embargo, ninguna de ellas es muy apta (Cuadro 30 y Figura 37 y 39).

Cuadro 30. Resumen de la evaluación física del TUT Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial en la Parte Alta de la Cuenca del Río San Pedro, Panamá.

Clase	Superficie (Km²)	Porcentaje (%)
A2	26.48	6.40
A3	283.26	68.49
N1	103.85	25.11
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

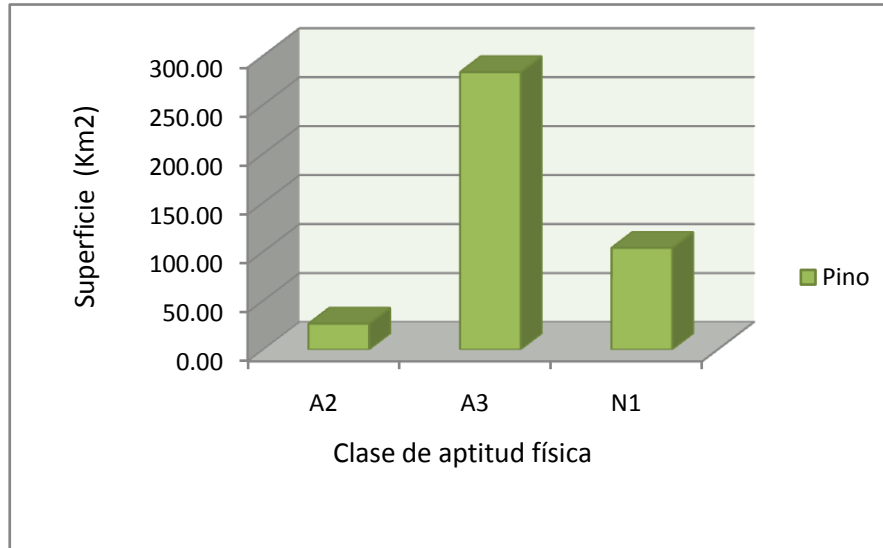


Figura 37. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial en la Parte Alta de la Cuenca del Río san Pedro, Panamá

Se identificó además el resultado de la subclase de la aptitud física para este TUT (Figura 46), sobresaliendo la subclase 3 Ts (toxicidad del suelo) en aproximadamente 31.05% (128.41 Km²) del área estudiada, seguido de 3Ce/Hd/Ts en un 15.05% (62.26 Km²) del área total estudiada, además no existe una unidad que resulte muy apta para este TUT (Cuadro 31 y Figura 38).

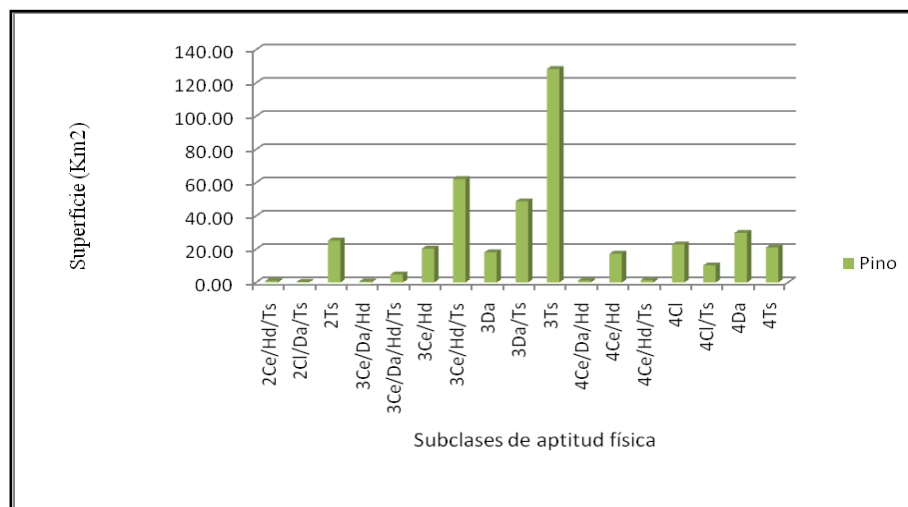


Figura 38. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Cuadro 31. Resumen de la evaluación física del TUT Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial en la Parte Alta de la Cuenca del Río san Pedro, Panamá

Subclase	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
2Ce/Hd/Ts	0.99	0.24
2Cl/Da/Ts	0.34	0.08
2Ts	25.16	6.08
3Ce/Da/Hd	0.57	0.14
3Ce/Da/Hd/Ts	4.85	1.17
3Ce/Hd	20.31	4.91
3Ce/Hd/Ts	62.26	15.05
3Da	18.07	4.37
3Da/Ts	48.79	11.80
3Ts	128.41	31.05
4Ce/Da/Hd	1.19	0.29
4Ce/Hd	17.27	4.17
4Ce/Hd/Ts	1.31	0.32
4Cl	22.83	5.52
4Cl/Ts	10.27	2.48
4Da	29.87	7.22
4Ts	21.11	5.11
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

Donde: Ce: Condición de enraizamiento, Da: Disponibilidad de agua,
Ts: Toxicidad del suelo, Hd: Humedad disponible y Cl: Capacidad de laboreo

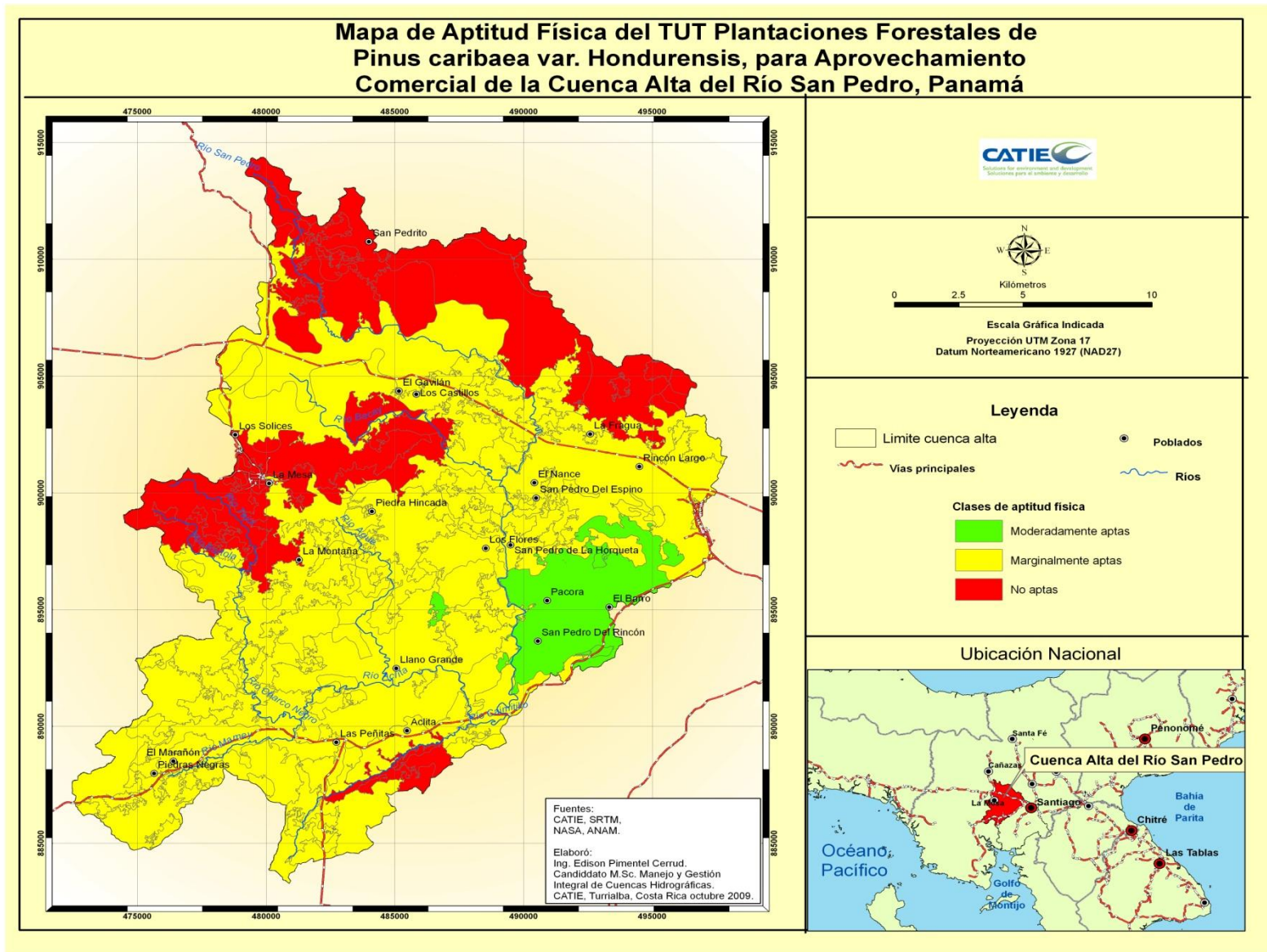


Figura 39: Mapa de aptitud física del suelo para plantaciones de pino

4.3.2.2 Plantaciones forestales de Teca, con fines de aprovechamiento comercial.

- Los resultados de la evaluación realizadas con este modelo, nos muestran que el 6.32% (26.15 Km²) del territorio se encuentra en la clase 2 es decir moderadamente apta (A2), el 36.97% (152.91 Km²) se encuentra en la clase 3 es decir marginalmente apta (A3) y el 56.71% (234.54 Km²) se encuentra ubicado en la clase 4 es decir no apta (N1) dicho de paso la clase que más abunda en la zona. Esto nos indica que el 43.29 % (179.06 Km²) de la superficie estudiada presenta aptitud física para las Plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial, sin embargo, ninguna de ellas es muy apta (cuadro 32 y Figura 40, Figura 42).

Cuadro 32. Resumen de la evaluación física del TUT Plantaciones forestales de Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Clase de aptitud física	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
A2	26.15	6.32
A3	152.91	36.97
N1	234.54	56.71
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

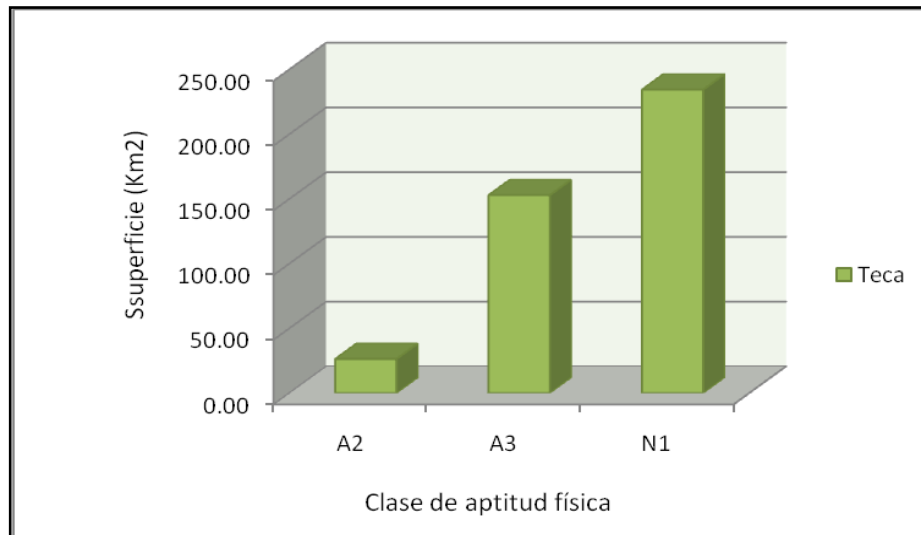


Figura 40. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Se identificaron además el resultado de la subclase de la aptitud física para este TUT, sobresaliendo la subclase 3 Ts (toxicidad del suelo) en aproximadamente 28.21% (116.69 Km²) del área estudiada, seguido de 4 Da (Disponibilidad de agua) en un 20.21% (83.59 Km²) del área total estudiada, además no existe una subclase de aptitud física que sea muy apta para este TUT (Cuadro 33 y Figura 41).

Cuadro 33. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Plantaciones forestales de Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Subclase	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)	Subclase	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
2Ce/Cl/Hd/Ts	0.99	0.24	3Ts	116.69	28.21
2Cl/Ts	25.16	6.08	4Ce/Cl/Hd/Ts	19.76	4.78
3Ce/Hd	2.09	0.50	4Cl	10.59	2.56
3Cl	0.34	0.08	4Cl/Da/Ts	23.02	5.57
3Cl/Da/Ts	1.03	0.25	4Cl/Ts	21.11	5.11
3Cl/Ts	0.33	0.08	4Da	83.59	20.21
3Da	0.37	0.09	4Da/Ts	63.81	15.43
3Da/Ts	32.07	7.75	4Ts	12.64	3.06
			Total	413.59	100.00

Fuente: Elaboración propia

Donde: Ce: Condición de enraizamiento, Da: Disponibilidad de agua, Ts: Toxicidad del suelo, Hd: Humedad disponible y Cl: Capacidad de laboreo

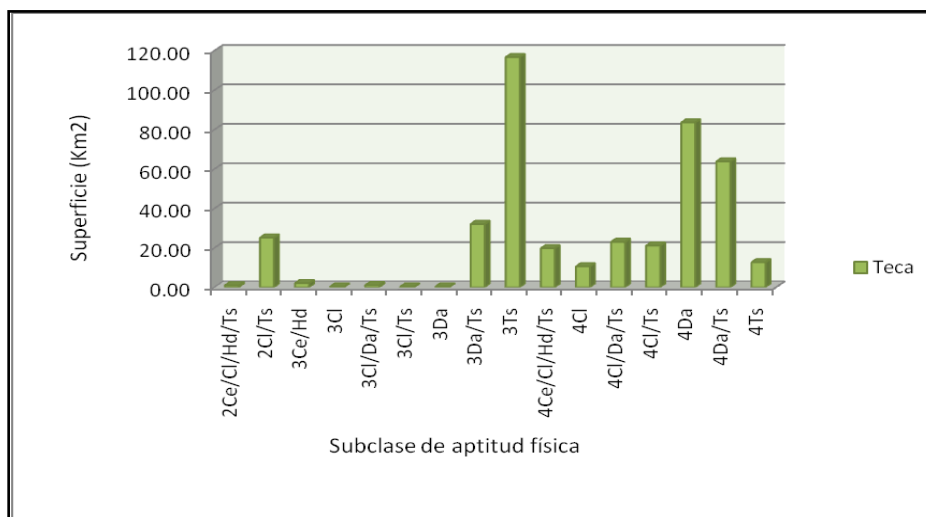


Figura 41. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

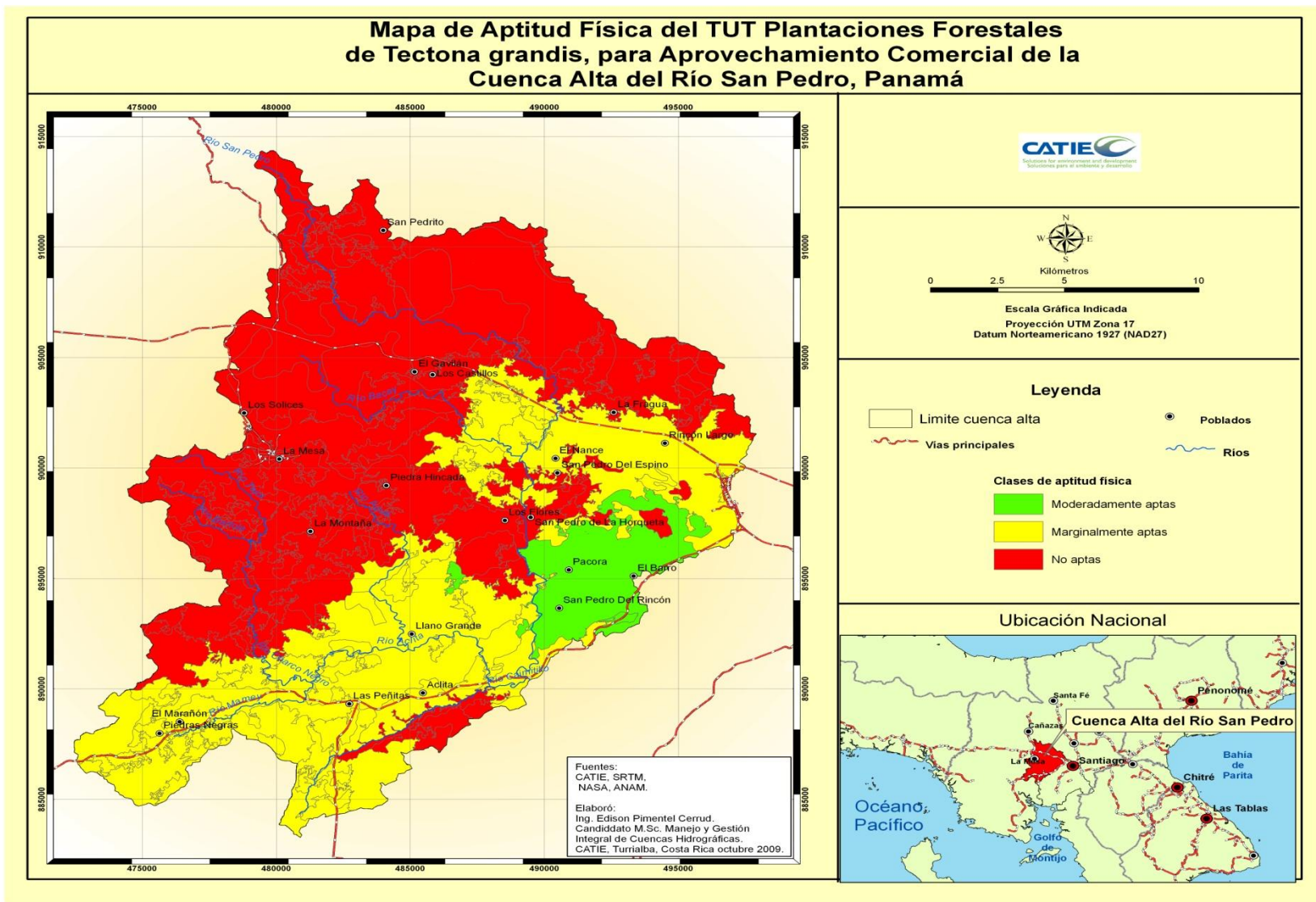


Figura 42: Mapa de aptitud física del suelo para plantaciones de teca

4.3.2.3 Comparación entre los TUT Plantaciones forestales de Pino caribe y Teca, confines de aprovechamiento comercial

El área de aptitud física de los TUT plantaciones forestales Pino y Teca en la clase A2 la superficie para pino es de 26.48 Km² y para la teca 26.15 Km² las dos especies presentan una superficie prácticamente similar. Respecto a la clase A3, el Pino aventaja en superficie (283.26 Km²) a la teca (152.91 Km²) y finalmente en la clase N1 la teca supera (234.54 Km²) en superficie al pino (103.85 Km²) (Figura 43).

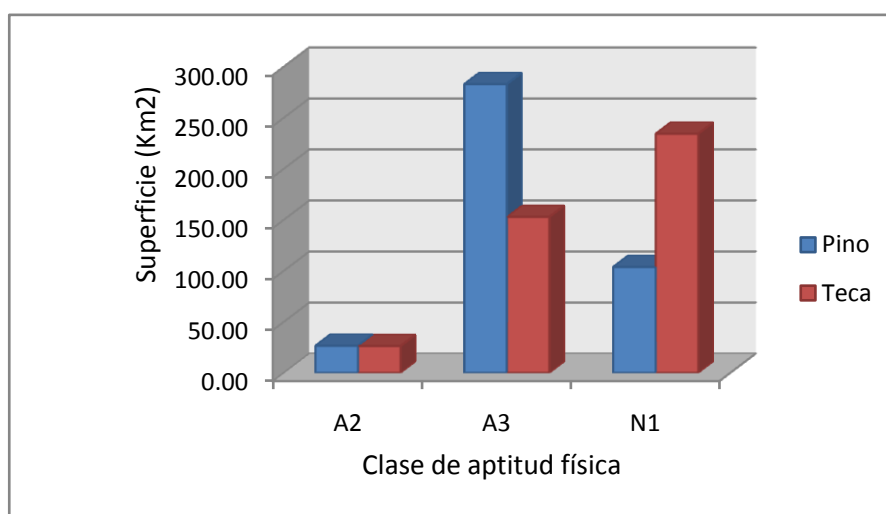


Figura 43. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Pino y Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

En resumen, la mayor aptitud actual para las plantaciones la obtuvo el TUT plantaciones forestales de Pino Caribe con 309.74 Km² (Figura 44).

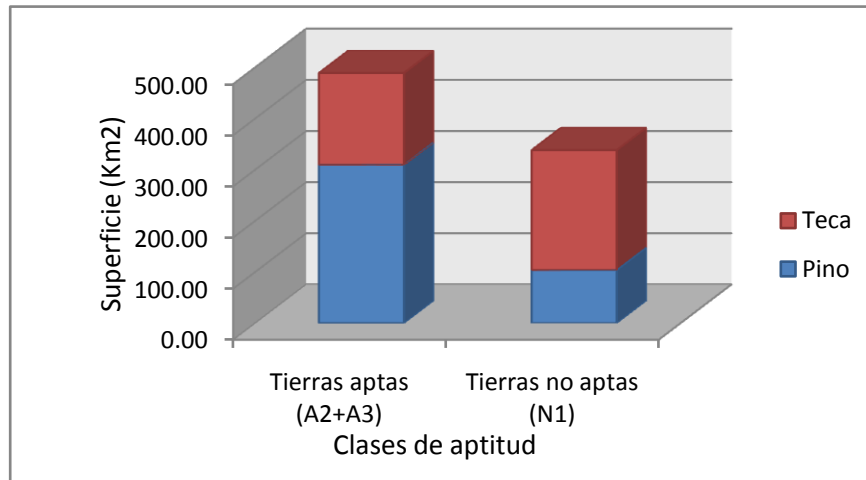


Figura 44. Distribución total de la clase de aptitud física del TUT Plantaciones forestales de Pino y Teca, con fines de aprovechamiento comercial en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

4.3.2.4 Pasto natural *Hyparrhenia rufa* (Ness) para ganadería extensiva

Los resultados de la evaluación realizadas con este modelo, nos muestran que el 16.61% (68.68 Km²) del territorio se encuentra en la clase 2 es decir moderadamente apta (A2), el 43.74% (180.93 Km²) se encuentra en la clase 3 es decir marginalmente apta (A3) dicho de paso la clase que más abunda en la zona y el 39.65% (163.99 Km²) se encuentra ubicado en la clase 4 es decir no apta (N1). Esto nos indica que el 60.35 % (249.61 Km²) de la superficie estudiada presenta aptitud física para el TUT plantaciones forestales de Pino Caribe, con fines de aprovechamiento comercial, sin embargo, ninguna encuentra en la clase muy apta (A1) (Cuadro 34 y Figura 45 y 47).

Cuadro 34. Resumen de la evaluación física del TUT Pasto natural *Hyparrhenia rufa*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Clase de aptitud física	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
A2	68.68	16.58
A3	180.93	43.82
N1	163.99	39.59
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

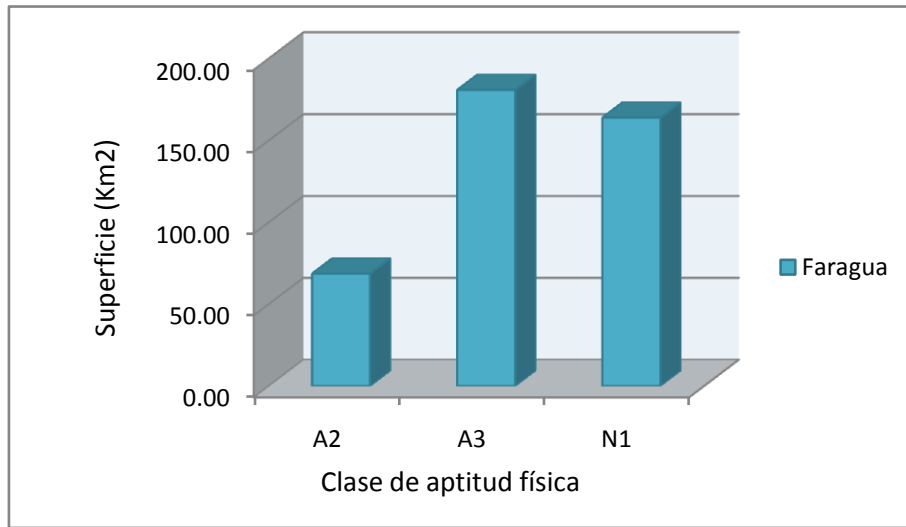


Figura 45. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Pasto natural Hyparrhenia rufa, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Igualmente, se muestran los resultados de la subclase de la aptitud física para este TUT, sobresaliendo la subclase 3 Ts (toxicidad del suelo) en aproximadamente 36.14% (149.45 Km²) del área estudiada, seguido de 4 Ce/Hd con un 24.03% (99.39 Km²) del área total estudiada, además no existe una subclase de aptitud física que sea muy apta para este TUT (Cuadro 35 y Figura 46).

Cuadro 35. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Pasto natural *Hyparrhenia rufa*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Subclases	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)	Subclases	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
2Ce/Cl/Da/Hd	1.71	0.41	2Da/Hd/Ts	1.47	0.36
2Ce/Cl/Da/Hd/Ts	6.18	1.49	2Hd	29.60	7.16
2Ce/Cl/Hd	3.85	0.93	2Hd/Ts	0.59	0.14
2Ce/Cl/Hd/Ts	1.02	0.25	3Ce/Hd	28.53	6.90
2Ce/Da/Hd	0.36	0.09	3Ce/Hd/Ts	2.94	0.71
2Ce/Da/Hd/Ts	7.30	1.76	3Ts	149.45	36.14
2Ce/Hd	7.13	1.72	4Ce/Cl/Hd	35.03	8.47
2Ce/Hd/Ts	4.84	1.17	4Ce/Hd	99.39	24.03
2Cl/Da/Hd	0.33	0.08	4Cl	15.78	3.82
2Cl/Hd	4.30	1.04	4Da	13.79	3.33
			TOTAL	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

Donde: Ce: Condición de enraizamiento, Da: Disponibilidad de agua, Ts: Toxicidad del suelo, Hd: Humedad disponible y Cl: Capacidad de laboreo.

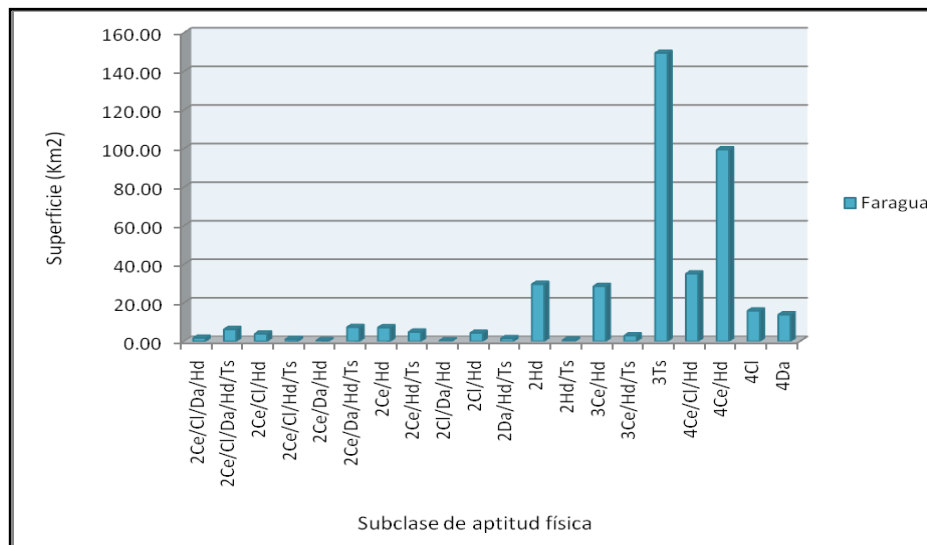


Figura 46. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Pasto natural *Hyparrhenia rufa*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

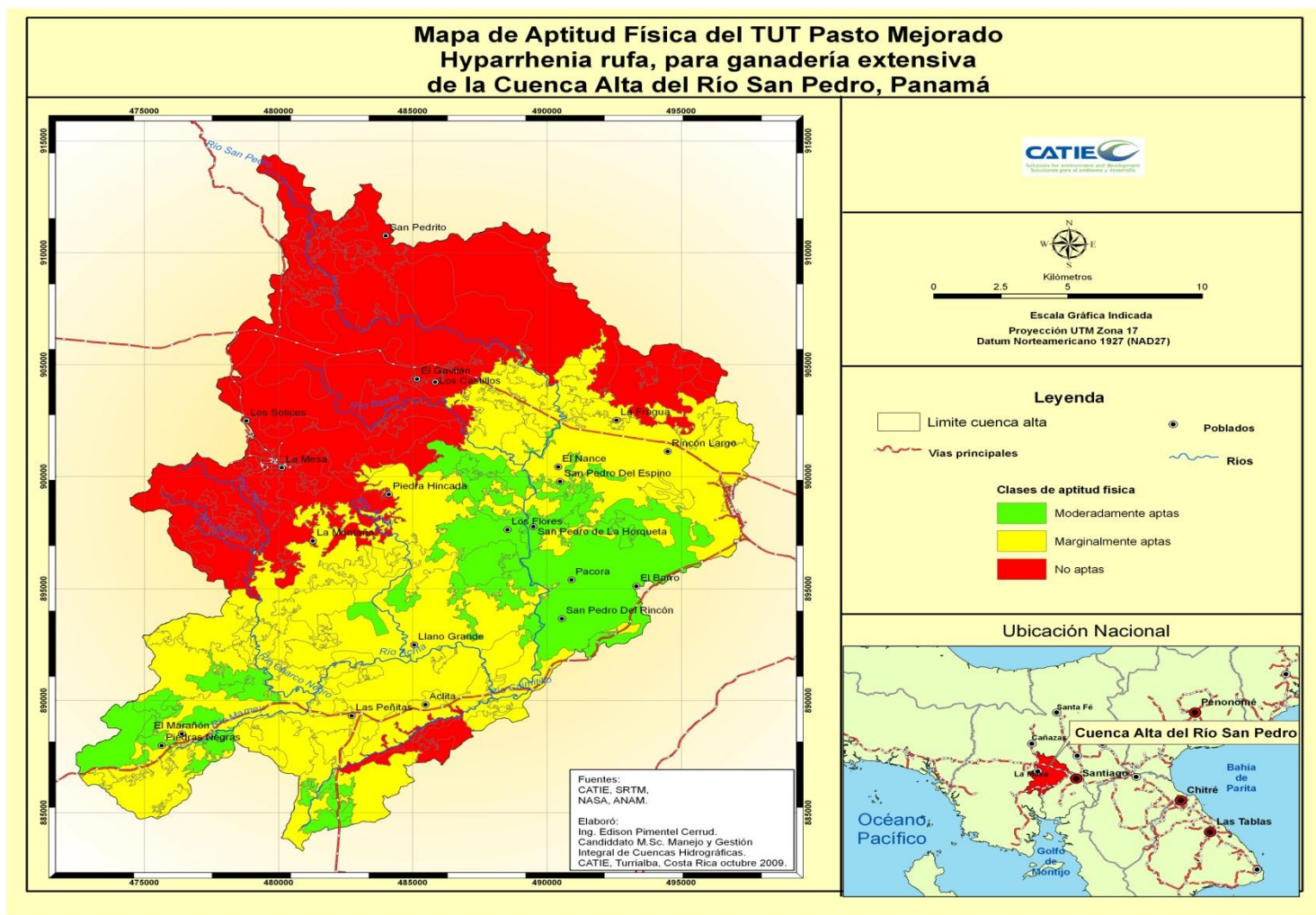


Figura 47: Mapa de aptitud física del suelo para pasto natural *H. rufa*

4.3.2.5 Pasto mejorado *Brachiaria brizantha* para ganadería extensiva

Los resultados de la evaluación realizadas con este modelo, nos muestran que el 11.39% (47.09 Km²) del territorio se encuentra en la clase 2 es decir moderadamente apta (A2), el 45.98 % (190.18 Km²) se encuentra en la clase 3 es decir marginalmente apta (A3) dicho de paso la clase que más abunda en la zona, seguido del 42.63 % (176.33 Km²) que se encuentra ubicado en la clase 4 es decir no apta (N1). Esto nos indica que el 57.37 % (237.27 Km²) de la superficie estudiada presenta aptitud física para TUT pasto mejorado *Brachiaria, brizantha*, para ganadería extensiva, sin embargo, ninguna se ubica en la clase muy apta (Cuadro 36 y Figura 48 y 50).

Cuadro 36. Resumen de la evaluación física del TUT Pasto mejorado Brachiaria brizantha para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Clase de aptitud Física	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
A2	47.09	11.39
A3	190.18	45.98
N1	176.33	42.63
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

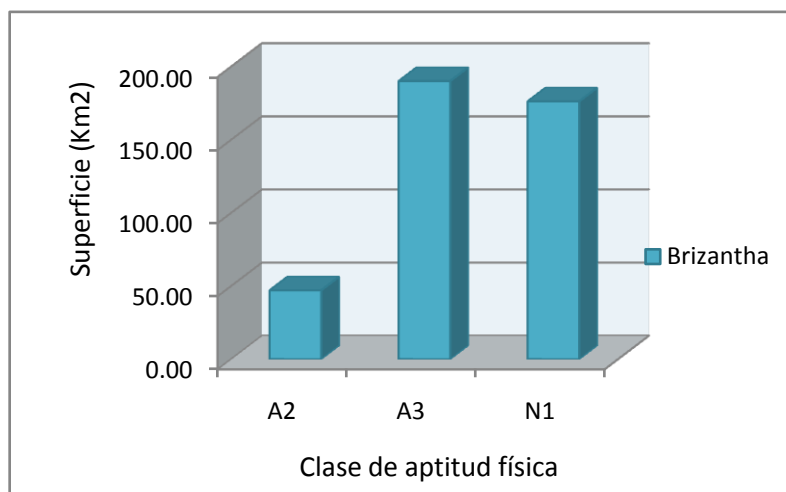


Figura 48. Distribución de la clase de aptitud física del TUT, Pasto mejorado *Brachiaria brizantha*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Igualmente, se muestran los resultados de la subclase de la aptitud física para este TUT, sobresaliendo la subclase 3 Ts (toxicidad del suelo) en aproximadamente 37.17% (153.72 Km²) del área estudiada, seguido de 4 Ce/Hd/Ts con un 15.85 % (65.57 Km²) del área total estudiada, además no existe una subclase de aptitud física que se encuentre en la clase muy apta (A1) para este TUT (Cuadro 37 y Figura 49).

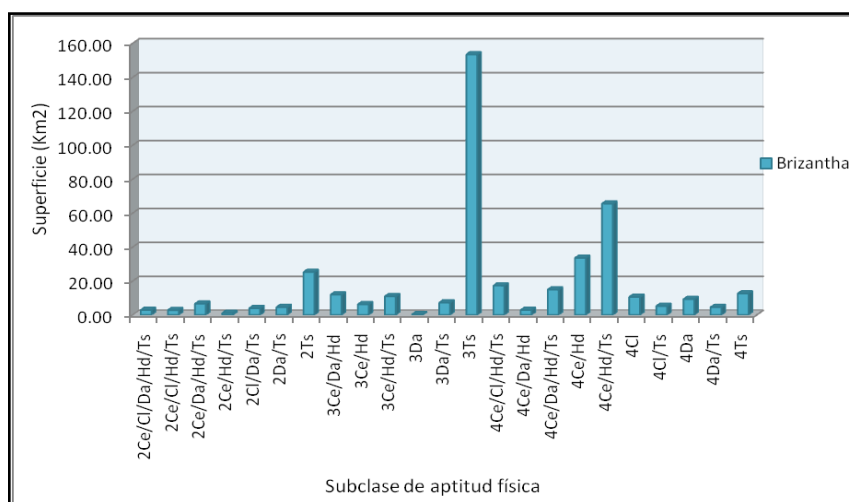


Figura 49. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Pasto mejorado *Brachiaria brizantha*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Cuadro 37. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Pasto mejorado Brachiaria brizantha, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Subclases	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
2Ce/Cl/Da/Hd/Ts	2.91	0.70
2Ce/Cl/Hd/Ts	2.82	0.68
2Ce/Da/Hd/Ts	6.59	1.59
2Ce/Hd/Ts	1.05	0.25
2Cl/Da/Ts	3.97	0.96
2Da/Ts	4.52	1.09
2Ts	25.24	6.10
3Ce/Da/Hd	11.98	2.90
3Ce/Hd	6.20	1.50
3Ce/Hd/Ts	10.97	2.65
3Da	0.33	0.08
3Da/Ts	7.26	1.75
3Ts	153.44	37.10
4Ce/Cl/Hd/Ts	17.27	4.17
4Ce/Da/Hd	2.85	0.69
4Ce/Da/Hd/Ts	14.92	3.61
4Ce/Hd	33.54	8.11
4Ce/Hd/Ts	65.57	15.85
4Cl	10.57	2.55
4Cl/Ts	5.22	1.26
4Da	9.27	2.24
4Da/Ts	4.52	1.09
4Ts	12.61	3.05
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

Donde: Ce: Condición de enraizamiento, Da: Disponibilidad de agua,
Ts: Toxicidad del suelo, Hd: Humedad disponible y Cl: Capacidad de laboreo

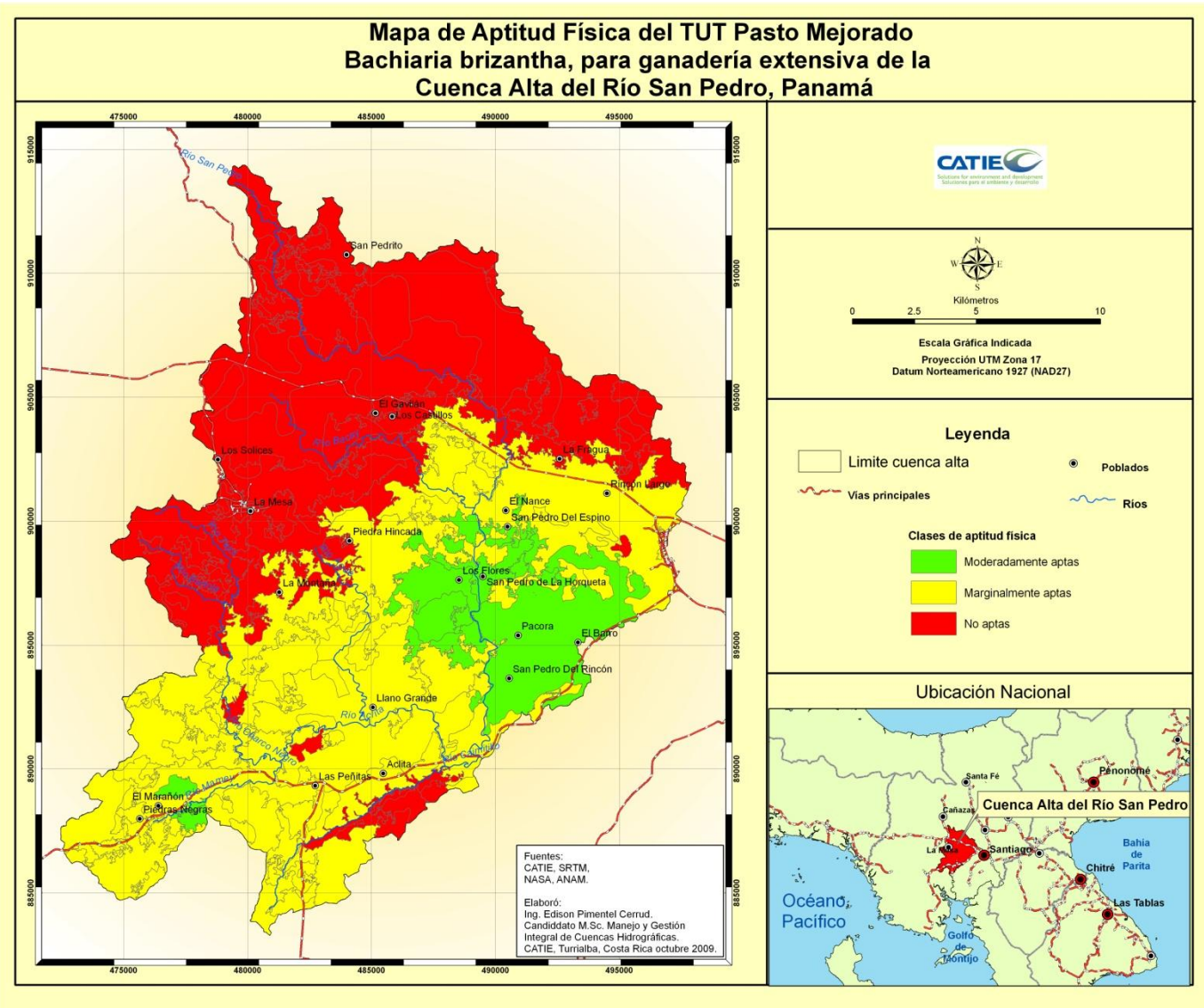


Figura 50: Mapa de aptitud física del suelo para pasto mejorado *B.brizantha*.

4.3.2.6 Pasto mejorado *Brachiaria humidicola*, para ganadería extensiva

Los resultados de la evaluación realizadas con este modelo, nos muestran que el 11.30% (46.72 Km²) del territorio se encuentra en la clase 2 es decir moderadamente apta (A2), el 46.09% (190.64 Km²) se encuentra en la clase 3 es decir marginalmente apta (A3) dicho de paso la clase que más abunda en la zona, seguido del 42.61% (176.23 Km²) que se encuentra ubicado en la clase 4 es decir no apta (N1). Esto nos indica que el 57.39 % (237.36 Km²) de la superficie estudiada presenta aptitud física para TUT pasto mejorado *Brachiaria, brizantha*, para ganadería extensiva, sin embargo, ninguna se ubica en la clase muy apta (Cuadro 38 y Figura 51 y 53).

Cuadro 38. Resumen de la evaluación física del TUT Pastomejorado *Brachiaria humidicola*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Clase de aptitud física	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
A2	46.72	11.30
A3	190.64	46.09
N1	176.23	42.61
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

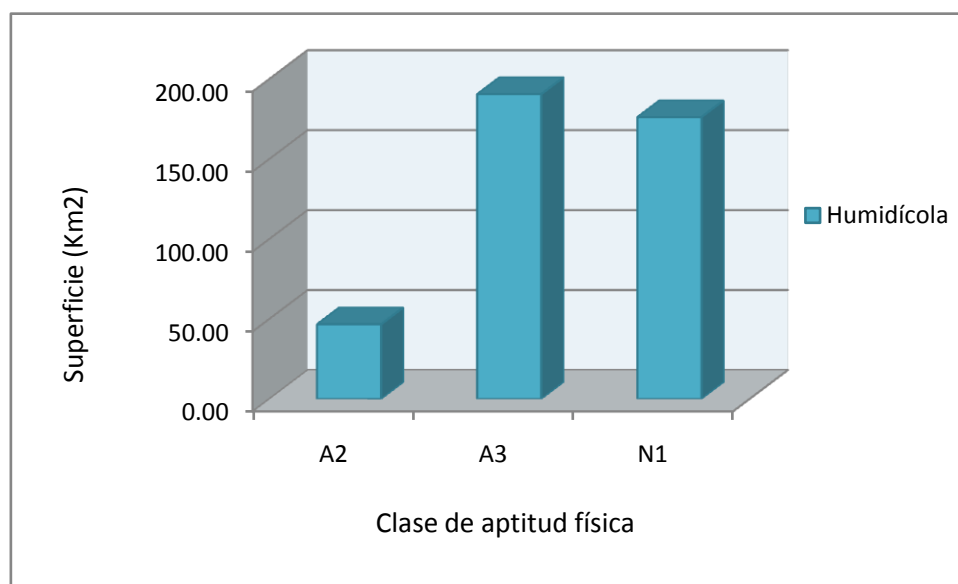


Figura 51 Distribución de la clase de aptitud física del TUT, Pasto mejorado *Brachiaria humidícola*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Igualmente, se muestran los resultados de la subclase de la aptitud física para este TUT, sobresaliendo la subclase 3Ts (toxicidad del suelo) en aproximadamente 37.17% (153.75 Km²) del área estudiada, seguido de 4 Ce/Hd/Ts con un 15.84 % (65.53 Km²) del área total estudiada, además no existe una subclase de aptitud física que se encuentre en la clase muy apta (A1) para este TUT (Cuadro 39 y Figura 52).

Cuadro 39. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Pasto mejorado *Brachiaria humidícola*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Subclases	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
2Ce/Da/Hd/Ts	9.38	2.26
2Ce/Hd/Ts	3.75	0.90
2Cl/Da/Hd/Ts	3.45	0.82
2Da/Hd/Ts	4.95	1.19
2Hd/Ts	25.19	6.08
3Ce/Da/Hd	12.01	2.90
3Ce/Hd	6.23	1.50
3Ce/Hd/Ts	11.00	2.65
3Da	0.36	0.08
3Da/Ts	7.29	1.75

Subclases	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
3Ts	153.75	37.17
4Ce/Cl/Hd/Ts	17.23	4.17
4Ce/Da/Hd	2.81	0.69
4Ce/Da/Hd/Ts	14.88	3.61
4Ce/Hd	33.79	8.18
4Ce/Hd/Ts	65.53	15.85
4Cl	10.53	2.55
4Cl/Ts	5.18	1.26
4Da	9.23	2.24
4Da/Ts	4.48	1.09
4Ts	12.58	3.05
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

Donde: Ce: Condición de enraizamiento, Da: Disponibilidad de agua,
Ts: Toxicidad del suelo, Hd: Humedad disponible y Cl: Capacidad de laboreo

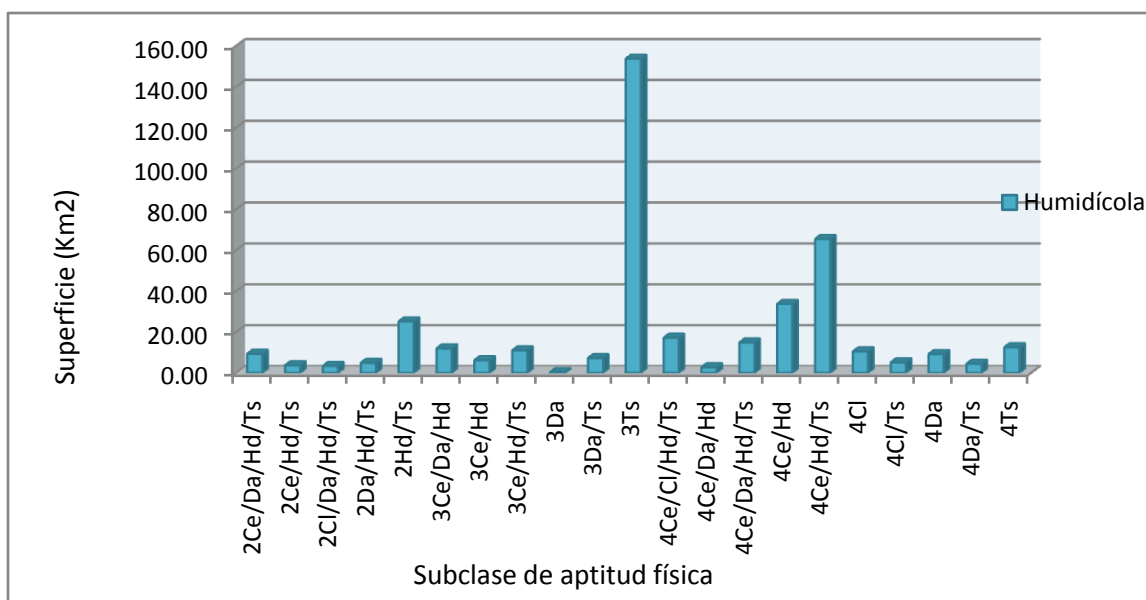


Figura 52. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Pasto mejorado *Brachiaria humidicola*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

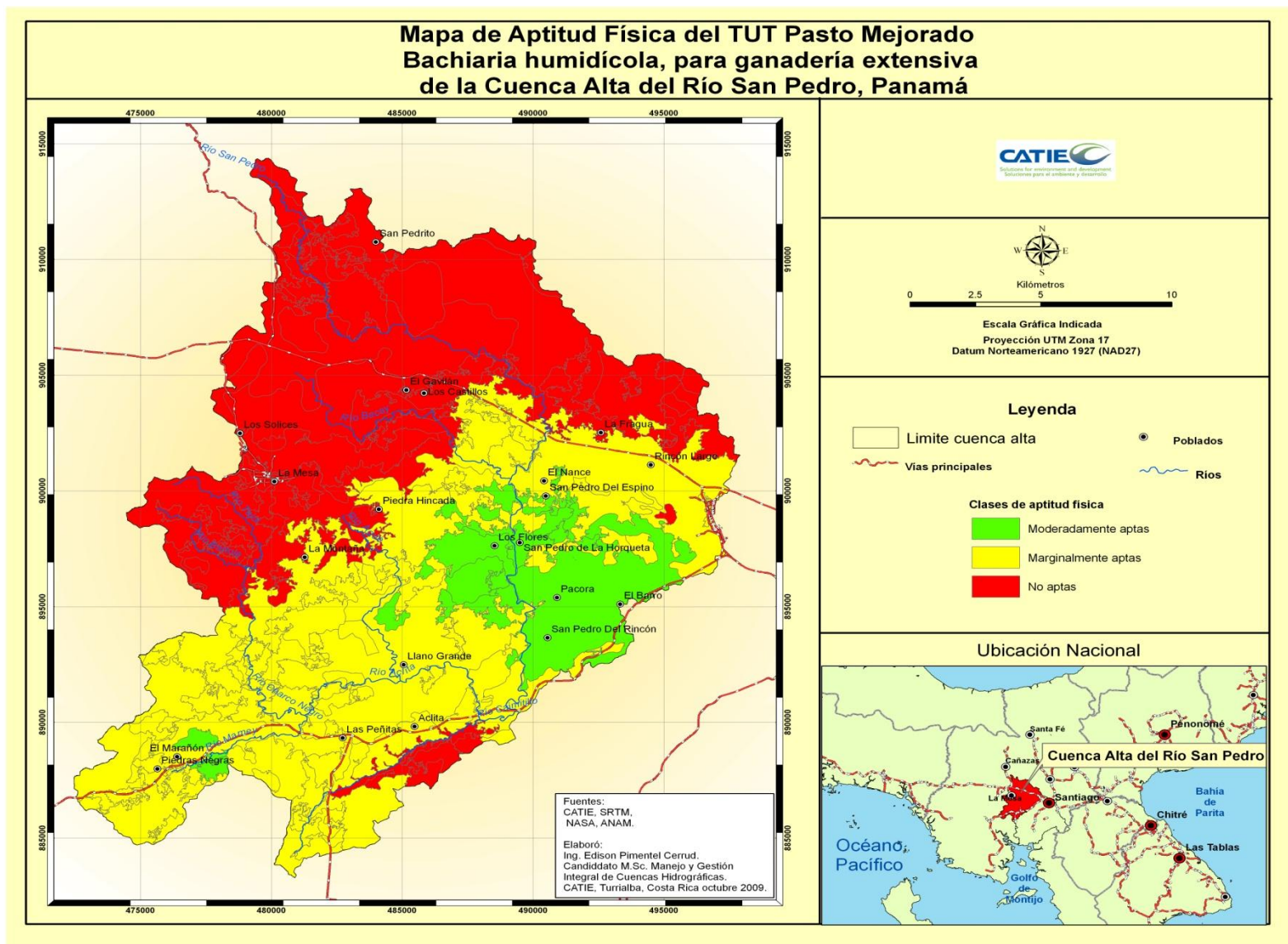


Figura 53: Mapa de aptitud física del suelo para pasto mejorado *B.humidícola*.

4.3.2.7 Pasto mejorado *Brachiaria decumbens*, para ganadería extensiva

Los resultados de la evaluación realizadas con este modelo, nos muestran que el 14.14% (58.46 Km²) del territorio se encuentra en la clase 2 es decir moderadamente apta (A2), el 44.30 % (183.21 Km²) se encuentra en la clase 3 es decir marginalmente apta (A3) dicho de paso la clase que más abunda en la zona, seguido del 41.57% (171.92 Km²) que se encuentra ubicado en la clase 4 es decir no apta (N1). Esto nos indica que el 58.44 % (241.68 Km²) de la superficie estudiada presenta aptitud física para TUT pasto mejorado *Brachiaria, brizantha*, para ganadería extensiva, sin embargo, ninguna se ubica en la clase muy apta (Cuadro 40 y Figura 54 y 56).

Cuadro 40. Resumen de la evaluación física del TUT Pasto mejorado Brachiaria decumbens , para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Clase de aptitud física	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
A2	58.47	14.14
A3	183.21	44.30
N1	171.92	41.57
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

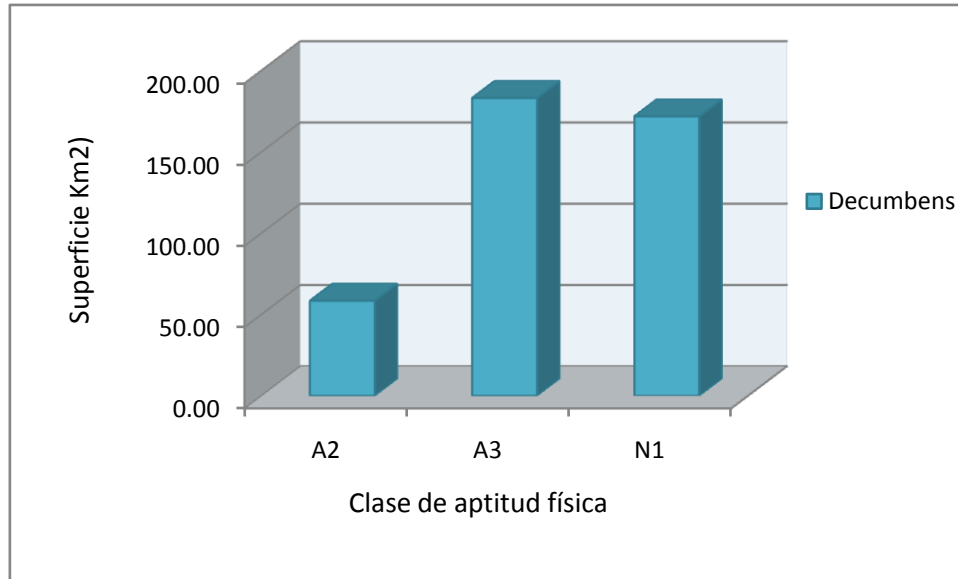


Figura 54. Distribución de la clase de aptitud física del TUT, Pasto mejorado *Brachiaria decumbens*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Igualmente, se muestran los resultados de la subclase de la aptitud física para este TUT, sobresaliendo la subclase 3Ts (toxicidad del suelo) en aproximadamente 27.94 % (115.57 Km²) del área estudiada, seguido de 4 Ce/Hd con un 24.03% (99.39 Km²) del área total estudiada, además no existe una subclase de aptitud física que se encuentre en la clase muy apta (A1) para este TUT (Cuadro 41 y Figura 55).

Cuadro 41. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Pasto mejorado *Brachiaria decumbens*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Subclases	Superficie (Km ²)	Porcentaje (%)
2Ce/Da/Hd	15.47	3.74
2Ce/Hd	1.64	0.40
2Ce/Hd/Ts	5.42	1.31
2Cl/Da/Hd	3.74	0.91
2Cl/Da/Hd/Ts	0.41	0.10
2Da/Hd	4.92	1.19
2Da/Hd/Ts	1.13	0.27
2Hd	25.16	6.08

Subclases	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
2Hd/Ts	0.59	0.14
3Ce/Da/Hd	5.41	1.31
3Ce/Da/Hd/Ts	0.62	0.15
3Ce/Hd	22.76	5.50
3Ce/Hd/Ts	2.32	0.56
3Da	9.77	2.36
3Da/Ts	26.77	6.47
3Ts	115.57	27.94
4Ce/Cl/Hd	35.03	8.47
4Ce/Hd	99.39	24.03
4Cl	13.23	3.20
4Cl/Da	2.55	0.62
4Da	21.72	5.25
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

Donde: Ce: Condición de enraizamiento, Da: Disponibilidad de agua,
Ts: Toxicidad del suelo, Hd: Humedad disponible y Cl: Capacidad de laboreo

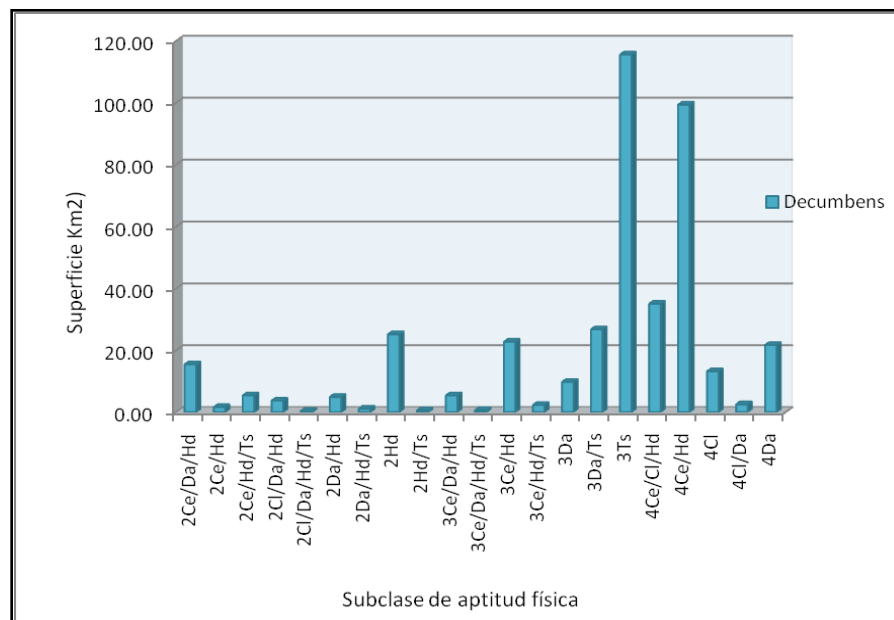


Figura 55. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Pasto mejorado *Brachiaria decumbens*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

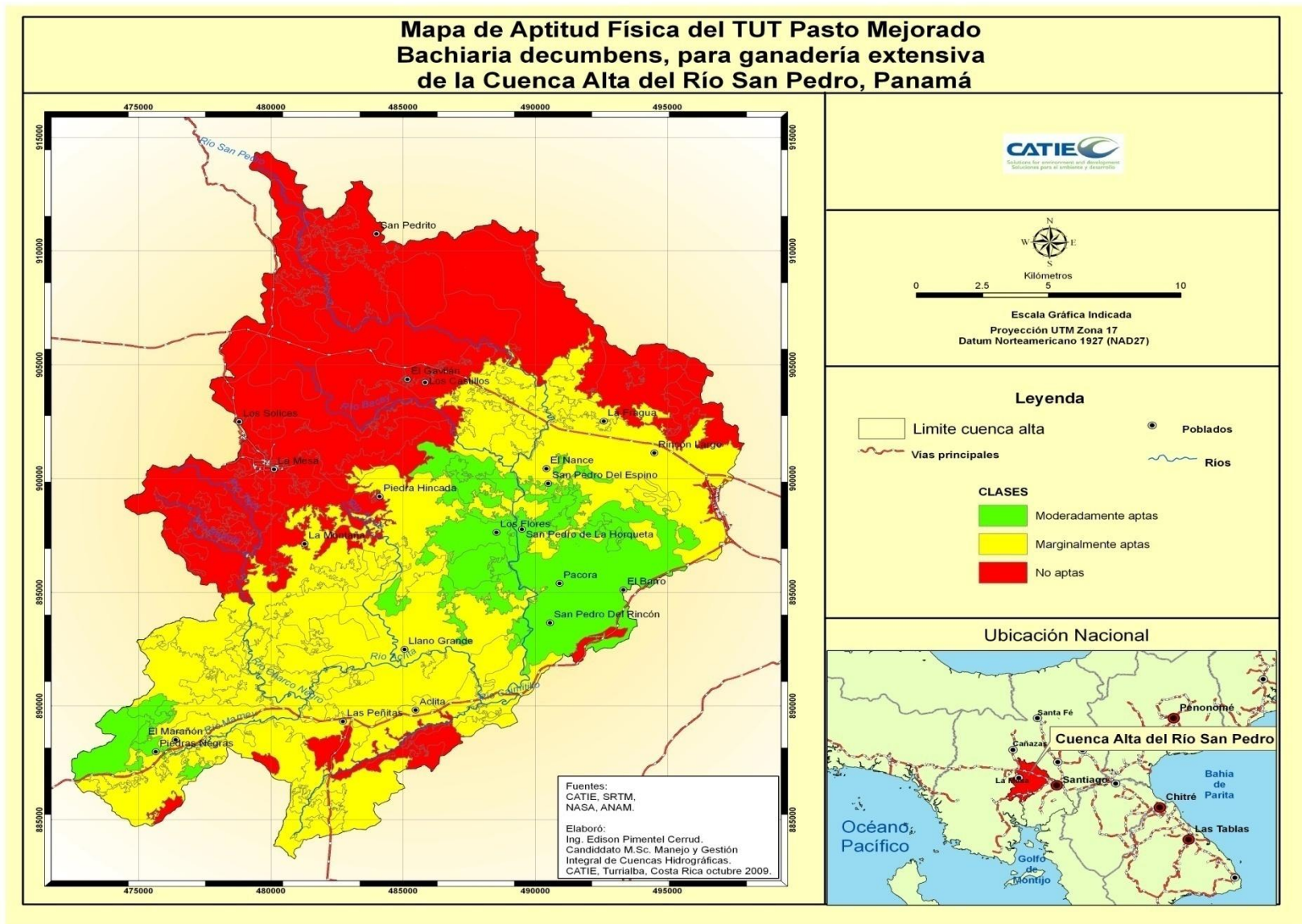


Figura 56: Mapa de aptitud física del suelo para pasto mejorado *B. decumbens*.

4.3.2.8 Comparación entre los TUT pastos mejorado, *Brachiaria brizantha*, *humidícola* y *decumbens* y pasto natural para ganadería extensiva

El área de aptitud física de los TUT Pastos mejorado brizantha, humidícola, *decumbens* y natural *Hyparrhenia rufa*, en la clase A2 la superficie más alta es la de faragua con 68.68 Km², seguido de la *decumbens* con 58.47 Km² y brizantha (47.09 Km²) con la humidícola (47.72 Km²) presentan una superficie prácticamente similar. Respecto a la clase A3, la *decumbens* posee la superficie más alta con 183.21 Km², seguido la faragua con 180.93 Km²) y los pastos brizantha (190.18 Km²) con la humidícola (190.64 Km²) prácticamente, se igualan en superficie. Finalmente en la clase N1 los pastos brizantha (176.33 Km²) con la humidícola (176.23 Km²) encabezan la mayor superficie, seguidos de *decumbens* con (171.92 Km²) y faragua con (163.99 Km²) (Figura 57).

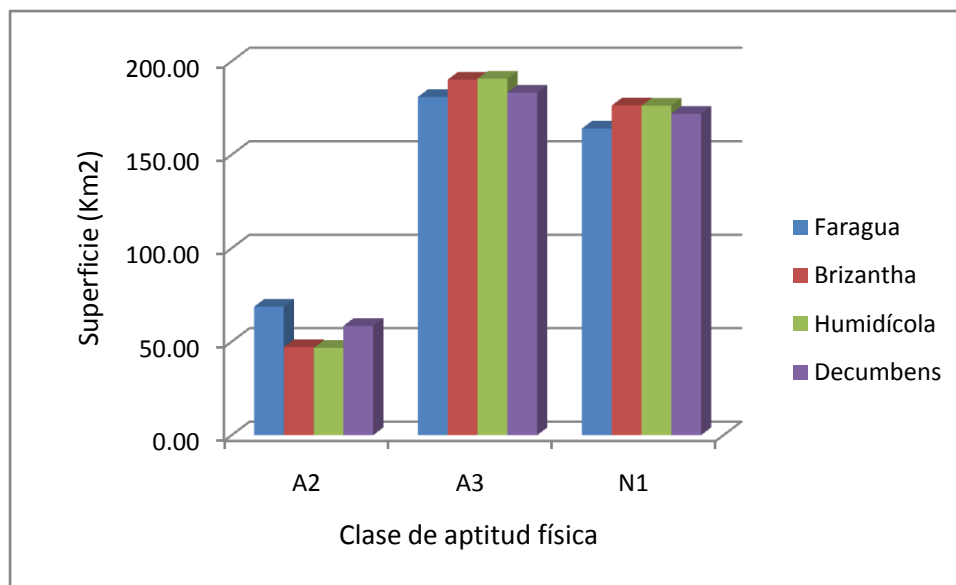


Figura 57. Distribución de la clase de aptitud física del TUT pastos mejorado, *Brachiaria brizantha*, *humidícola* y *decumbe* y pasto natural *Hyparrhenia rufa*, para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

En resumen, la mayor aptitud actual para los pastos la obtuvo el TUT pasto natural, para ganadería extensiva con 249.61 Km² (Figura 67).

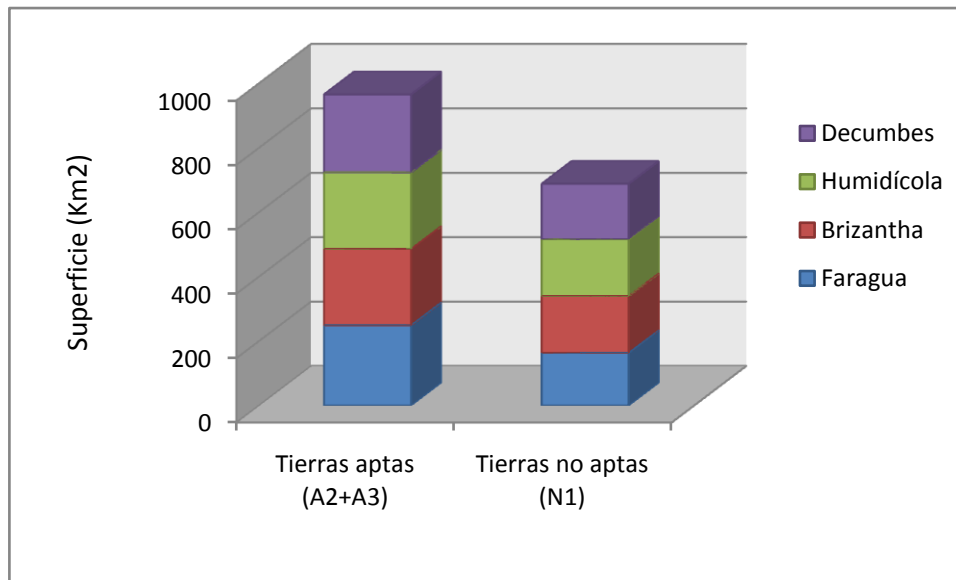


Figura 58. Distribución total de la clase de aptitud física del TUT pastos mejorado, *Brachiaria brizantha*, humidícola y decumbe y pasto natural *Hyparrhenia rufa* para ganadería extensiva en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

4.3.2.9 Cultivo de arroz en seco

Los resultados de la evaluación realizadas con este modelo, nos muestran que el 61.81% (255.82 Km²) se encuentra en la clase 3 es decir marginalmente apta (A3) dicho de paso la clase que más abunda en la zona y el 38.15% (157.78 Km²) se encuentra ubicado en la clase 4 es decir no apta (N1). Esto nos indica que el 61.81 % (255.82 Km²) de la superficie estudiada presenta aptitud física para las el TUT cultivo de Arroz, en seco, sin embargo, ninguna de ellas es muy apta y moderadamente apta (Cuadro 42 y Figura 59 y 61).

Cuadro 42. Resumen de la evaluación física del TUT Cultivo de arroz en secano en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Clase de aptitud física	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
A3	255.82	61.85
N1	157.78	38.15
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

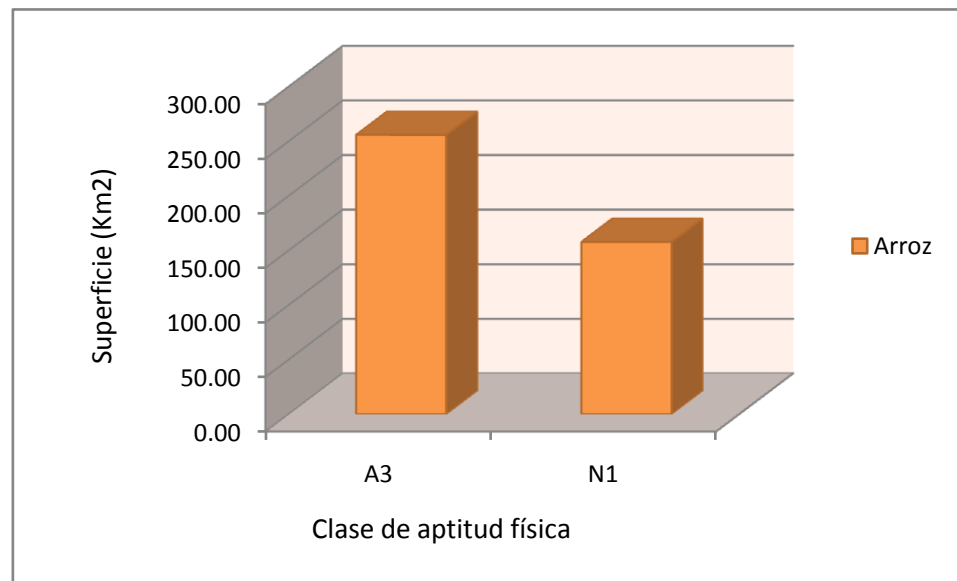


Figura 59. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Cultivo de arroz en secano en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Además también se observa el resultado de la subclase de la aptitud física para este TUT, sobresaliendo la subclase 3Da/Ts (Disponibilidad de agua y toxicidad del suelo) en aproximadamente 22.74% (94.04 Km²) del área estudiada, seguido de 4Ce/Cl/Hd (Condición de enraizamiento, capacidad de laboreo y humedad disponible) en un 16.57% (68.55 Km²) del área total estudiada, además no existen las subclases de aptitud física muy apta (A1) y moderadamente apta (A2) para este TUT (Cuadro 43 y Figura 60).

Cuadro 43. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Cultivo de arroz en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Subclases	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)	Subclases	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
3Ce/Cl/Da/Hd	5.83	1.41	3Da/Hd/Ts	49.24	11.91
3Ce/Cl/Da/Hd/Ts	3.83	0.93	3Da/Ts	94.04	22.74
3Ce/Da/Hd	13.98	3.38	3Ts	1.34	0.32
3Ce/Da/Hd/Ts	40.21	9.72	4Ce/Cl/Da/Hd	0.50	0.12
3Cl/Da	3.41	0.82	4Ce/Cl/Hd	68.55	16.57
3Cl/Da/Hd	0.33	0.08	4Ce/Da/Hd/Ts	1.88	0.45
3Cl/Da/Hd/Ts	0.41	0.10	4Ce/Hd	65.37	15.81
3Cl/Da/Ts	1.69	0.41	4Cl	15.78	3.82
3Da	30.53	7.38	4Da	1.05	0.25
3Da/Hd	10.95	2.65	4Da/Hd/Ts	4.65	1.12
			Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

Donde: Ce: Condición de enraizamiento, Da: Disponibilidad de agua, Ts: Toxicidad del suelo, Hd: Humedad disponible y Cl: Capacidad de laboreo

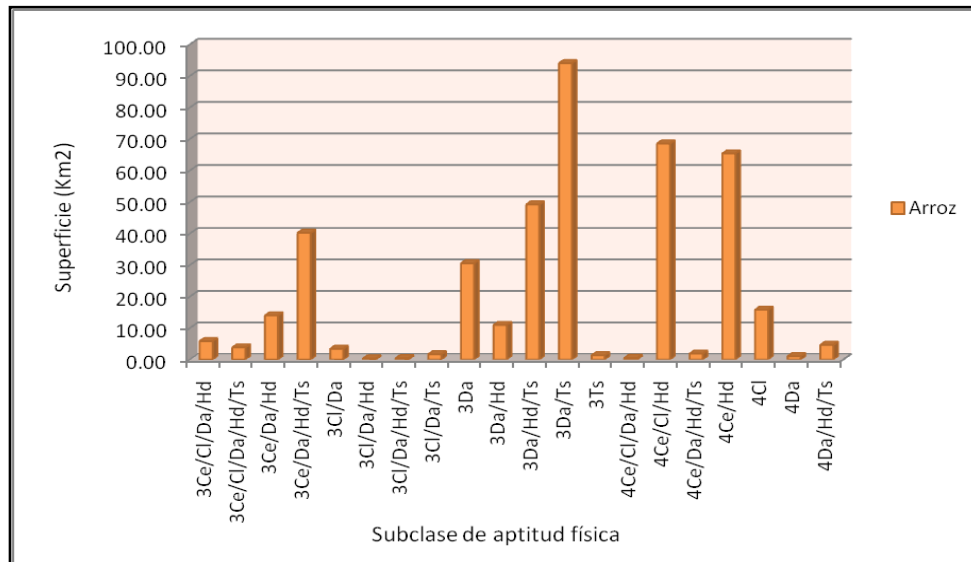


Figura 60. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Cultivo de arroz en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

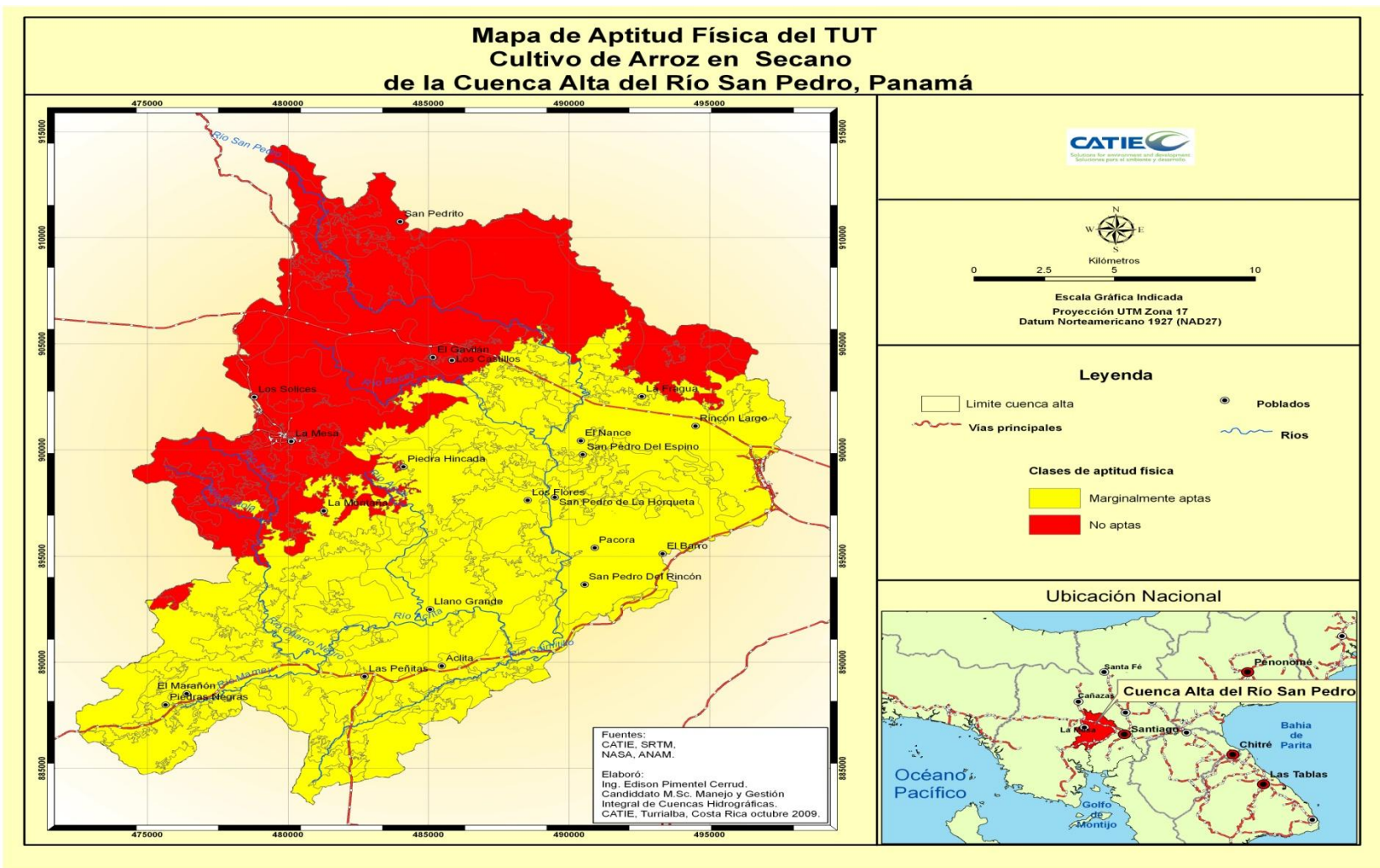


Figura 61: Mapa de aptitud física del suelo cultivo de arroz en secano.

4.3.2.10 Cultivo de maíz mecanizado

Los resultados de la evaluación realizadas con este modelo, nos muestran que el 59.29% (245.21 Km²) se encuentra en la clase 3 es decir marginalmente apta (A3) siendo esta clase dicho de paso la clase la de mayor área y el 40.71% (168.39 Km²) se encuentra ubicado en la clase 4 es decir no apta (N1). Esto nos indica que el 59.29 % (245.29 Km²) de la superficie estudiada presenta aptitud física para las el TUT cultivo de Maíz, mecanizado, sin embargo, no se apreció las clases muy apta (A1) y moderadamente apta (A2) (Cuadro 44 y Figura 62 y 64).

Cuadro 44. Resumen de la evaluación física del TUT Cultivo de maíz mecanizado en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Clase de aptitud física	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
A3	245.21	59.29
N1	168.39	40.71
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

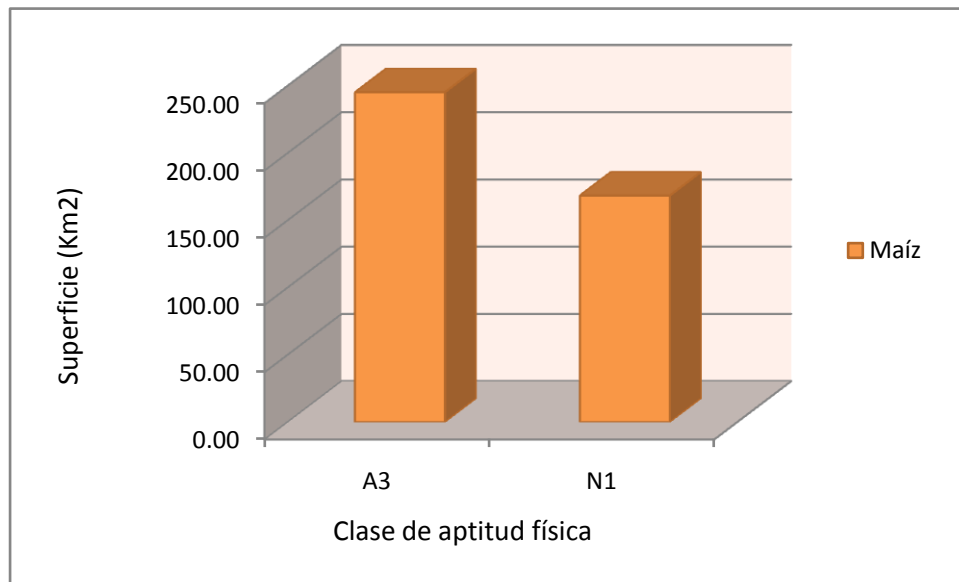


Figura 62. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Cultivo de maíz mecanizado en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Además también se observa el resultado de la subclase de la aptitud física para este TUT, sobresaliendo la subclase 3Da/Ts (Disponibilidad de agua y la toxicidad del suelo) en aproximadamente 36.07% (149.20 Km²) del área estudiada e igualmente la subclase 4Ce/Hd/Ts (Condición de enraizamiento, humedad disponible y la toxicidad del suelo) con 13.92% (57.57 Km²) del área total estudiada, además no existen las subclases de aptitud física muy apta (A1) y moderadamente apta (A2) para este TUT (Cuadro 45 y Figura 63).

Cuadro 45. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Cultivo de maíz mecanizado en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Subclases	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
3Ce/Cl/Da/Hd	5.41	1.31
3Ce/Da/Hd	14.41	3.48
3Ce/Da/Hd/Ts	29.52	7.14
3Cl/Da	3.74	0.91
3Cl/Da/Ts	1.44	0.35
3Da	41.49	10.03
3Da/Ts	149.20	36.07
4Ce/Cl/Da/Hd/Ts	0.50	0.12
4Ce/Cl/Hd/Ts	39.68	9.59
4Ce/Da/Hd	28.87	6.98
4Ce/Hd	7.80	1.89
4Ce/Hd/Ts	57.57	13.92
4Cl	10.57	2.55
4Cl/Ts	5.22	1.26
4Da	1.05	0.25
4Ts	17.13	4.14
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

Donde: Ce: Condición de enraizamiento, Da: Disponibilidad de agua,
Ts: Toxicidad del suelo, Hd: Humedad disponible y Cl: Capacidad de laboreo

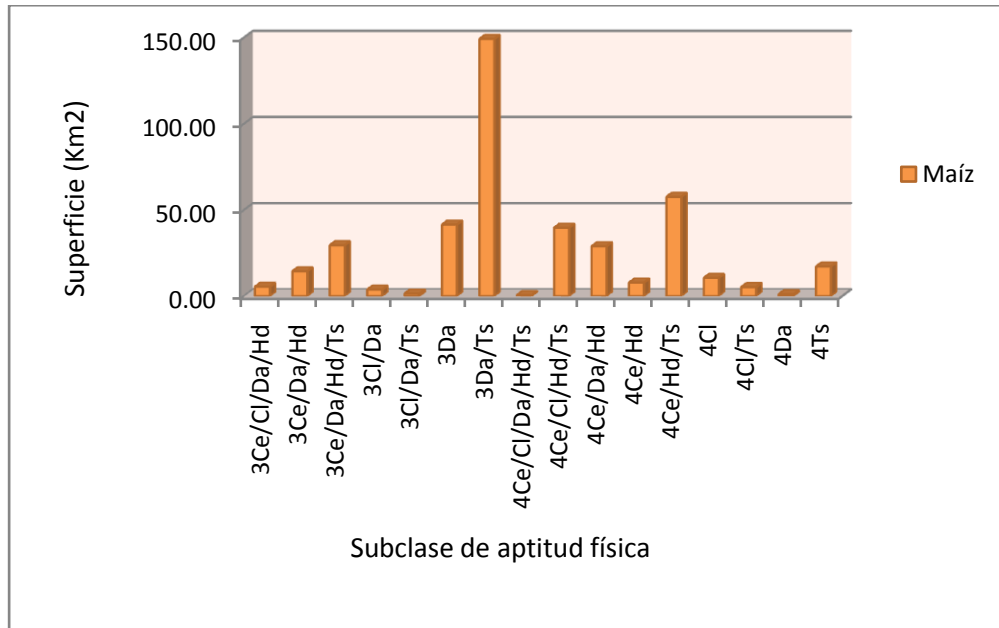


Figura 63. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Cultivo de maíz mecanizado en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

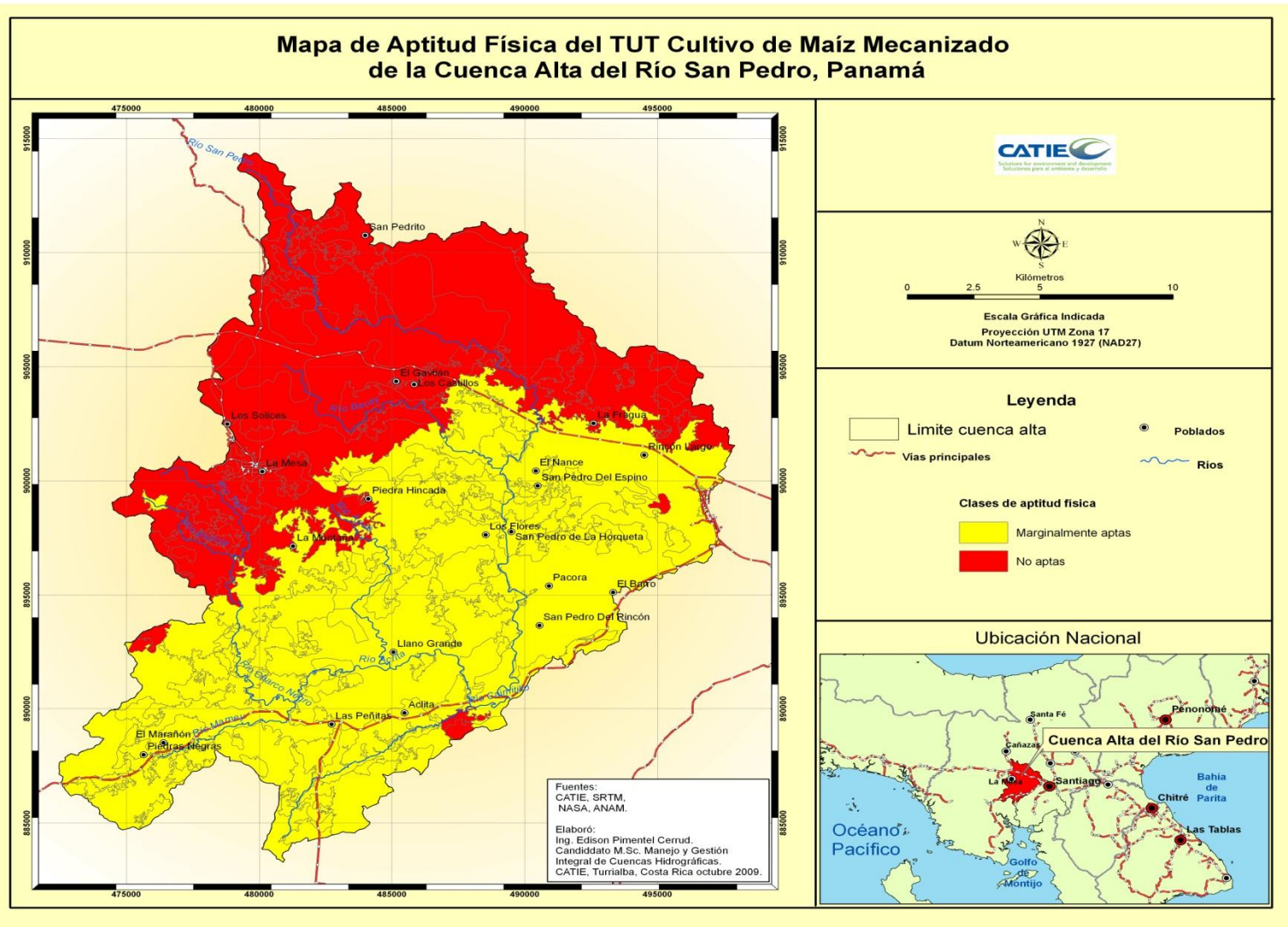


Figura 64: Mapa de aptitud física del suelo cultivo de maíz mecanizado.

4.3.2.11 Cultivo de ñame en secoano

Los resultados de la evaluación realizadas con este modelo, nos muestran que el 50.25% (207.82 Km²) se encuentra en la clase 3 es decir marginalmente apta (A3) superando por una estrecha diferencia a la clase 4 es decir no apta (N1) con un área de 49.75% (205.78 Km²). Esto nos indica que prácticamente la mitad de la superficie estudiada 50.25 % (207.82 Km²) presenta aptitud física para las el TUT Cultivo de Ñame, en secoano, sin embargo, no se apreció las clases muy apta (A1) y moderadamente apta (A2) (Cuadro 46 y Figura 65 y 67).

Cuadro 46. Resumen de la evaluación física del TUT Cultivo de ñame en secoano en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Clase de aptitud física	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
A3	207.82	50.25
N1	205.78	49.75
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

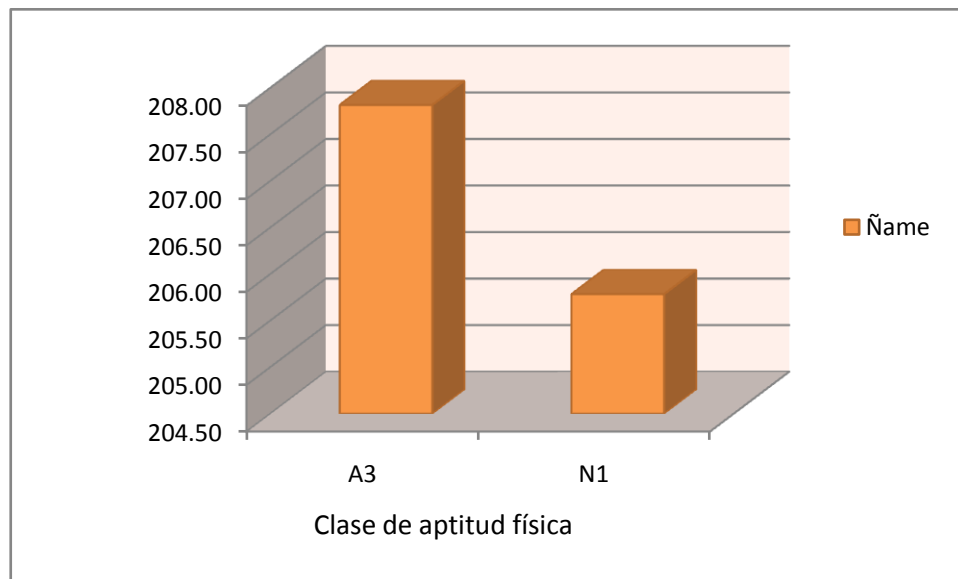


Figura 65. Distribución de la clase de aptitud física del TUT Cultivo de ñame en secoano en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Además también se observa el resultado de la subclase de la aptitud física para este TUT, sobresaliendo la subclase 3Ce/Da/Hd/Ts (Disponibilidad de agua, humedad disponible y la toxicidad del suelo) en aproximadamente 39.47% (163.26 Km²) del área estudiada e igualmente la subclase 4Ce/Hd/Ts (Condición de enraizamiento, humedad disponible y la toxicidad del suelo) con 15.01% (62.09 Km²) del área total estudiada, además no existen las subclases de aptitud física muy apta (A1) y moderadamente apta (A2) para este TUT (Cuadro 47 y Figura 66).

Cuadro 47. Resumen de la subclase evaluación física del TUT Cultivo de ñame en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

Subclases	Superficie (Km2)	Porcentaje (%)
3Ce/Cl/Da/Hd/Ts	0.32	0.08
3Ce/Da/Hd	40.80	9.86
3Ce/Da/Hd/Ts	163.26	39.47
3Da	2.70	0.65
3Da/Ts	0.74	0.18
4Ce/Cl/Da/Hd	13.55	3.28
4Ce/Cl/Da/Hd/Ts	0.50	0.12
4Ce/Cl/Hd	5.41	1.31
4Ce/Cl/Hd/Ts	44.89	10.85
4Ce/Da/Hd	15.32	3.71
4Ce/Hd	34.60	8.37
4Ce/Hd/Ts	62.09	15.01
4Cl	15.75	3.81
4Da	1.05	0.25
4Ts	12.61	3.05
Total	413.60	100.00

Fuente: Elaboración propia

Donde: Ce: Condición de enraizamiento, Da: Disponibilidad de agua,
Ts: Toxicidad del suelo, Hd: Humedad disponible y Cl: Capacidad de laboreo

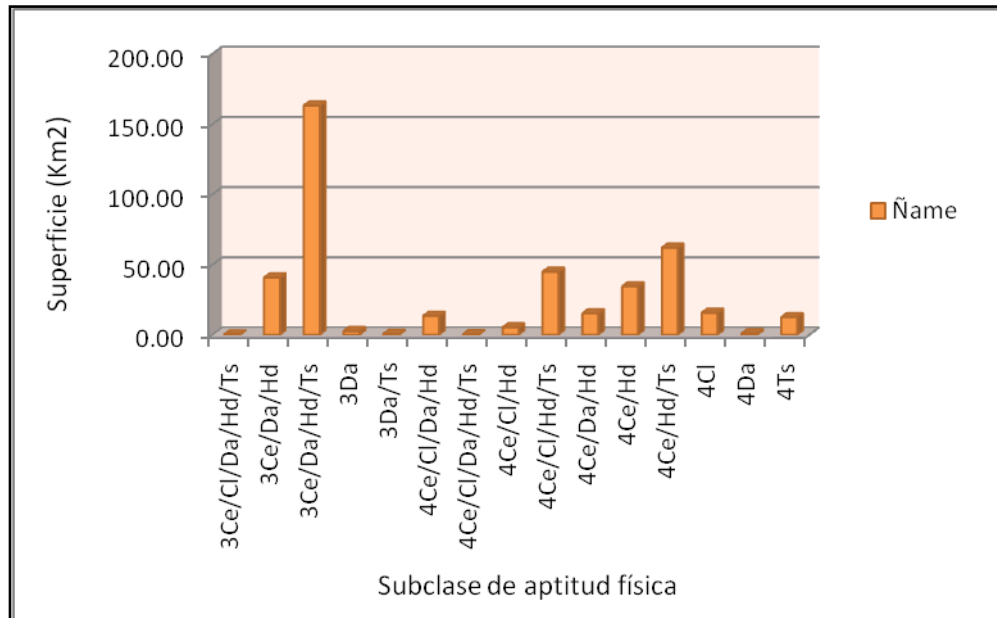


Figura 66. Distribución de la subclase de aptitud física del TUT Cultivo de ñame en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

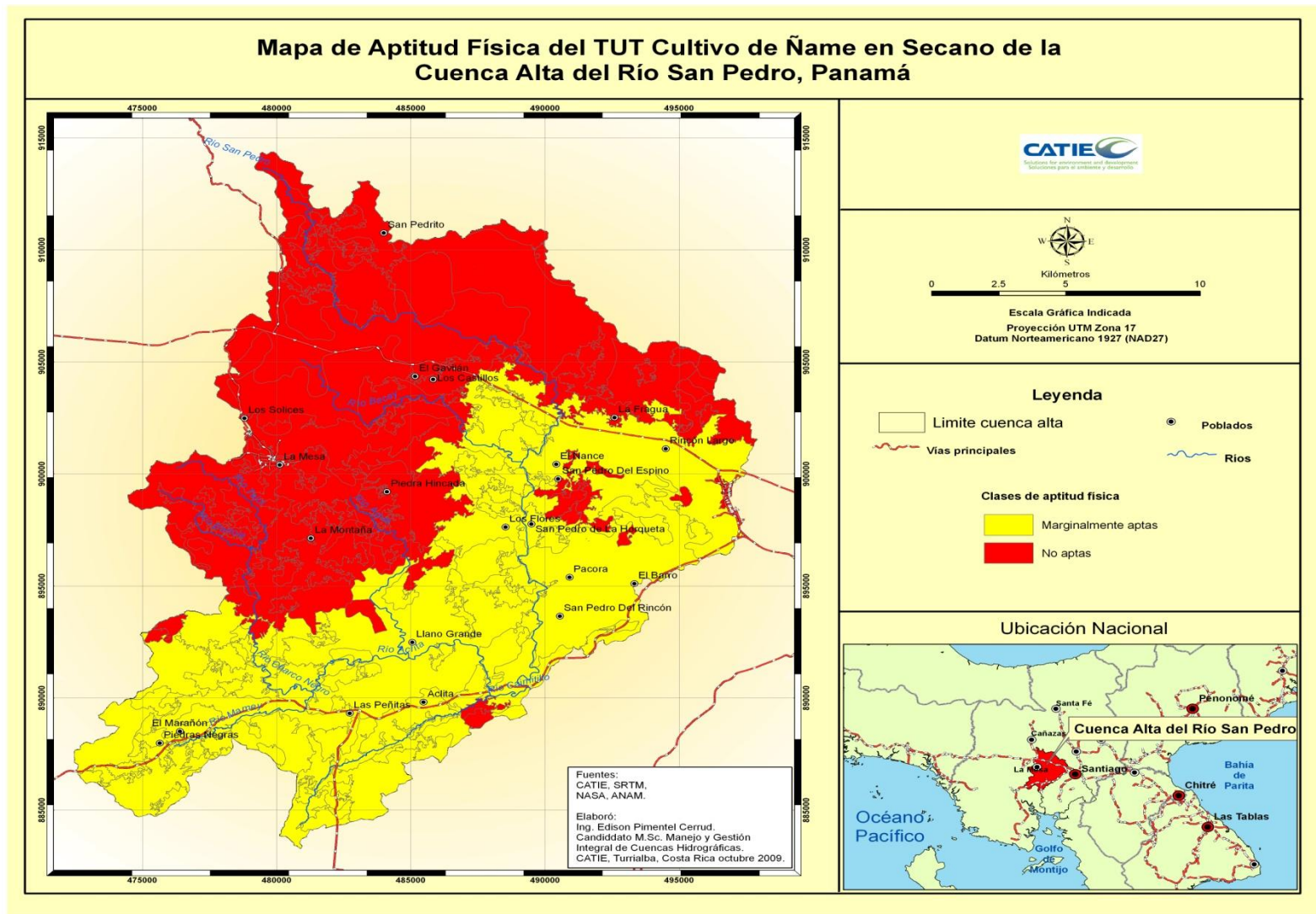


Figura 67: Mapa de aptitud física del suelo cultivo de ñame en secano.

4.3.2.12 Comparación entre los TUT cultivos arroz en seco, maíz mecanizado y ñame en seco

El área de aptitud física de los TUT Cultivos arroz en seco, maíz mecanizado y ñame en seco en la clase A3 la superficie para arroz es de 255.82 Km² siendo la de mayor superficie y seguido por el maíz 245.21 Km² y el ñame con 207.82 Km². Respecto a la clase A3, el arroz 157.78 Km², el maíz con 168.39 Km² y finalmente aventajando en superficie el ñame con 205.78 Km² (Figura 68).

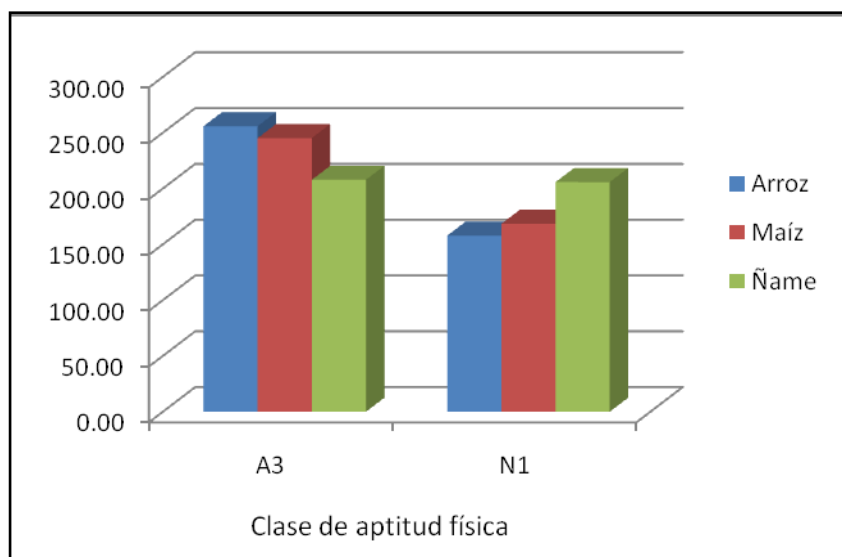


Figura 68. Distribución de la clase de aptitud física del TUT cultivos arroz en seco, maíz mecanizado y ñame en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

En resumen, la mayor aptitud actual para los cultivos lo obtuvo el TUT Cultivo de Arroz, en seco con 255.82 Km² (Figura 69).

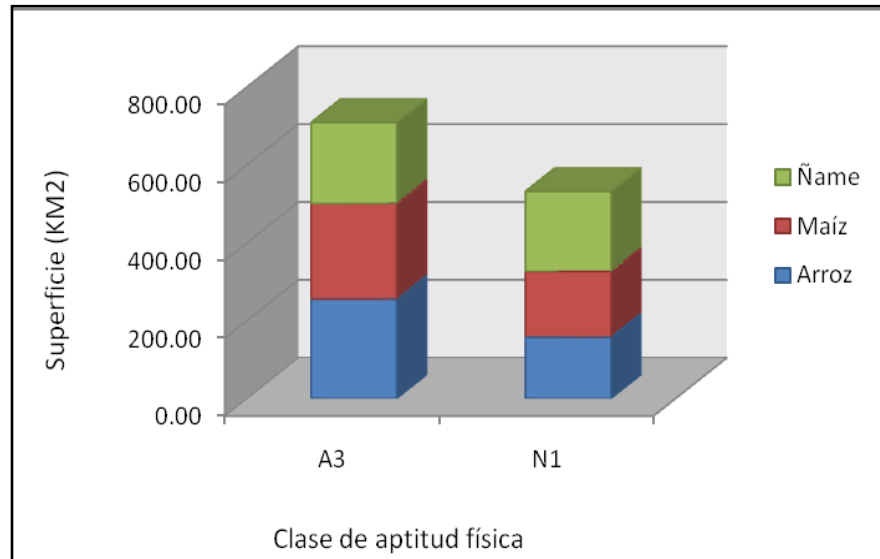


Figura 69. Distribución total de la clase de aptitud física del TUT cultivos arroz en seco, maíz mecanizado y ñame en seco en la Cuenca Alta del Río San Pedro, Panamá

4.4 Proponer una zonificación para el ordenamiento territorial enfocado a la recuperación de las tierras degradadas de la cuenca alta del río San Pedro

Para la propuesta de la zonificación se consideró la información sobre el uso potencial, la cobertura actual, la vulnerabilidad a la degradación, así como también la infraestructura vial, poblados y ríos, ya que en conjunto nos permiten determinar el uso más adecuado para una determinada zona, por ejemplo, un terreno con cobertura actual de agricultura tecnificada, con un uso potencial de pastos y una vulnerabilidad media puede zonificarse como una zona apta para el desarrollo de sistemas silvopastoriles.

La integración de los mapas de (uso potencial + cobertura actual + vulnerabilidad a la degradación + infraestructura vial + poblados + ríos), se realizó mediante la combinación de temas en ArcView. Donde se obtuvo como producto un mapa de zonificación, con siete categorías y diez subcategorías (Cuadro 48 y figura 80 y 81).

Cuadro 48. Superficie por categoría y subcategoría de la propuesta de zonificación de la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá

<i>Categoría /subcategoría</i>	<i>Superficie (Km2)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
A Zona de protección	14.61	3.53
A1 Zona de protección de Bosques secundarios	4.89	1.18
A2 Zona de protección de cauces de ríos	9.71	2.35
B Zona de desarrollo forestal	162.10	39.19
B1 Zona para plantaciones forestal (pino/teca)	72.78	17.60
B2 Zona para enriquecimiento forestal (Matorrales/Rastrojos)	89.32	21.60
C Zona de restauración ecológica	83.91	20.29
C1 Zona de regeneración natural (pasto natural)	83.91	20.29
D Zona de producción pecuaria	82.40	19.92
D1 Zona para sistema silvopastoril (pasto natural y mejorado)	82.40	19.92
E Zona de producción agrícola	46.81	11.32
E1 Zona agrícola intensiva con medidas culturales (arroz/maíz/ ñame)	39.84	9.63
E2 Zona agrícola de subsistencia con medidas culturales (arroz/maíz/ ñame)	6.97	1.69
F Zona de asentamientos humanos	20.07	4.85
F1 Zonas urbanas y semiurbanas	20.07	4.85
G Zona de Infraestructura vial	3.72	0.90
G1 Zona de carreteras primarias y secundarias	3.72	0.90
Total	413.60	100.00

Las categorías definidas para la propuesta de zonificación para el ordenamiento territorial en la parte alta de la cuenca del río San Pedro son las siguientes:

a) Zona de protección

Esta categoría está compuesta por zonas que actualmente está compuesta por Bosque secundarios y la franja de bosque circundante al cauce de los ríos de la cuenca alta. El área determinada por esta categoría es de 14.61 Km² (3.53%).

En este sentido La ley forestal de Panamá (Art. 4), establece tres categorías de bosques correspondiente a las diversas funciones que cada uno de ellos cumple: producción, protección y especiales. Los bosques de protección cumplen con las funciones reguladoras y protectoras de procesos ecológicos esenciales. Además en el (Art.10) indica que es patrimonio natural del estado todos los bosques naturales, las tierras sobre la cual se encuentren estos bosques y también las tierras estatales de aptitud preferentemente forestal. También menciona en (Art. 23 y 24) que se prohíbe el aprovechamiento forestal, el daño o destrucción de árboles o arbustos en las zonas circundantes al nacimiento de cualquier cauce natural de agua, así como en las áreas adyacentes a lagos, lagunas y ríos y quebradas (ancho del cauce a ambos lado y en ningún caso menor de 10 metros).

b) Zona de desarrollo forestal

Esta categoría está compuesta por zonas que actualmente están ocupadas por plantaciones forestales de pino, teca y matorrales o rastrojos. Esta categoría es la que ocupa una superficie mayoritaria siendo esta de 162.10 Km² (39.19%).

La ley forestal de Panamá en (Art.4) menciona que existen los bosques de producción en los cuales es posible aprovechar productos forestales de valor económico de manera intensiva y racional con rendimientos sostenido. Igualmente en el (Art. 61) señala que se considerarán excluidas de los fines de la Reforma Agraria las fincas privadas, calificadas como aptitud preferentemente forestal. Además en el (Art. 11) indica que para la actividad forestal que se realice tanto en bosques naturales como artificiales se deberá elaborar inventarios, planes de reforestación y planes de manejo y preséntalos a la Institución competente para su debida aprobación o rechazo.

c) Zona de restauración ecológica

Esta categoría está compuesta por zonas que actualmente están ocupadas por pasto natural que se encuentran en un alto grado de degradación. Esta categoría ocupa un área de 83.91 Km² (20.29%).

La ley 41 General del ambiente (Art. 68) menciona que el estado estimulará la creación de áreas protegidas en terrenos privados, a través de un sistema de incentivos fiscales y mecanismos de mercado, tales como los créditos canjeables por reforestación con especies nativas, los derechos de desarrollo sostenible y los pagos por servicios de conservación de beneficios nacionales y globales las cuales formaran parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) (Art. 66). Igualmente (Art 67) señala que se apoyará la conservación y, preferentemente, las actividades de la diversidad biológica en su hábitat original, especialmente en el caso de especies y variedades silvestres de carácter singular. Complementariamente, propugnará la conservación de la diversidad biológica en instalaciones fuera de su lugar de origen.

d) Zona de producción pecuaria

Esta categoría está formada por las zonas en las que actualmente se realizan actividades pecuarias y con un potencial para pastos (natural y mejorado). El área determinada por esta categoría es de 82.40 Km² (19.92%).

La ley 41 General del ambiente de Panamá (Art. 75) menciona que el uso de los suelos deberá ser compatible con su vocación y aptitud ecológica, de acuerdo con los programas de ordenamiento ambiental del territorio nacional. Los usos productivos de los suelos evitarán prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ambientales adversos. Igualmente el (Art. 76) la realización de actividad pública o privada que, por su naturaleza, provoque o pueda provocar degradación severa de los suelos, estará sujeta a sanciones que incluirán acciones equivalentes de recuperación o mitigación, las cuales serán reglamentadas por la Autoridad Nacional del Ambiente.

En este sentido el (Art. 3) del código agrario menciona que la tierra es un factor de producción y su propietario debe cumplir una función social, además Indica (Art. 2) como uno de sus objetivos es fomentar la productividad agrícola y pecuaria

e) Zona de producción agrícola

Esta categoría está formada por las zonas en las que actualmente se realizan actividades agrícola y con un alto potencial para cultivos (arroz, maíz, ñame). El área determinada por esta categoría es de 46.81 Km² (11.32 %).

Para esta categoría también se rige por los Artículos 75 y 76 de la Ley 41 General del ambiente de Panamá y la Estrategias Nacional del Ambiente (ENA) relativas a Protección, Recuperación y Uso Sostenible de los Recursos Naturales y la Diversidad Biológica y Protección del Ambiente en Territorios Prioritarios; particularmente donde se realicen actividades de producción agrícola, ganadera ó forestal

f) Zona de asentamientos humanos

Esta categoría está formada por las zonas que en la actualidad se encuentran ocupadas por los asentamientos humanos o lugares poblados. El área determinada por esta categoría es de 20.07 Km² (4.85 %).

El código agrario (Art. 27) indica que se exceptúan de los fines agrarios las tierras comprendidas en las áreas urbanas conforme a las disposiciones vigentes y las extensiones de tierras que a juicio de los organismos oficiales competentes se requirieron para el desarrollo de la industria nacional o de los centros poblados existentes o que se proyectara crear.

g) Zona de Infraestructura vial

Esta categoría está formada por las zonas que en la actualidad se encuentran ocupadas por la infraestructura vial (carreteras primarias y secundarias). El área determinada por esta categoría es de 3.72 Km² (0.90 %).

El (Art. 22) de la Ley 41 General de Ambiente de la República de Panamá señala el ordenamiento ambiental del territorio, como uno de los instrumentos prioritarios de gestión ambiental y consigna a la ANAM la responsabilidad de velar por los usos del espacio en función de sus aptitudes ecológicas, sociales y culturales, su capacidad de carga y otras

características. Igualmente, la ENA contempla la dimensión ambiental el crecimiento y desarrollo sostenible.

Decreto Ejecutivo 23 (La Ley 6 del 2006) en (Art. 20) las autoridades urbanísticas mediante decreto ejecutivo o acuerdo municipal, con sujeción a los planes, constituirá las áreas de crecimiento urbano y reservas en razón de su uso real y potencial urbano. Además la reserva territorial y las áreas de crecimiento urbano, deben responder a la estrategia nacional, regional y local. Igualmente (Art. 18) se consideran servidumbres municipales las siguientes áreas de usos públicos: aceras, isletas centrales de las vías, avenidas calles, áreas verdes, o adyacentes a las rodaduras de calles que están en las servidumbres viales y áreas recreativa o de esparcimiento, además la Autoridad urbanística coordinará con las demás autoridades competentes.

Gráficamente, se puede apreciar que la mayor superficie la ocupa la categoría de zona de desarrollo forestal con un 39.19% (162.10 Km²), seguido de la zona de restauración ecológica con 20.29% (83.91 Km²) (Figura 70); mientras que la Figura 71 y la Figura 72 muestra la zonificación del territorio de la cuenca alta del río San Pedro.

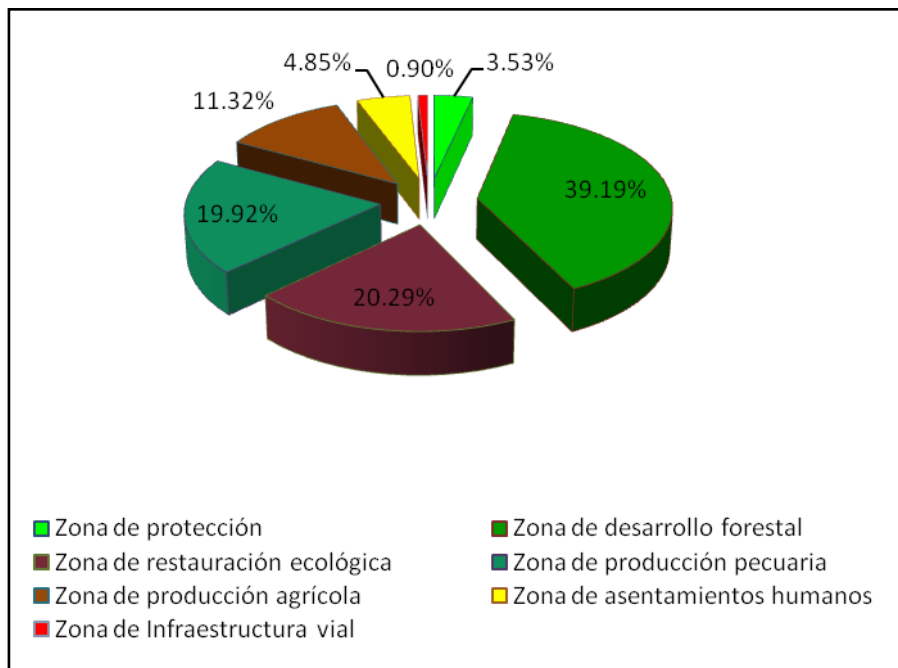


Figura 70. Distribución porcentual por categoría de zonificación en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá

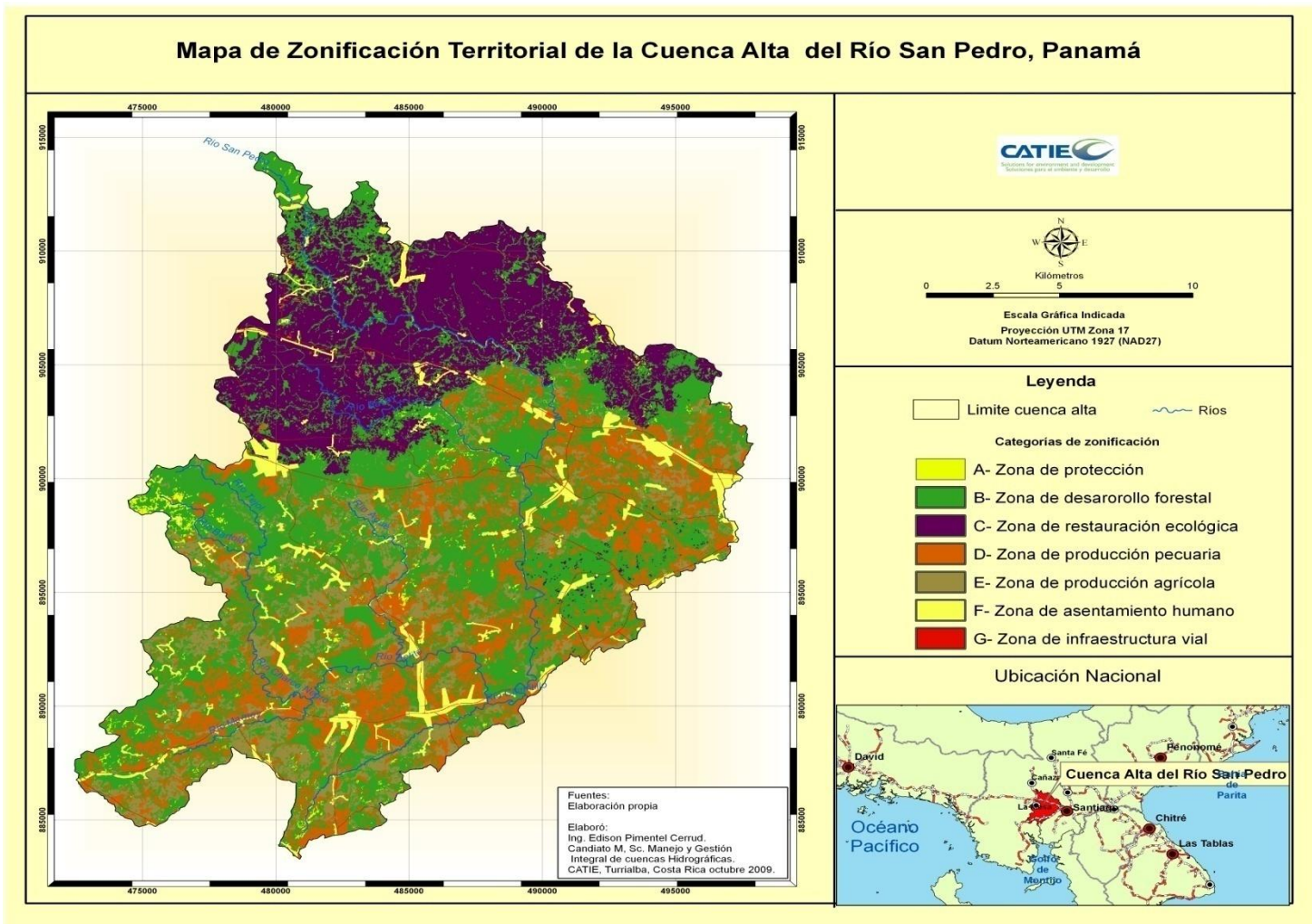


Figura 71. Mapa de Categorías zonificación territorial de la parte alta de la cuenca

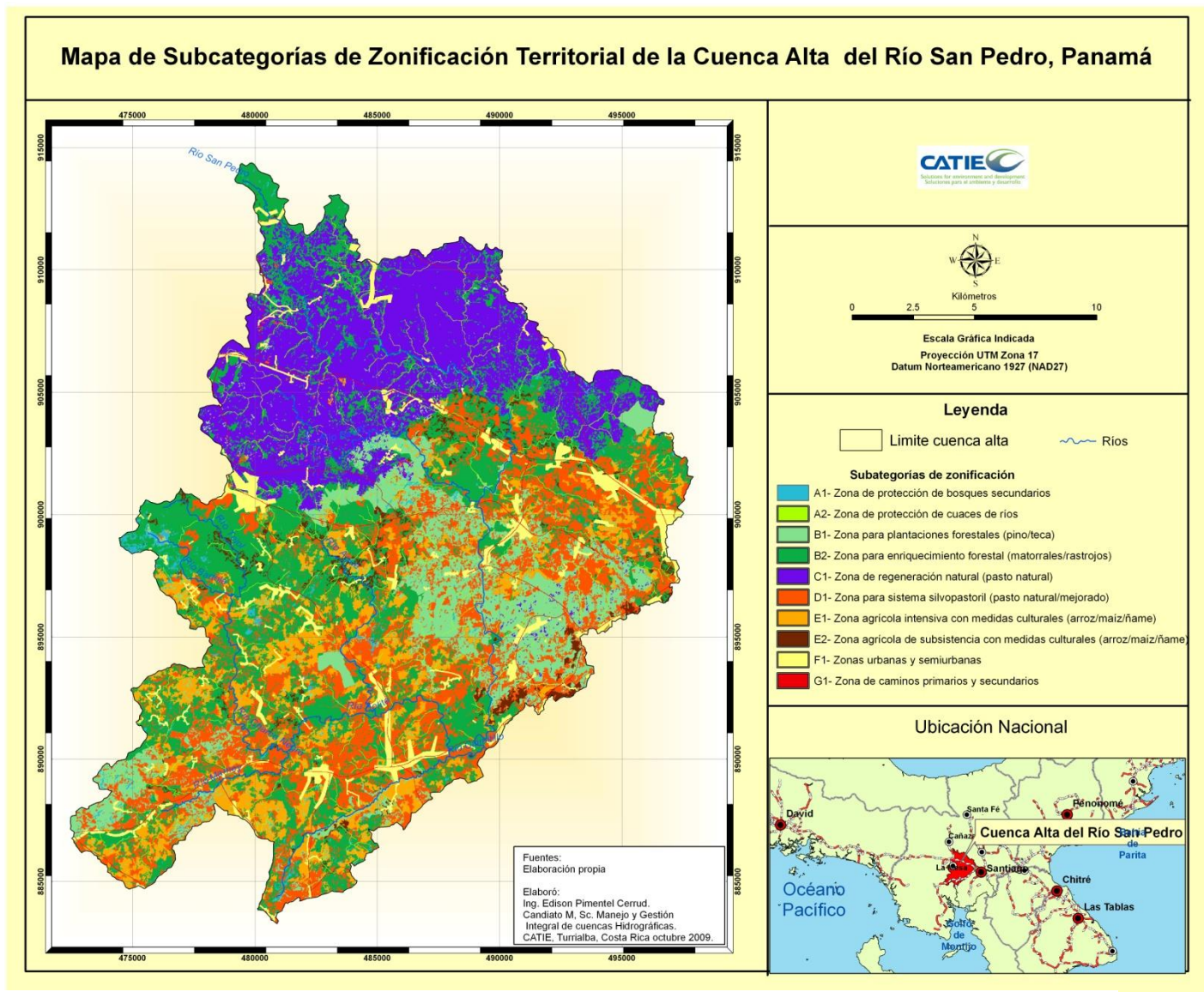


Figura 72. Mapa de Subcategorías zonificación territorial de la parte alta de la cuenca

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El levantamiento y recopilación información de los aspectos biofísico y socioeconómico permitieron una mejor visión del estado actual de la parte alta de la cuenca y constituyeron un insumo muy importante para la evaluación de tierra efectuada.

Se logro recopilar y recuperar información técnica dispersa en diferentes instituciones, organismos, además del conocimiento de de productores y expertos que permitió generar información valiosa para futuros trabajos.

El 92% de las áreas en la parte alta de la cuenca tiene una vulnerabilidad a la degradación alta y media, lo que indica la necesidad de aplicar de medidas de conservación para el buen manejo de los suelos.

La evaluación con ALES, bajo el enfoque de la FAO, conjuntamente con la experiencia de expertos, permitió construir un modelo experto con nueve modelos para la evaluación física, en la parte alta de la cuenca del río San Pedro, Panamá, para uso forestales, para aprovechamiento forestal de Pino caribe y teca y para Pasto mejorado y natural para ganadería extensiva Brizantha, Humidícola, Decumbens y Faragua y cultivos mecanizados de Arroz, Maíz y ñame en seco.

La utilización de Ales y SIG como herramientas de construcción de modelos de evaluación de tierras, permiten la generación y manipulación de fuente de datos, sin embargo, la valides de la información está sujeta a los fundamentos o criterios utilizado en su generación o captura.

La utilización de los criterios edafológicos y de uso de la tierra permitió la identificar de 150 unidades cartográficas o mapeo homogéneas.

El proceso de la evaluación aptitud física efectuado indica que existe un 74.89% de aptitud moderadamente (A2) y marginalmente apta (A3) para el establecimiento de plantaciones forestales de Pino Caribe, y el 43.33% para las plantaciones de teca en la parte alta de la cuenca del río San Pedro.

Para los pastos mejorado y natural, para ganadería extensiva, las tierras de la cuenca alta del río San Pedro presentan una mayor aptitud física al tipo de uso, pasto natural H.rufa, siendo un 60.53% de las tierras moderadamente (A2) y marginalmente aptas (A3). Para pastos mejorados, la B.decumbens con un 58.43% de las tierras tienen aptitud moderada (A2) y marginalmente aptas (A3), seguidos de los pastos B. brizantha y humidícola con 57.37 y 57.39 de las tierras tienen aptitud moderada (A2) y marginalmente aptas (A3)

Para los cultivos maíz mecanizado, arroz y ñame en seco, las tierras de la cuenca alta presentan una mayor aptitud física al tipo de uso, arroz en seco con un 61.85% de las tierras marginalmente aptas (A3), seguido del maíz mecanizado con 59.29% de las tierras tienen aptitud marginalmente aptas (A3) y finalmente, el 50.25% de las tierras tienen aptitud marginalmente aptas (A3) para el cultivo de ñame.

Las subclases de aptitud física que mayor representatividad presentaron en la cuenca alta del río San Pedro en el caso de las plantaciones forestales fue el requisito de uso de la tierra (TUT) de toxicidad del suelo (Ts) pino con un 42.23% y teca con 31.27%.

Para los pastos mejorado y natural las subclases de aptitud física con mayor representatividad fue la combinación de la condición de enraizamiento con la humedad disponible (Ce/Hd) en los pastos B.decumbens (29.93%) y H.rufa (32.65%) y la toxicidad del suelo (Ts) presente en todas las los pastos (B.decumbens 27.94% B.brizantha (46.30%), B. humidícola (40.22%), H.rufa (36.14%).

Para los cultivos maíz mecanizado, arroz y ñame en seco, las subclases con mayor representatividad fue la combinación de disponibilidad de agua y toxicidad del suelo (Da/Ts) para arroz 22.74% y maíz 36.07%), la condición de enraizamiento, capacidad de laboreo y

humedad disponible (Ce/Cl/Hd) con 16.57% y la combinación de Ce/Hd con 15.81% en el cultivo de arroz y la combinación de condición de enraizamiento, humedad disponible y toxicidad del suelo para el maíz con 13.92% y para el cultivo de ñame la combinación de (Ce/Da/Hd/Ts) con 39.47 y seguido de la combinación de (Ce/Hd/Ts) con un 15.01%.

El escenario propuesto considera 7 categorías de zonificación con las que se logra una distribución superficial equitativa entre los usos propuestos, así como entre los aspectos productivos (70.43%) y de conservación (23.89 %), la diferencia correspondiente los rubros de asentamiento humanos (4.85%) e infraestructura vial (0.90%).

5.2 Recomendaciones

Fortalecer el grado de conocimiento que existe en los productores que en la actualidad realizan un manejo adecuado de los recursos de la cuenca alta.

Socializar la información generada sobre las áreas vulnerables y en proceso de degradación para crear conciencia entre los usuarios de los recursos de la cuenca alta.

Promover en los programas de las instituciones involucradas en el manejo de los recursos de la cuenca alta la utilización de medidas de conservación de suelo, agua y calidad ambiental para disminuir los procesos de degradación ya existentes.

Realizar la validación de la evaluación de tierra, mediante una segunda opinión de expertos y recorrido de campo.

Implementar en las unidades cartográficas donde el RUT limitante sea toxicidad del suelo (Ts) la aplicación de enmienda (encalamiento) para mejorar la productividad del área.

Incluir en los modelos evaluados información sobre el aspecto económico de los cultivos.

Realizar monitores a mediano y largo plazo para ver los cambios de la aptitud física en la parte alta de la cuenca.

Impulsar la utilización de las herramientas de ALES Y el SIG en las 51 cuencas restante de la república de Panamá.

Promover y realizar alianzas estratégicas que permitan la implementación de la propuesta de zonificación en la parte alta de la cuenca.

6. BIBLIOGRAFÍA

Argel, P. 1988. Pasto Toledo: nuevo cultivar para zonas tropicales de América. *Pasturas Tropicales* 22(3):38-39.

Arana L, GA. 1992. Análisis espacial para evaluar la erosión hídrica en la subcuenca del Pensativo, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 118 p.

Allen, P.J. 1993. Stem profile and form factor comparisons for *Pinus elliottii*, *Pinus caribaea* and their F1 hybrid. *Australian Forestry* 56(2): 140-144.

Arosemena M, J. 1995. La degradación del Suelo. El suelo en la agricultura y el medio ambiente (39): 59-63.

Antezano C, J C.2001. Calibración de los Factores de Erosión Utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisado "RUSLE" en Sistema de Producción Agrícola de la Cuenca Taquiña. Tesis M.Pr. Cochabamba, BO, UMSSCLAS. 77 p.

Argel, P.J., Giraldo, G., Peters, M. and Lascano, C.E. (2002). Guía para la producción artesanal en Centro América de semillas del Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*) Acceso CIAT 26110 (in press)

ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente,PA).1994. Ley 1 de 3 del Febrero, por la cual se establece la Ley Forestal de la Republica de Panamá, y se dictan otras disposiciones (en línea). Consultado el 3 de oct. 2009. Disponible en

http://www.anam.gob.pa/joomla/images/stories/normasambientales/Ley_1_de_3_de_Febrero_de_1994.pdf

ANAM.1998. Ley N° 41 de 1 de julio, por la cual se dicta la Ley General del Ambiente y se crea la Autoridad nacional del Ambiente (en línea). Consultado el 3 de oct. 2009. Disponible en

http://www.anam.gob.pa/joomla/images/stories/normasambientales/Ley_general_del_ambiente_panama.pdf

ANAM. 2000. Mapa de la Cobertura Boscosa y Usos del Suelo de la República de Panamá: 1992 – 2000. Escala 1:50,0000.

ANAM. 2002. Informe Nacional para la Implementación de la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la Desertificación (UNCCD), PA, ANAM. 44 p.

Ávila, R. 2003. Evaluación del estado y crecimiento inicial de cuatro especies prioritarias (*Pinus maximiliani* H.E. Moore, *Pinus caribaea* Morelet, *Pinus oocarpa* Schiede y *Tectona grandis* L.), del Programa de Incentivos Forestales en la región 2, en los Departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, CR. 176 p.

Abarca, O. 2004. Planificación del aprovechamiento de la tierra de las Estaciones Experimentales de la Universidad Central de Venezuela. Trabajo de Ascenso a la Categoría de Profesor Agregado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 285 p.

ANAM. 2004. Diagnostico de Áreas Críticas: Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Ciudad de Panamá, PA, ANAM. 127 p.

Alvarado, A.; Raigosa, J.; Oviedo, J. 2006. Nutrición y fertilización del pino caribeño (*Pinus caribaea*). *Informaciones Agronómicas*. n°62:8-12

ANAM. 2007. Términos de Referencias: Plan Indicativo de Ordenamiento Territorial Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río San Pedro (120), en el Arco Seco de Panamá. Ciudad de Panamá, PA, ANAM. 66 p.

Andrade, H.J.; Esquivel, H.; Ibrahim, M. 2008. Disponibilidad de forrajes en sistemas silvopastoriles con especies arbóreas nativas en el trópico seco de Costa Rica. *Zootecnia Tropical*. 26(3):289-292.

Baker, RX; Herdt, RW; Rose, B. 1985. The rice economy of Asia. Resources for the future, IRRI. Washinton D.C., USA. 324 p.

Bienvenido, J. 1994. El arroz en la nutrición humana. FAO. Documento técnico n°26. p.1-17

Briscoe, C. 1995. Silvicultura y manejo de teca, Melina y pochote. Turrialba, CR. Diseminación del cultivo de árboles de uso múltiple. MADELEÑA/USAID/CAP/RENARM y FINNIDA/PROCAFOR. Proyecto 1. CATIE Serie Técnica, Informe Técnico No. 270. 44 p.

Bolivar, D. 1998. Contribución de *Acacia magium* al mejoramiento de la calidad forrajera de *Brachiaria humidicola* y la fertilidad de un suelo ácido del trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, CR. 116 p.

Bautista S, P. 2005. Evaluación de tierras para la implementación de sistemas silvopastoriles en la región Pacífico Central de Costa Rica. Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 168 p.

Coursey, DG.; Martin, F. 1970. The pasta and future of the yams as crop plant. In 2° International symposium on tropical root crops. University of Hawaii. 1:87-90.

Crowder, IV; Chaverra, H; Lotero, J. 1970. Productive improved grasses in Colombia. XI International Grasses Congress. Australia Proceedings. p 147- 149.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Programa de pastos tropicales. Informe anual 1982. Cali. CO. 326 p.

CCT (Centro Científico Tropical, CR). 1985. Sistema para la determinación de la capacidad de uso de la tierra. San José, CR. 48 p.

Cuentas, AP; Pérez, AR. 1987. Pasto La Libertad, *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf. Boletín técnico n°150. Colombia. 16 p.

Carvalho, HO; Metri, JE. 1990. Fracción de agotamiento del agua del suelo. Efecto sobre la producción del ñame (*Dioscorea cayennensis* Lam). Poster Simposio n°2, Congreso de Suelos.

Chaves, E; Fonseca, W. 1991. Teca (*Tectona grandis*), especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 47 p.

Celada R, JE. 1993. Desarrollo de modelos para evaluación de tierras en el trópico seco de Jutiapa, Guatemala: aplicación del sistema automatizado –ALES- CR. Tesis Mag. Sc. San José, CR, CATIE. 133 p.

Camas G, R. 1995. Desarrollo de un modelo para la evaluación automatizada de tierra con énfasis en la conservación de los recursos naturales, en la Fraylesca, Chiapas, México. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 136 p.

Collinet, J; Mazariago, M. 1995. Rehabilitación de los suelos volcánicos degradados utilizando abonos orgánicos, cuenca del río Las Cañas, El Salvador: resultados comentados, recomendaciones después de 4 años de experimentación. Turrialba, CR, CATIE 14 p.

Camacho, P. 1998. Flora y Fauna S.A., Costa Rica reforestation program. In de Camino, M. Alfaro; L.F. Sage. Teak (*Tectona grandis*) in Central America, Apéndice 3. p. 36-45.

CORPOICA. 1999. Algunos criterios para rehabilitar los suelos amazónicos degradados por el uso agropecuario. Florencia, Caquetá, CO.6 p.

Contraloría General de la República de Panamá, Dirección de Estadísticas y Censo.2000. X Censo de población y VI de vivienda. (en línea). Consultado el 25 de Jul. 2009. Disponible en http://www.contraloria.gob.pa/dec/Aplicaciones/POBLACION_VIVIENDA/index.htm

Contraloría General de la República de Panamá, Dirección de Estadísticas y Censo.2001. VI Censo Nacional Agropecuario. (en línea). Consultado el 30 de Jul. 2009. Disponible en http://www.contraloria.gob.pa/inec/Aplicaciones/AGROPECUARIO_FINAL/intro22.htm

CIFIP (Colegio de Ingenieros Forestales de Panamá, PA). 2002). Evaluación de los Impactos Biofísicos y Socioeconómicos de la Reforestación con *Punis Caribaea var Hondurensis*, en tierras severamente degradadas: caso de la Reserva Forestal la Yeguada. Veraguas, PA, MIDA, BID, IICA. 554 p.

Castañeda, C; Alvarado, S; Zamora, R. 2003. Informa final: caracterización técnica de las plantaciones establecidas con el programa de incentivos forestales en Guatemala. 73 p.

Chikhaoui, M; Bonn, F; Bokoye, AI; Merzouk, A. 2003. A spectral index for land degradation mapping using ASTER data: Application to a semi-arid Mediterranean catchment. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation (7). p 140–153.

Cuadrado, CH; Torregrosa, SL; Jiménez, MN. 2004. Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*. *Revista MVZ Córdoba* 9(2):438-443.

Chacón, C. 2005. Evaluación de pasturas de *Brachiaria humudicola* Sola y en asociación con *Desmodium ovalifolium*, en sistema de pastoreo rotativo, al norte del Estado Táchira. IX Seminario de Pastos y Forrajes. Táchira, VE. 12 p.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). sf. *Pinus caribaea*. 6 p. Revisado 12 octubre 2009. Disponible en http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/pinus_caribaea.pdf

CATIE. 2009. Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del río San Pedro. Panamá, PA. 199 p.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). Puntos de calor (2005 a 2009). (en línea). Consultado el 19 de jun. 2009. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/puntos_calor/doctos/puntos_calor.html

De Freitas, H. sf. Especies de género *Brachiaria* griseb nativas o exóticas cultivadas. Secretaría de Agricultura. Sao Paulo, BR. p. 15 – 17.

Durón, F. 1998. Evaluación de tres sistemas de producción de maíz en laderas: tradicional, PRM y óptimo en los Municipios de Yorito y Sulaco, Departamento de Yoro, Honduras. Tesis para optar al título de ingeniero Agrónomo. El Zamorano, HN. 128 p.

DeBano, L.F.; Neary, D.G. y Ffolliot, P.F. (1998). *Fire's effects on ecosystems*. John Wiley & Sons, Inc. 333 p.

De Moraes N, JM; Barbosa, MP; Fernández, MF; Da Silva, J. 2000. Avaliação da degradação das terras nas regiões oeste e norte da cidade de Campina Grande, PB: um estudo de caso. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6 (1). p 180-182.

Debelis, S. 2003. Evaluación de tierras: Realizado sobre la base del documento “Evaluación de tierras con metodologías de FAO”. Tecnología de Suelos, FCA-UNLZ (en línea). Consultado el 25 de ene. 2009. Disponible en http://www.produccionbovina.com/suelos_ganaderos/15-evaluacion_de_tierras.htm

Edmeades, G.O.; Bolaños, J.; Lafitte, H.R. 1992. Progress in breeding for drought tolerance in maize. In D. Wilkinson (ed). Proc. 47th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf., Chicago, Washington DC, USA. p 93-111.

Engel, B.2003. Estimating soil erosion using RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) using Arc View. Purdue University. 10 p.

FAO. 1967 (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). La erosión del suelo por el agua algunas medidas para combatirlas en las tierras de cultivos. Fomento de la Tierra y Agua. Cuaderno de Fomento Agropecuario. Roma, IT. 54 p.

FAO. 1976. A framework for land evaluation. Soils Bulletin 32 (en línea). Consultado el 5 de ene. 2009. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/x5310e/x5310e00.htm>

FAO. 1984. Proteger y Producir: Conservación del Suelo para el Desarrollo. Roma, IT. 40 p.

FAO. 1985. Directivas: evaluación de tierras para la agricultura en secano. Roma, IT. 228 p.

FAO. 1993. Erosión de suelos en América Latina (en línea). Roma, IT. Consultado en 15 de oct. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T2351S/T2351S00.htm#contents>

Fassbender, HW. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales: Materiales de Enseñanza CATIE. no. 29. Turrialba, CR, CATIE. 2 ed. 491 p.

FAO. 1994. Directrices sobre la Planificación del Aprovechamiento de la Tierra. Colección FAO: Desarrollo, No 1. Roma, Italia. 96 p.

FAO. 2000. La utilización y la gestión sostenible de las tierras son fundamentales para prevenir la degradación del suelo (en línea). Consultada el 3 de ene. 2009. Disponible en http://www.fao.org/waicent/ois/press_ne/PRESSSPA/2000/prsp0027.htm

FAO. 2001. Programación lineal para la elaboración de escenarios óptimos de uso de la tierra: Un método para el ordenamiento territorial basado en la evaluación de tierra con estudios de caso de Brasil y Chile. Informe Técnico N°3. Proyecto Regional “Información sobre tierras y aguas para un desarrollo agrícola sostenible”. Santiago, CL. 71 p.

FA . 2002. Estado de la información forestal en Guatemala. Santiago, Chile. 84 p.

FAO. 2003a. Evaluación de tierras con metodologías de la FAO: Documento de trabajo (en línea). Santiago, CL, Proyecto Regional Ordenamiento Territorial Rural Sostenible, FAO. 26 p.

Consultado 10 enero 2009. Disponible en: http://www.fao.org/Regional/LAmerica/proyecto/139jpn/document/2ordenam/talleres/tevt/tfa_oevt/doctall/apunteev.pdf

FAO. 2003b. Evaluación de la Degradación de la Tierra en Zonas Áridas LADA (Land Degradation Assessment in Drylands). Roma, IT, 42 p.

Freddy Sancho, Mario Villatoro. 2005. Efecto de la posición en la pendiente sobre la productividad de tres secuencias de suelos en ambientes de Costa Rica. Agronomía Costarricense 29(3): 159-174.

Faustino, J. 2006. Marco conceptual. Curso especialización gestión integral de cuencas hidrográficas. CATIE Turrialba, CR. 17 p.

Guangwei, C. (s.f). Land Degradation Approach: Methodology and Practice. Beijing, CN. 10 p.

Galvao, E.; Lima, F.A. 1977. Capim quicuí da amazonia (Brachiaria humidicola) e suas perspectivas no Estado de Goias. Boletín técnico n°2. 27 p.

González, V; Abad, A. 1987. Intensidades máximas y erosivas de las lluvias en la República de Panamá. Tesis Ing. Civil. Panamá, PA, UTP. 508 p.

Giovannini G. ; Lucchesi, S. y Giachetti, M. (1988). Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. Soil Science, 146: 255-262.

Giovannini, G. y Lucchesi, S. (1993). Effects of fire on soil physico-chemical characteristics and erosion dynamics. En: Fire in Mediterranean ecosystems. (L. Trabaud y P. Prodon, eds.) Commission of the European Countries, Ecosystem Research Report 5. Brussels, Belgium, pp. 403-412.

Giot, G.J.; Meléndez, N.F. 2002. Comparación morfológica de Brachiaria híbrido mulato y Brachiaria brizantha. Tabasco, MX. p. 6-7.

Guevara, E.; Rodríguez, T.; Navarro, L.; Iraida, R. 2002. Two Levels the Nitrogen Fertilization, Grazing Frequency and Association with Centrosema brasilianum in the Forage Availability of Brachiaria brizantha. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Anzoátegui. Revista Científica Vol. 12(2):569-571.

Gordón, R. 2007. Guía técnica: manejo integrado del maíz. IDIAP, PA. 47 p.

Holdridge, L. R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, CR. Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa. 2000. Ecología Basada en Zonas de Vida, 5a. ed. San José, CR, IICA. 216 p.

Hidalgo, P. 1985. Esquema metodológico de un proyecto de conservación de suelos y aguas. Mimeografiado. CIDIAT. Mérida, Venezuela. 30 p.

Hernández R, G; Ruiz, A; Díaz, J; Barrantes. 1997. Degradación de suelos y sus efectos sobre la productividad. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Heredia. CR. 49 p.

ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica). 1981. Especies forestales más utilizadas en los proyectos de reforestación en Costa Rica. ITCR. Cartago, CR. 145 p.

IGTM (Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, PA). 1988. Atlas Nacional de la República de Panamá. Panamá, PA. 222 p.

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, CO). 1996. Aspectos Ambientales para el Ordenamiento Territorial del Municipio de Mitu (Departamento de Vauspes). Bogotá, CO. 1261 p.

Jarquín M, MC. 2000. Sistema experto para el manejo de plagas del tomate asociado con café, en Grecia, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 166 p.

Jiménez, F.; Collinet, J.; Mazariego, M. 1998. Recuperación de suelos degradados con *Gliricidia sepium* o gallinaza en la microcuenca río Las Cañas, El Salvador Agroforestería en las Américas, CATIE. Oct-Dic 1998. v. 5(20). p 10-16.

Jiménez, F. 2008. Introducción al Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Material de referencia del curso de maestría de Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas I. Turrialba, CR, CATIE. 30 p.

Klingebiel, AA; Montgomery, PH. 1961. Land Capability Classification. USDA Agricultural Handbook 210, Washington, DC: US Government Printing Office. 21 p.

Koepfen W. 1936. Das geographische system der Klimate. Vol. 1. Part C. In W. Koppen, and R. Geiger (eds.). Handbuche der Klimatologie. Gebreuder Borntraeger, Berlin, Germany. 46 p.

Kemp, EDS.; Mackenzie, R.M.; Romney, D.H. 1971. Productivity of pasture in British Honduras. Tropical Agriculture. n°38: 161-171.

Lu, JJ; Chang, TT. 1980. Rice in its temporal and spatial perspectives. In Rice: production and utilization. B.S. Luh, (ed). Avi Publ. Co.:Westport, CT. p 1-74.

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas-posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. GTZ, AL. 335 p.

León Pérez, C. 1994. Evaluación de tierras en la cuenca superior del río Reventazón, Costa Rica: aplicación de un sistema automatizado – ALES- y un sistema de información geográfica –IDRISI-. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 240 p.

Laínez O, M J. 1997. Análisis de la relación ambiental y Financiera de la dinámica del uso de la tierra en la finca comercial de CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 168 p.

Loomis, RS; Connor, DJ. 2002. Crop ecology: productivity and management in agricultural systems. Chinese Translation. China Agricultural Press, Beijing, CN. 487 p.

Lascano, C; Pérez, R; Plazas, C; Medrano, J; Pérez, O; Argel, P. 2002. Pasto Toledo *Brachiaria brizantha* (CIAT 26110): gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la

ganadería colombiana. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Cali, CO. 18 p.

Lupatini, GC; Medeiros, SF; Yamamoto, WK; Ronchelse, JR; Fiorelli, J; da Fonseca, R; Isepon, OJ. 2008. Production and efficiency of the nitrogen and phosphate fertilization in the recovering of *Brachiaria decumbens* pasture – second year. V Simpósio de Ciências da UNESP. Dracena, BR. 4 p.

Llanos, M. 1994. El maíz: su cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, ES. 318 p.

McIlrath, WO; Earley, EB. 1961. Effect of shading corn plants during several periods of growth on yield of grain and other factors. *Agronomy abstract*. 63 (2): 150 – 151.

MIDA (Ministerio de desarrollo Agropecuario, PA). 1962. Ley No.37 del 21 de septiembre, por la cual se aprueba el Código Agrario de la república de Panamá (en línea). Consultado en 3 de oct. 2003. Disponible en http://www.mida.gob.pa/Ley_N_37_de_1962_codi_agra_pan_rep

Montaldo, A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura . Segunda edición. San José, CR. 408 p.

Mejía, OR; Fermán Alvarado; RL; Galdámez B, EL. 1994. Caracterización Botánica de Especies consideradas malezas en los cultivos anuales y perennes de la Estación Experimental y prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, Fac. CCNN y Matemática, Universidad de El Salvador. 203 p.

Miles, JM; Do Valle, CB. 1997. Avances en el mejoramiento de *Brachiaria* en América Tropical. *Pasturas tropicales* 19(2):50-52.

Marcano, F; Landínez, N. 1997. Labranza y sistemas de siembra para la producción el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en un Aquic Ustrophepts del Estado de Yaracuy. *Bioagro* 9(3):86-94.

Miles, JM; Maass, BL; Do Valle, CB. (Eds). 1998. *Biología, Agronomía y Mejoramiento de Brachiaria*. CIAT-EMBRAPA. N° 295:156-162.

Morales, D; Saavedra, P. 1998. Aporte de SIG para la determinación del déficit de agua dentro del componente de riego del proyecto múltiple Misicuni. Tesis M.Pr. UMSSCLAS. Cochabamba, Bolivia. 109 p.

Moreno, I; Cuñarro, R; González, MC; Almenares, JC; Fitó, E; González, R. 2001. Comportamiento de tres nuevas variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) para condiciones de secano y secano favorecido en la isla de la juventud. *Cultivos tropicales* 22(1):27-30.

Murillo, O.; Badilla, Y. 2004. Breeding teak in Costa Rica. In IUFRO (International Union of Forest Research Organization. *Forest Genetics and Genomics*. South Carolina, US). 7 p.

Monzón S, FY. Evaluación de tierras para la implementación de un sistema de ganadería semiestabulada en la subcuenca Guayabo del río Reventazón, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 157 p.

MIVI (Ministerio de Vivienda, PA). 2007. Decreto Ejecutivo N° 23. Por el cual se reglamenta la Ley 6 1 de febrero de 2006, que reglamente el ordenamiento territorial para el desarrollo urbanístico y dicta otras disposiciones (en línea). Consultado el 3 de oct. 2009. Disponible en http://www.mivi.gob.pa/archivos/Ley_6_de_2006.pdf

Merlo, MFE. 2008. Rendimiento y composición química de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf a diferentes edades en dos épocas en el sureste de México. Tesis Master. UADY, Yucatán, MX. 71 p.

Orozco S, G. 1993. Desarrollo de un modelo para evaluación y utilización de tierras de uso agroforestal para la región IV de Nicaragua, con el Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 127 p.

Oldeman, LR. 1994. The global extent of land degradation. En: D.J. Greenland e I. Szabolcs (eds). Land Resilience and Sustainable Land Use . CABI, Wallingford. 99-118 p.

Olivera, FC. 2002. Produção de matéria seca e composição químico-bromatológica da *Brachiaria decumbens* adubada com cama de frango ao final da estação chuvosa. Monografia (Graduação em Agronomia) . Fundação de Ensino Superior de Rio Verde, Rio Verde, BR. 115 p.

Olivera, Y; Machado, R; Del Pozo, PP. 2006. Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del genero *Brachiaria*. Pastos y Forrajes 29(1):5-29.

Pérez M, R; Soto, B; Díaz F, F. (1991). Efectos ecológicos de los incendios forestales: I- Factores que determinan la susceptibilidad y el impacto del fuego. Las Jornadas sobre Incendios Forestales, El Bierzo. p 23-49.

Puga, BE. 1995. Manejo agronómico del cultivo de ñame. Guía técnica. 2ª Ed. MIDA, Panamá. 14 p.

Plasse, D; Tejos, M. 1999. La convergencia de los programas de genética y de pastos en la mejora en la producción de bovinos de carne. In Tejos, R.; Zambrano, C.; Mancilla, L.; García, W. (eds). V Seminario sobre manejo y utilización de pastos y forrajes. Unellez, Barinas. p 157-186.

Parrado G, FJ. 2004. Evaluación de la aptitud de tierras para los cultivos de repollo, maíz y zanahoria bajo dos diferentes tecnologías en la microcuenca la Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 108 p.

Quiros, E. 2003. Manual de alternativas tecnológicas para el cultivo de arroz a chuzo en sistemas de subsistencia. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 55 p.

Quiroz, AI; Marín, D. 2003. Rendimiento en grano y eficiencia de una asociación maíz (*Zea mays* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan*) con y sin fertilización. *Bioagro* 15(2):121-128.

Rouanet, G. 1969. Experiments on yams in Guadeloupe. In International symposium on tropical roots crops. University of the West Indies. 1(3):152-158.

Raison, RJ. 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review. *Plant and Soil*, 51: 73-108.

Roche, R; Menéndez, J; Hernández, JE. 1990. Características morfológicas indispensables para la clasificación de especies del género *Brachiaria*. *Revista Pastos y Forrajes* nº13: p 205-222.

Reyes, S; Soto, R; Vargas, B; Gutiérrez, M; Roldán, G. 1991. Establecimiento y producción de materia seca de gramíneas promisorias en el Departamento de Jutiapa, Guatemala. *Agronomía Mesoamericana* (2): 71-74.

Rossiter, D.G. 1994. Land evaluation lecture notes (en línea). US, Cornell University. Consultado el 21 ene. 2004. Disponible en <http://www.css.cornell.edu/landeval/laev.htm>.

Rossiter, DG; Jiménez T, A; Van Wambeke, A. 1995. Sistema automatizado para la evaluación de tierras ALES, versión 4.5 en español: Manual para usuarios. Ithaca, US, Cornell University. 173 p. (Serie Teaching Series no. T93-1).

Rivero. C. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre las propiedades químicas de un alfisol degradado. *Venezuelos*. 3(2):55-60.

Rivero, C. y J. Paolini. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades químicas de dos suelos en Venezuela. *Venesuelos*. 3(1):24-30.

Renard, K; Foster, G; Weesies, G; McCool, D; Yoder, D. 1996. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). United States Department of Agricultura. 384 p.

Rodas C, OA. 1996. Evaluación automatizada de tierras con fines de producción forestal y conservación hidrológica. Estudio de caso microcuenca del río Chilascos, baja Verapaz, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 208 p.

Rivero, C. 1997. Efecto del uso de residuos vegetales sobre algunas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo Turén. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 23(2):188-207.

Rojas, M.; Concepción, J.; Von Chon, K. 1997. Manejo integral del cultivo de ñame mecanizado (*Dioscorea alata*): Una opción para la producción sostenida. Modulo V Ñame, Yuca, Oteo. Divisa, PA. 44 p.

Ruiz, P. 2003. Severidad del complejo de enfermedades foliares en el cultivo (*Dioscorea alata* L.) en diferentes densidades de siembra y soportes vivos de Madera Negra (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp) y su rentabilidad en Azuero, Panamá. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, CR. 78 p.

Rivero Vega, R; Rivero Jaspe, Z; Limia de la Rosa, J. 2005. Fechas de siembra óptima para el arroz de secano. 3° Congreso Internacional del Arroz, La Habana, CU. 5 p.

Rincon, A; Ligarret, GA; Garay, E. 2008. Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv. Amargo y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 61(1): 4336-4346.

Salina, J.G.; Gualdrón, R. 1982. Adaptación y requerimientos de fertilización de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. CIAT. Cali, CO. 21 p.

Sánchez, GA; Payne, L. 1987. Survey of the cultural practices and uses of *Gliricidia sepium* by farmers in Costa Rica in *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp: Management and Improvement. Nitrogen Fixing Tree Association. CATIE. Costa Rica. p 8-13.

Sherkman, P.J.; Riveros, F. 1990. Tropical grasses. Food and Agriculture Organization of the United (FAO) Roma IT. 832 p.

Stocking, M; Murnaghan, N. 2003. Manual para la evaluación de campo de la degradación de la tierra. Madrid, EP, Mundi Prensa. 173 p.

Sancho F; Villatoro M. 2005. Efecto de la posición en la pendiente sobre la productividad de tres secuencias de suelos en ambientes de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29(3): 159-174.

Salazar, A.G.; Melgarejo, V.L.; Alvarez, F.A. Ornelas, D.E. 2006. Determinación de la materia seca de hojas, tallos, materia senescente y total de 4 *Brachiarias* tropicales (*B. decumbens*; *B. brizantha*, *B. hibrido* y *B. Dictyoneura*). 6 p. Revisado 10 octubre 2009. Disponible en <http://ammveb.net/XXX%20CNB/memorias%202006/.../rnut04.doc>

Toledo, J.M.; Ramírez, A.; Gómez, A. 1983. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Santander de Quilichao, Colombia. In Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos. Cali, CO. p.235-256.

Tejos, R. Rodríguez, C.; Pérez, N.; Rivero, L.; Terán, M.; Colmenares, L. 1996. Gramíneas forrajeras promisorias para el llano bajo. In Tejos, R.; Zambrano, C.; Mancilla, L.; García, W. (eds). V Seminario sobre manejo y utilización de pastos y forrajes. Unellez, Barinas. p 9-14.

Trouche, G; Narváez R, L; Chow W, Z; Corrales B, J. 2006. Fitomejoramiento participativo del arroz de secano en Nicaragua: metodologías, resultados y lecciones aprendidas. *Agronomía mesoamericana* 17(3):309-325.

Ugalde Morales, MA. 1995. Evaluación de sistemas de uso de la tierra en tres escenarios de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. San José, CR, UCR. 373 p.

Ugalde, L. (ed.). 1997. Teca (*Tectona grandis*): Resultados de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 63 p.

Ugalde, L. 2003. Advancements on managemet and teak productivity in Central America. Paper presented at the International Conference Quality Timber Production of Teak from Sustainable Forest Management. Kerala, IN.12 p.

USBR (Department of the Interior Bureau of Reclamation US). 1953. Irrigated land use, Part 2: Land classification. B. R. Manual. Vol.5. Government Printing Office, Washington. Lectures notes: Land Evaluation, Universidad de Cornell, USA. (En línea). Consultado el 20 de ene. 2009. Disponible en <http://www.itc.nl/~rossiter/teach/le/s494toc.htm>.

Valenzuela, CP. 1993. Proyecto piloto de planificación espacial y diseño de base de datos catastral; Chillamarca-Tiquipaya. Proyecto de consultoría para PROMIC. Cochabamba, Bolivia. 42 p.

Vallejos, O. 1996. Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edáficas y foliares para *Tectona grandis* L.F., *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, CR. 147 p

Vallejos A, JE. 1997. Sistema experto para la evaluación del impacto del complejo Bemisia tabaci-geminivirus en frijol, tomate y chile dulce, con fines de planificación. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, CR. 120 p.

Velásquez M, S; Brenes P, C. 2008. Introducción a los Sistemas de Información Geográficos y Teledetección. Turrialba, CR. LabSIG, CATIE. 175 p.

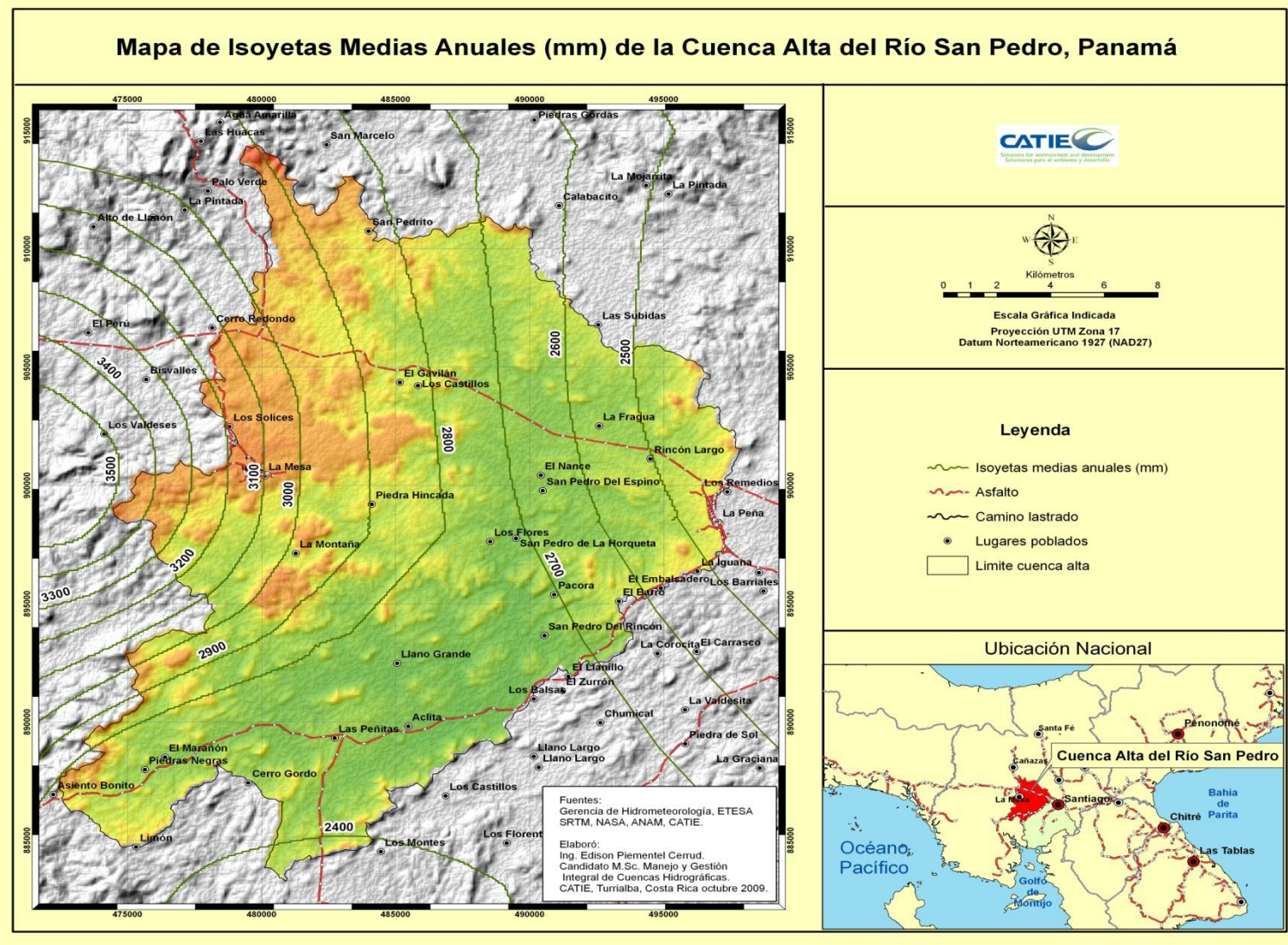
Wischmeier, W.H., Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses, a Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook, N0. 537, US Department of Agriculture, Washington D.C. 158 p.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute. Laguna, FL. 269 p.

Zambrana, H. 1998. La teca en El Salvador. RNT S.A. San José, CR. 9 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Isoyetas Medias anuales a partir de datos meteorológicos de ETESA zonificación



Anexo 2. Muestras de suelo colectadas en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá

<i>Muestras</i>	<i>Coordenadas</i>		<i>pH</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Al</i>	<i>MO</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Textura</i>	<i>CICE</i>
1	484648	907848	4.5	TR	24	1.3	0.7	1.8	1.1	116	27	0	2	FARA	3.86
2	489038	901968	5.2	TR	59	13.2	5.8	0.1	0.6	50	19	1	1	FA	19.25
3	492266	899375	4.8	TR	67	8.7	5.1	0.6	0.5	98	33	3	2	FA	14.57
4	496611	898226	4.7	TR	134	9.1	4.9	1.0	0.8	84	44	6	5	FARC	15.34
5	479820	893182	4.5	TR	43	15.2	6.8	5.9	0.4	69	37	4	6	FARA	28.01
6	469634	886233	4.5	TR	74	5.3	3.6	2.3	0.9	85	69	2	5	FARA	11.39
7	479064	888607	4.7	TR	137	11.2	12.6	1.4	0.5	99	40	3	5	FA	25.55
8	475064	885848	4.7	TR	39	5.3	4.0	1.9	0.5	44	52	1	4	FA	11.30
9	482101	885604	4.9	10	244	6.8	3.9	0.6	0.4	117	237	6	4	FARA	11.92
10	475138	889213	4.9	TR	43	1.2	1.4	4.2	0.8	73	36	2	6	F	6.91
11	478256	889095	5.5	7	348	20.5	7.5	0.2	0.6	29	27	3	4	FARA	29.09
12	481280	889266	4.2	TR	130	6.4	4.0	4.8	0.8	166	239	4	11	FARA	15.53
13	485040	888958	4.5	2	67	8.9	2.6	3.2	0.6	70	146	2	4	FARA	14.87
14	487515	890055	4.3	TR	188	8.6	4.5	16.3	0.6	106	96	4	7	FARA	29.88
15	477565	892667	4.6	TR	98	3.0	2.0	3.9	1.0	97	95	2	4	FARA	9.15
16	481760	892538	4.5	TR	43	5.4	4.5	7.7	0.7	73	28	1	1	FARA	17.71
17	484737	892271	4.8	TR	94	12.7	4.7	0.6	0.6	49	32	2	3	FARA	18.24
18	488076	893110	4.8	TR	117	7.3	2.9	2.9	1.1	35	61	2	2	FARA	13.40
19	490765	893186	4.7	TR	71	5.9	4.5	0.8	1.4	67	56	2	4	ARCA	11.38
20	479350	895613	4.6	TR	156	12.9	7.4	5.3	0.3	104	34	3	4	FA	26.00
21	482446	895447	5.4	8	160	15.0	5.2	0.1	0.2	58	108	5	3	FA	20.71
22	491348	895503	5.7	7	102	21.4	4.5	0.1	0.3	52	56	5	2	FARA	26.26
23	494038	895669	5.7	TR	98	11.8	6.0	0.1	0.6	42	57	2	1	FA	18.15

<i>Muestras</i>	<i>Coordenadas</i>		<i>pH</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Al</i>	<i>MO</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Textura</i>	<i>CICE</i>
24	476362	898269	5.3	TR	86	13.5	4.9	0.2	0.7	71	111	4	7	F	18.82
25	479813	898811	5.5	TR	110	9.0	11.3	0.1	0.9	71	99	2	3	FARA	20.68
26	483407	899595	5.8	TR	130	12.5	7.6	0.1	0.4	78	37	3	4	FARA	20.53
27	485465	897426	5.7	TR	102	13.5	5.4	0.1	0.3	52	39	7	1	FA	19.26
28	487646	898059	5.3	TR	74	12.6	7.5	0.1	0.6	39	29	2	1	FA	20.39
29	491374	898886	5.4	TR	63	8.8	3.0	0.1	0.6	43	97	2	1	FARA	12.06
30	494822	898472	4.3	TR	67	9.3	7.0	0.6	0.9	62	37	8	3	F	17.07
31	481264	902456	4.3	TR	78	1.0	0.4	0.2	1.7	24	51	2	4	FARA	1.80
32	484685	901798	4.1	TR	28	0.5	0.1	0.1	1.9	6	27	1	3	FARC	0.77
33	482548	901670	3.8	TR	67	4.9	6.4	6.4	0.4	22	27	2	2	FA	17.87
34	491004	902025	4.9	3	82	11.6	0.1	0.1	0.7	63	43	2	6	FA	12.01
35	493933	901653	4.8	7	82	13.4	0.1	0.1	0.6	36	23	18	5	FARA	13.81
36	496990	901195	3.9	TR	110	16.2	14.6	14.6	0.2	58	32	2	2	FA	45.68
37	481383	905672	3.8	TR	24	0.5	4.8	4.8	0.6	40	18	1	1	FARA	10.16
38	485636	904985	4.2	TR	35	6.3	6.9	4.7	0.3	41	26	1	3	AF	17.99
39	488984	904647	3.8	TR	141	4.1	2.0	13.6	0.2	15	37	3	6	FA	20.06
40	491209	906632	3.9	TR	137	3.4	1.4	4.8	0.3	34	18	1	3	FARA	9.95
41	495706	904551	4.8	TR	192	11.7	7.4	1.1	0.2	35	16	1	3	FA	20.69
42	481140	907834	4.2	TR	35	14.1	11.8	6.5	0.3	43	12	1	2	FA	32.49
43	484600	908507	4.0	TR	31	2.7	5.2	8.5	0.3	53	18	1	4	FA	16.48
44	482384	911435	4.0	TR	31	3.2	3.1	3.0	0.4	119	18	1	11	FARA	9.38
45	488655	909813	4.0	TR	28	0.6	1.0	5.1	0.6	54	20	1	2	FA	6.77
46	478660	905188	4.9	59	35	6.7	5.0	0.7	0.5	31	18	1	4	FA	12.49
47	479306	900523	4.6	11	55	2.9	2.1	0.6	0.4	53	33	1	3	FARC	5.74

TR: trazas

Anexo 3. Productores entrevistados en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá

<i>Nombre</i>	<i>Coordenadas UTM</i>		<i>Nombre</i>	<i>Coordenadas UTM</i>	
	<i>E</i>	<i>N</i>		<i>E</i>	<i>N</i>
Concepción Navarro	478262	889270	Gabriel Castillo	491862	899628
Porfirio Flores	484735	899595	Adriano Martínez	493881	898725
Roberto Núñez	489194	902279	Eduardo Quintero	492720	897078
Esteban González	489756	899534	Manuel Hernández	493307	899388
Albino Castillo	489749	899573	Rosa Quintero De León	492621	897730
Ricardo Castillo	489754	899616	Eliecer Canto	485061	892628
Mazaría Núñez	489723	899664	Pablo Emilio Vásquez	484758	893580
Manuel Bósquez	489608	899587	Cristina Batista De Gracias	493342	898788
Samuel Castillo	489684	899620	David Trejos Rivera	494163	898524
Milciades Castillo	489700	899539	Julio Richards	495735	898291
Gustavo Castillo	491493	899265	Enrique Juárez	495833	898283
Pedro Pablo Hernández	493419	898878	Nicolás de León Castillo	490760	899913
Aurelio Sánchez	492838	898981	Pantaleón Pérez	485368	892812
Emilio González	497111	897926	Margarito Rodríguez	486081	893154
Juan Carlos Pérez	487047	893102	Héctor Amaya	486129	889535
Alberto Rómulo Bósquez	490775	900911	Laureano Balsa	490485	891835
Horacio Jorge Barrios	478605	905626	Alfonso Bósquez	490918	899920
Zenobia Acosta	489180	897996	Dayra Castillo	489290	898070
Salvador Quintero	490593	897021	Panamá Teak (Juan Valdés)	485000	892000
Juan Eloy Castillo	490664	896621	Frontera Verde, S.A. (Sebastián Tejedor)	497131	902736
Leonel Martínez	490423	897053	Salvador González	493537	899212
Feliciano Flores	489467	897764	Luis Name	484702	889360
José Gerardo Murillo	489184	897835	Agroganadera del Istmo, S.A (Eduardo De León)	483918	899635
David González	493798	898534	Faustino Botacio	481116	902353
David Robles	487571	890115	Justino Terrero	481212	902436

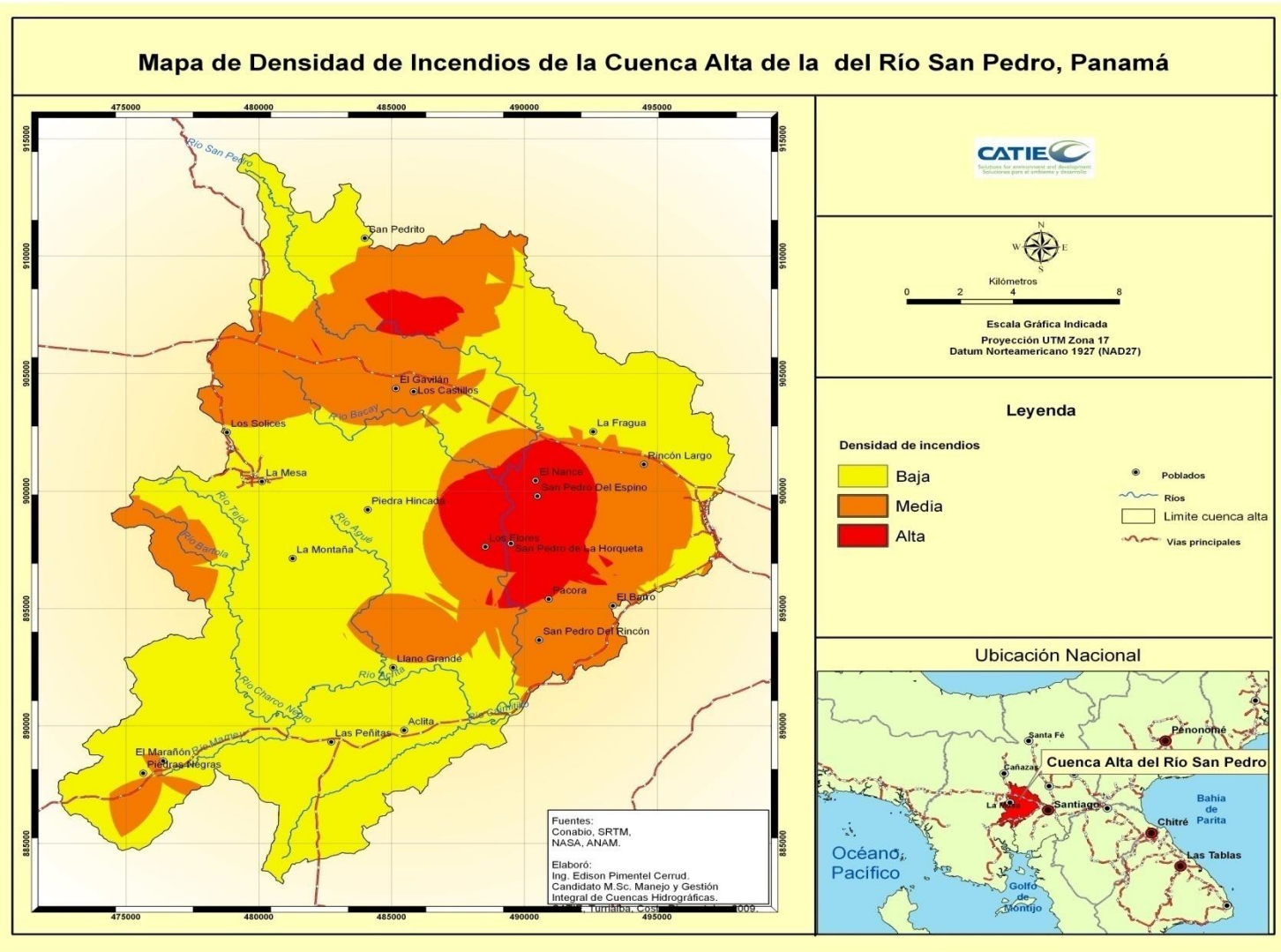
Anexo 4. Especialistas consultados en la evaluación de tierras en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá

<i>Nombre</i>	<i>Título</i>	<i>Institución</i>	<i>Tema</i>
Esteban Arosemena	M. Sc	IDIAP	Pastos
Eric Quiros R	Ing. Agro	IDIAP	Cultivos
José Villarreal	M. Sc	IDIAP	Suelos y Medio Ambiente
Benjamín Name	M. Sc	IDIAP	Suelos y cultivos
Ricardo Hernández	Ing. Agro	IDIAP	Cultivo de ñame
Regino Martínez	Ing. Forestal	ANAM	Plantaciones forestales
Juan Valdés	Ing. Forestal	Panamá Teak	Plantaciones forestales
Sebastián Tejedor	Ing. Forestal	Frontera Verde	Plantaciones forestales
Hermenegildo Rujano	Técnico	MIDA	Cultivo de arroz
Eustasio Núñez	Ing. Agro. Zoo	MIDA	Pastos
Concepción Navarro	Productor	Independiente	Cultivo de ñame
David Robles	Productor	Independiente	Cultivo de arroz
Luis Name	Productor	Independiente	Cultivo de arroz
Sergio Velásquez	M. Sc	CATIE	SIG
William Vásquez	M.Sc	CATIE	Plantaciones forestales
Luis Ugalde	Ph. D	CATIE	Plantaciones forestales
Andreas Nieuwenhuyse	Ph. D	CATIE	Suelos

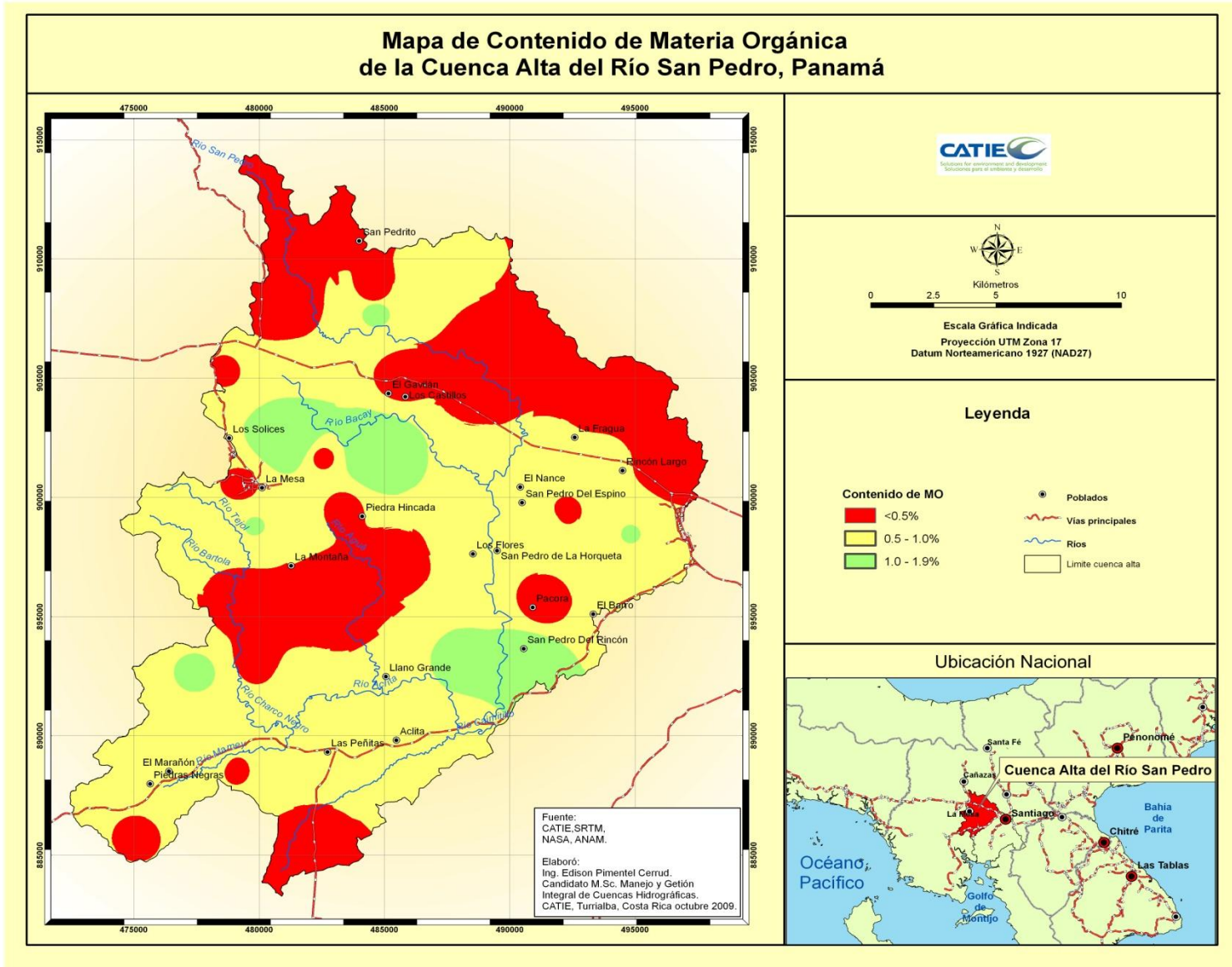
Anexo 5. Estaciones meteorológicas utilizadas para el cálculo del factor R

<i>Estaciones</i>	<i>Provincia</i>	<i>Coordenadas</i>		<i>Facto R</i>
Guarumal	Veraguas	7°48'00"	81°16'00"	2002.23
Santiago II	Veraguas	8°05'00"	80°57'00"	2737.59
Laguna la Yeguada	Veraguas	8°27'00"	80°51'00"	2860.92
Cañazas	Veraguas	8°19'00"	81°13'00"	2630.88
Santa Fe	Veraguas	8°31'00"	81°02'00"	1242.49
Llano ñopo	Chiriquí	8°25'00"	81°37'00"	2697.94
Bajo grande	Chiriquí	8°51'00"	82°33'00"	443.21
Paja de Sombrero	Chiriquí	8°41'00"	82°19'00"	2650.13

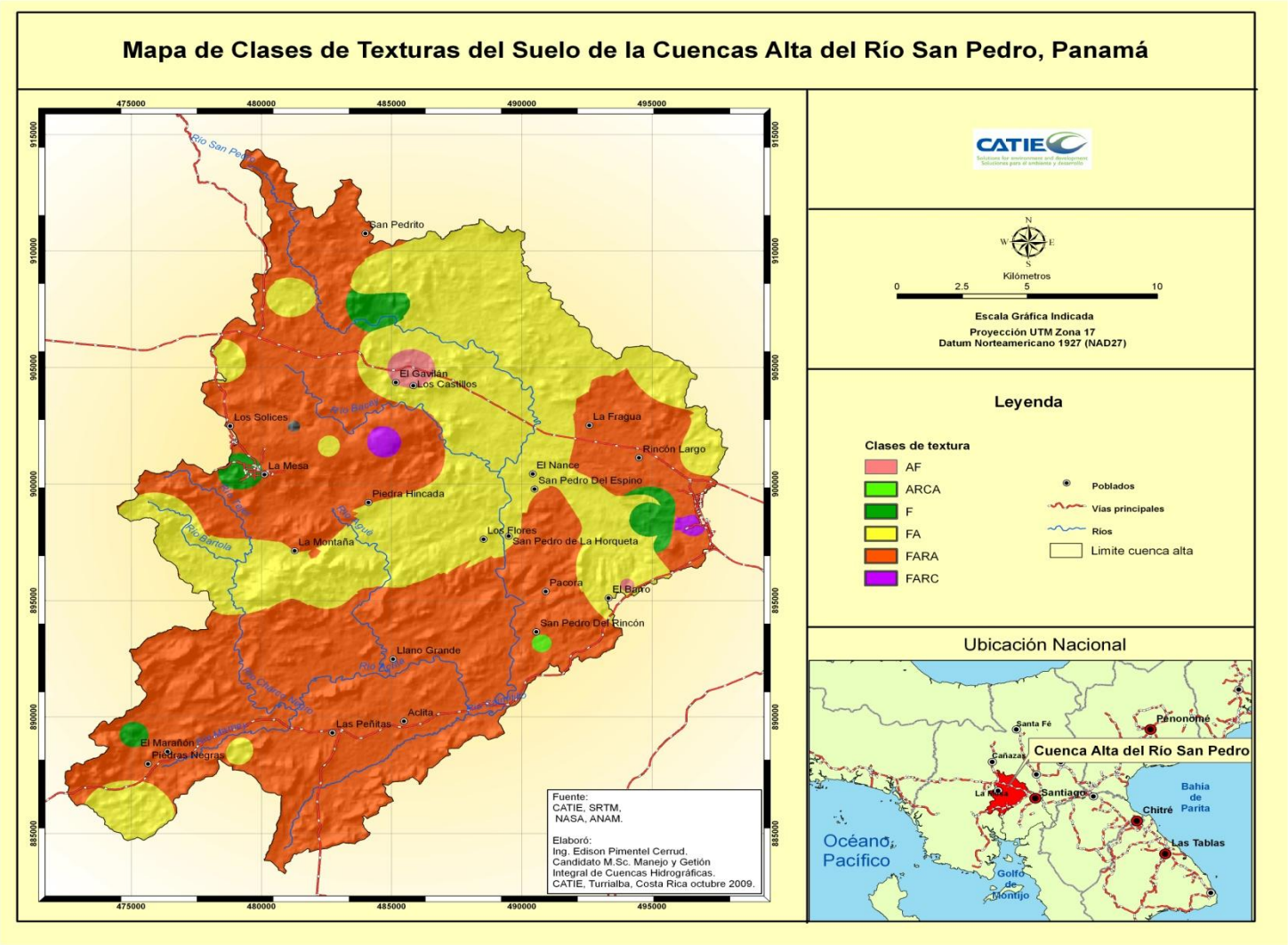
Anexo 6. Mapa de Densidad de Incendio de la parte alta de la cuenca



Anexo 7. Mapa de contenido de materia orgánica de la cuenca alta del río San Pedro



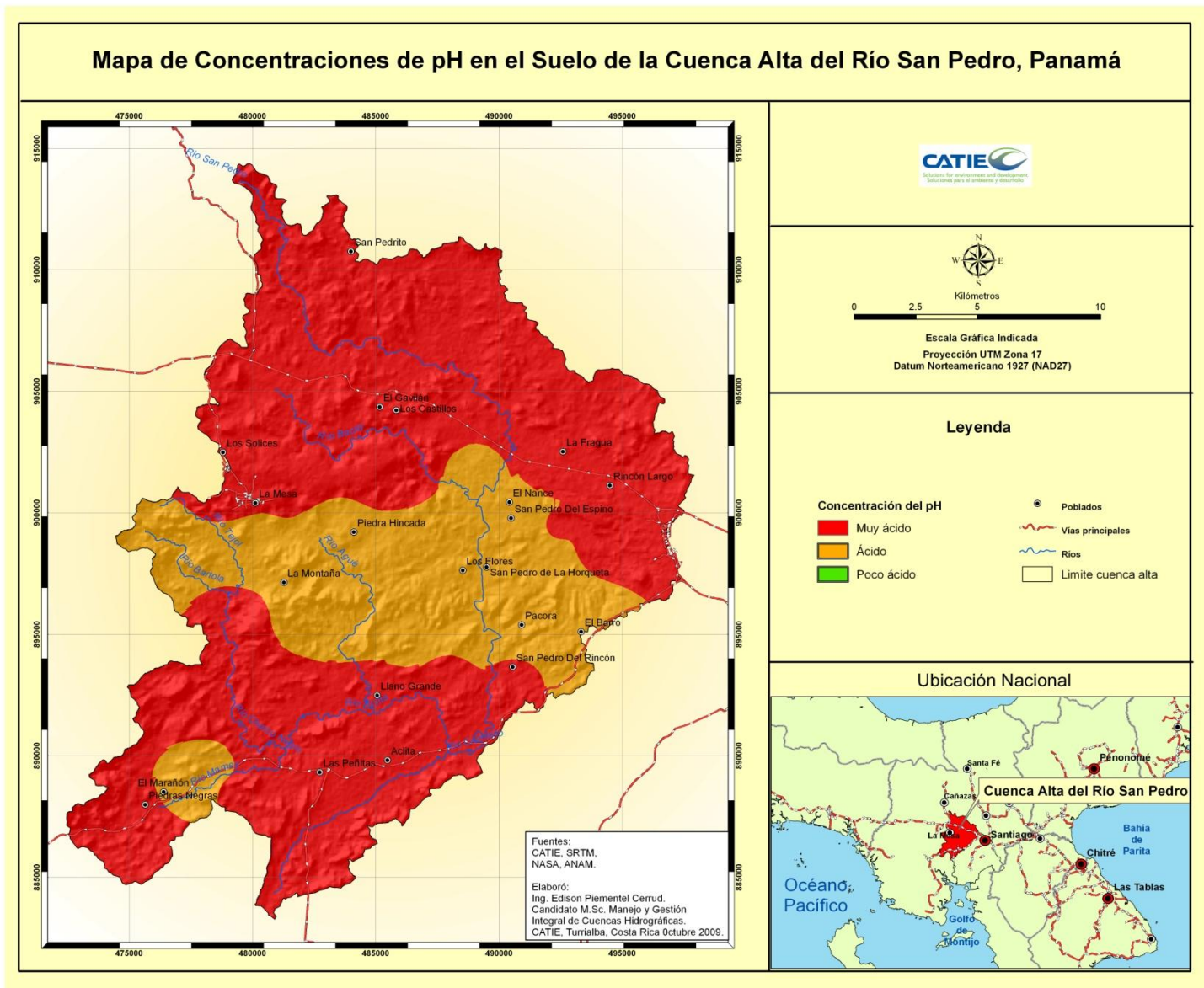
Anexo 8. Mapa de clases de texturas de la cuenca alta del río San Pedro



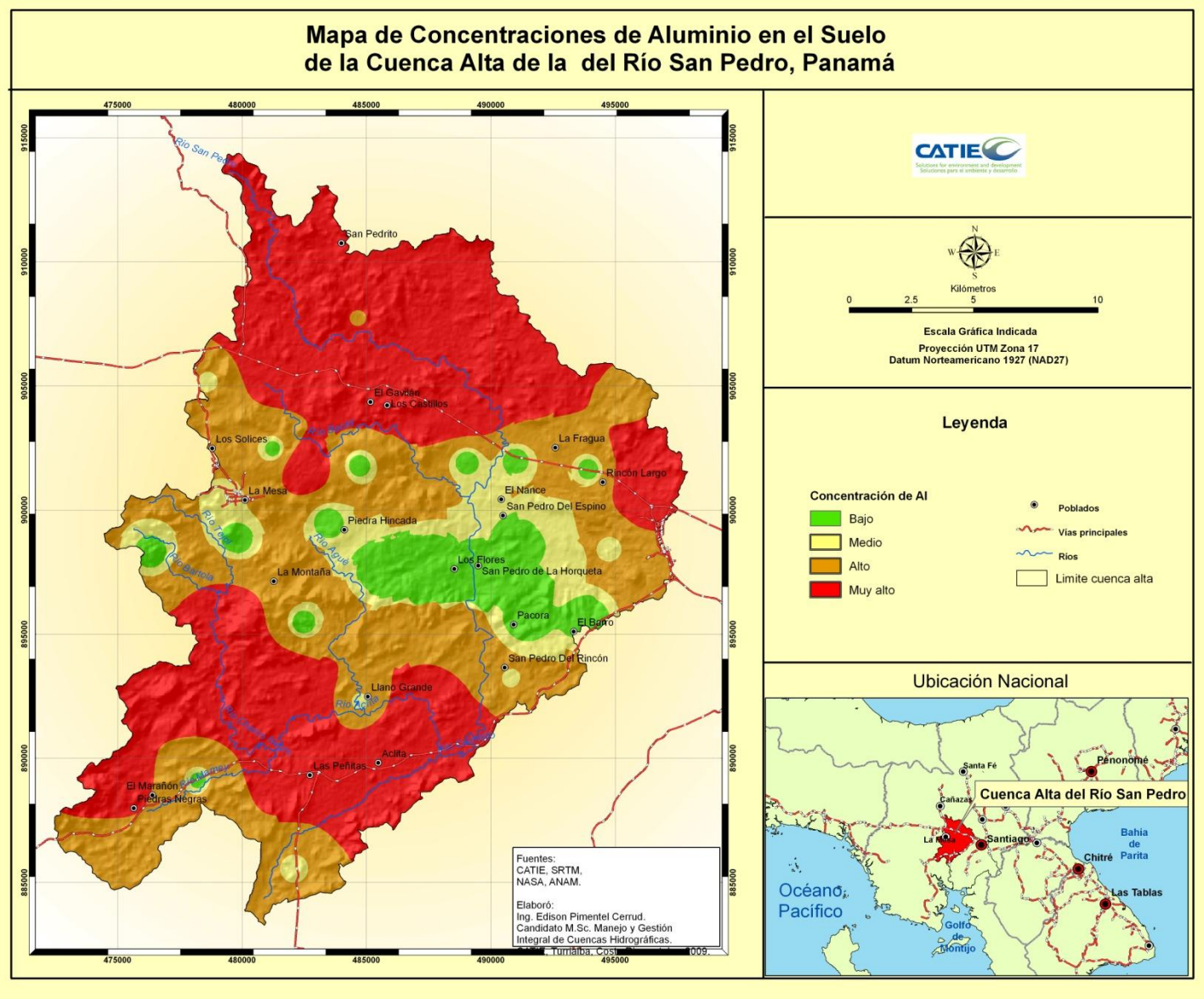
Anexo 9. Niveles críticos utilizados por el laboratorio de suelos del IDIAP

Elemento	Valores	Interpretación	Elemento	Valores	Interpretación
P	0 - 18	Bajo	Fe	0 - 25.0	Bajo
	19 - 54	Medio		25.1 - 75.0	Medio
	>55	Alto		>75.1	Alto
K	0 - 44	Bajo	Mn	0 - 14.0	Bajo
	45 - 150	Medio		14.1 - 49.0	Medio
	>151	Alto		>49.1	Alto
Ca	0 - 2.0	Bajo	Zn	0 - 4.0	Bajo
	2.1 - 5.0	Medio		4.1 - 14.0	Medio
	>5.1	Alto		>14.1	Alto
Mg	0 - 0.6	Bajo	p.H	4.0 - 5.1	Muy acido
	0.7 - 1.5	Medio		5.2 - 5.9	Acido
	>1.6	Alto		6.0 - 6.9	Poco acido
		7.0		Neutro	
Al	0 - 0.05	Bajo	>7.1	Alcalino	
	0.06 - 1.0	Medio	MO	0 - 2.0	Bajo
	1.0 - 3.0	Alto		2.1 - 6.0	Medio
		>6.1		Alto	
Cu	0 - 2.0	Bajo			
	2.1 - 6.0	Medio			
	>6.1	Alto			

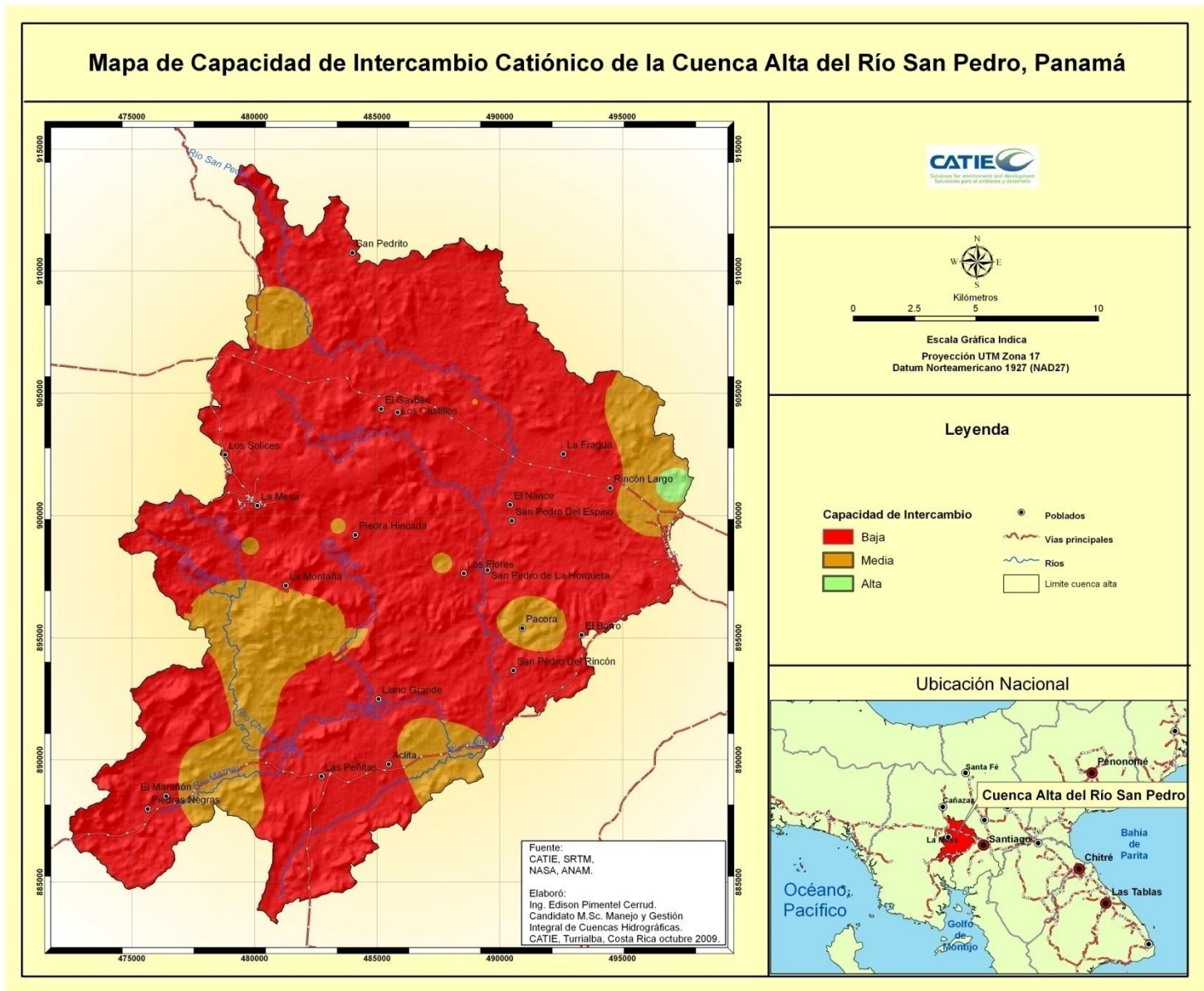
Anexo 10. Mapa de concentración de pH de la cuenca alta del río San Pedro



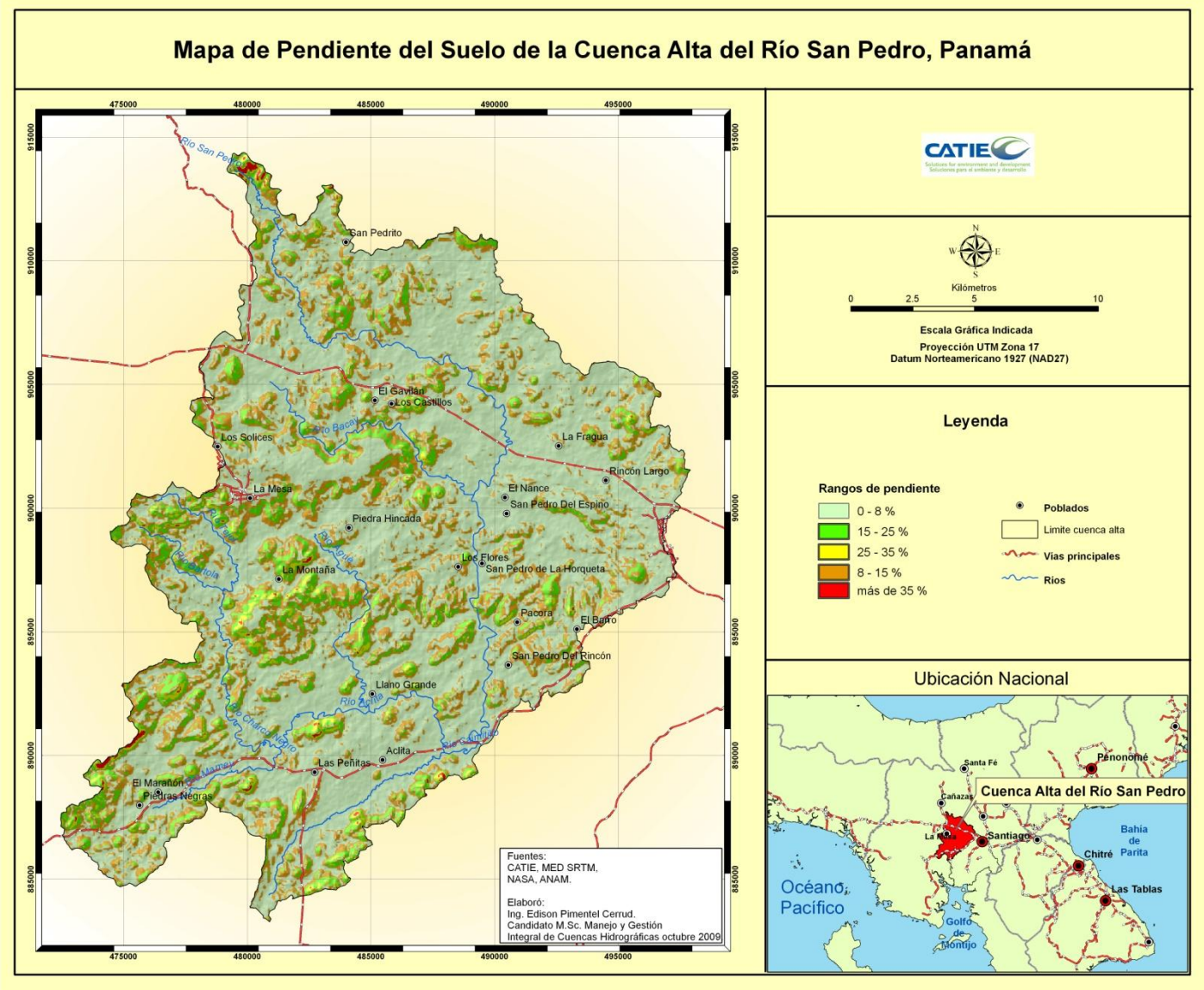
Anexo 11. Mapa de concentración de aluminio de la cuenca alta del río San Pedro



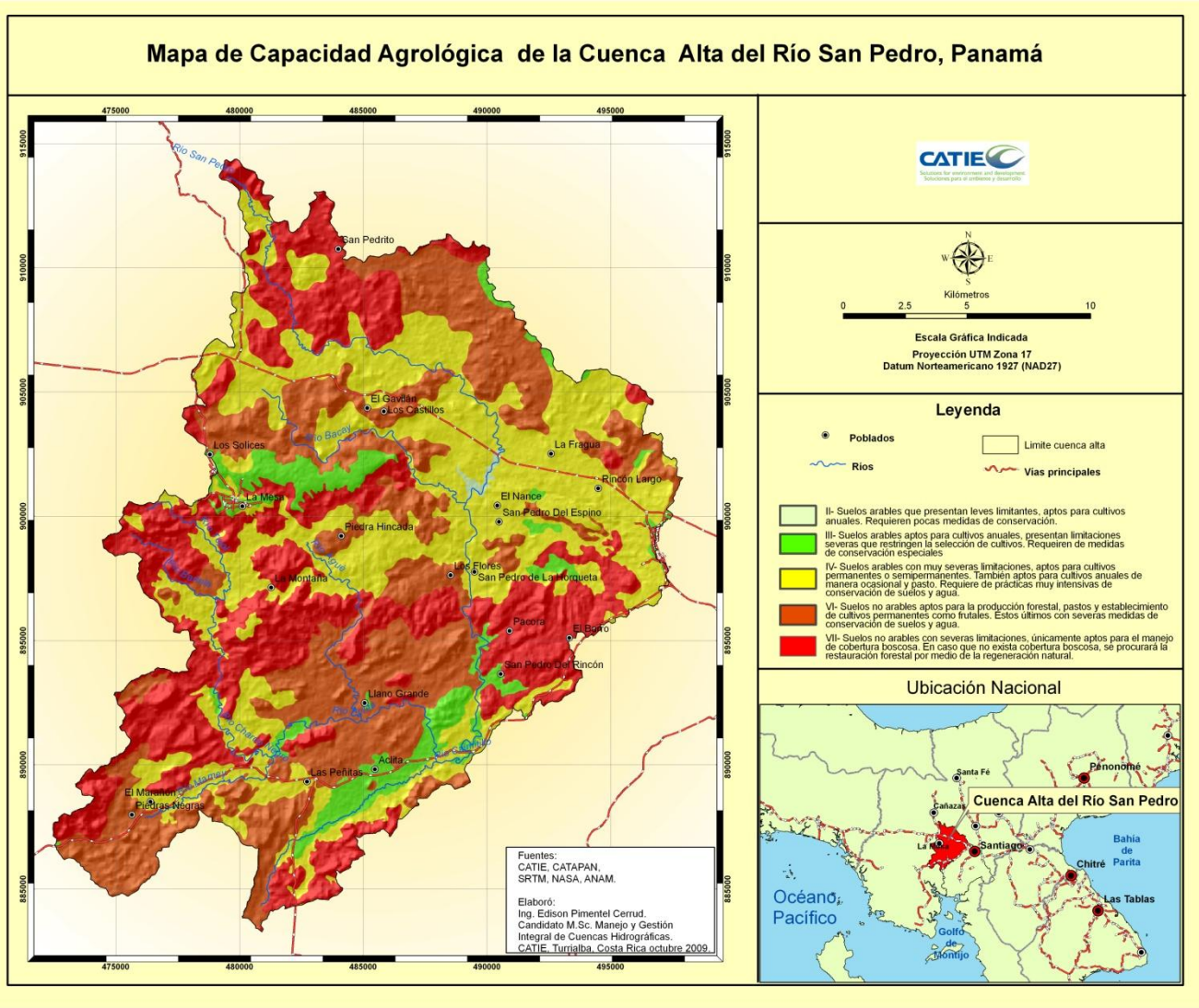
Anexo 12. Mapa de capacidad de intercambio catiónico de la cuenca alta del río San Pedro



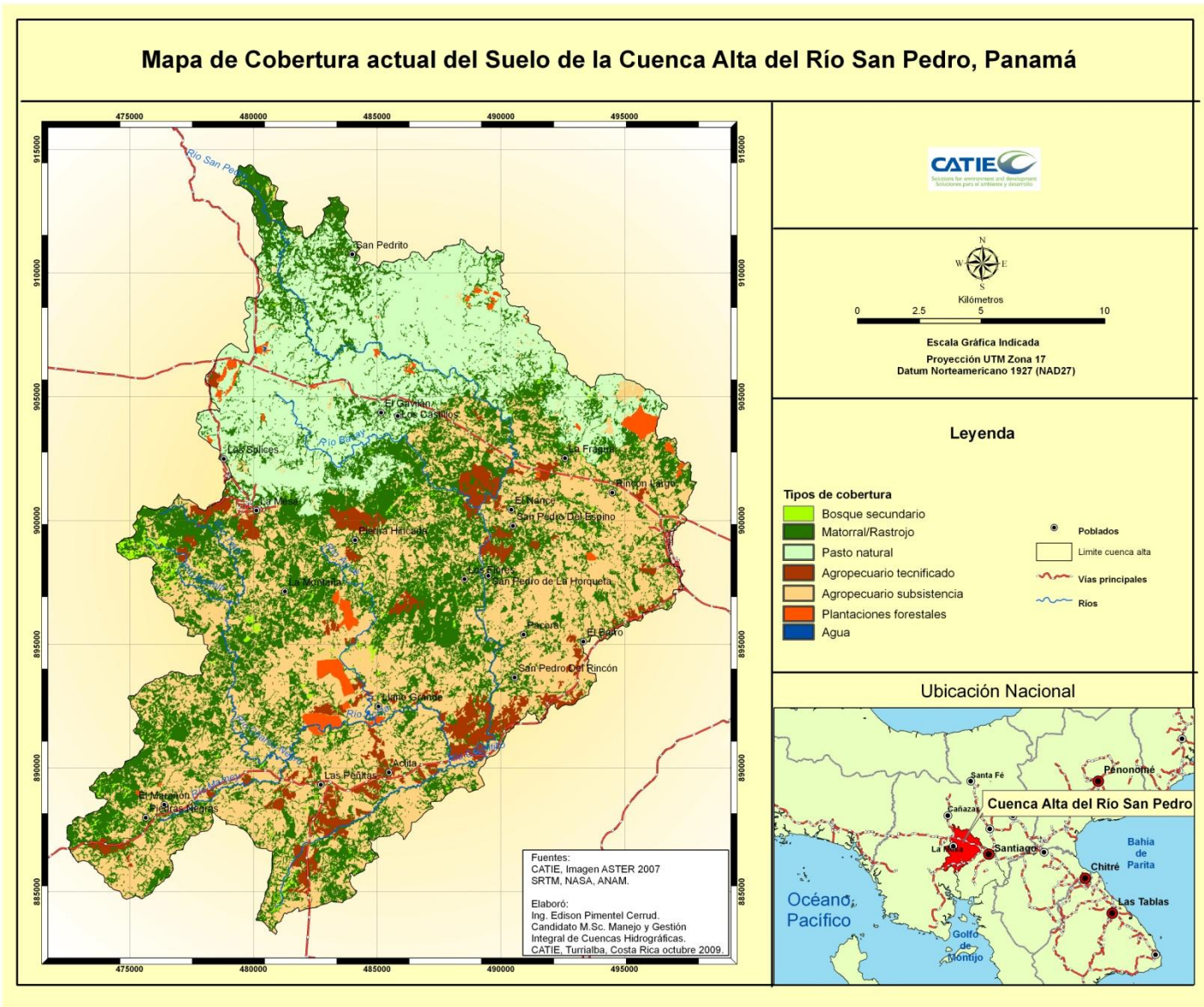
Anexo 13. Mapa de pendientes de la cuenca alta del río San Pedro



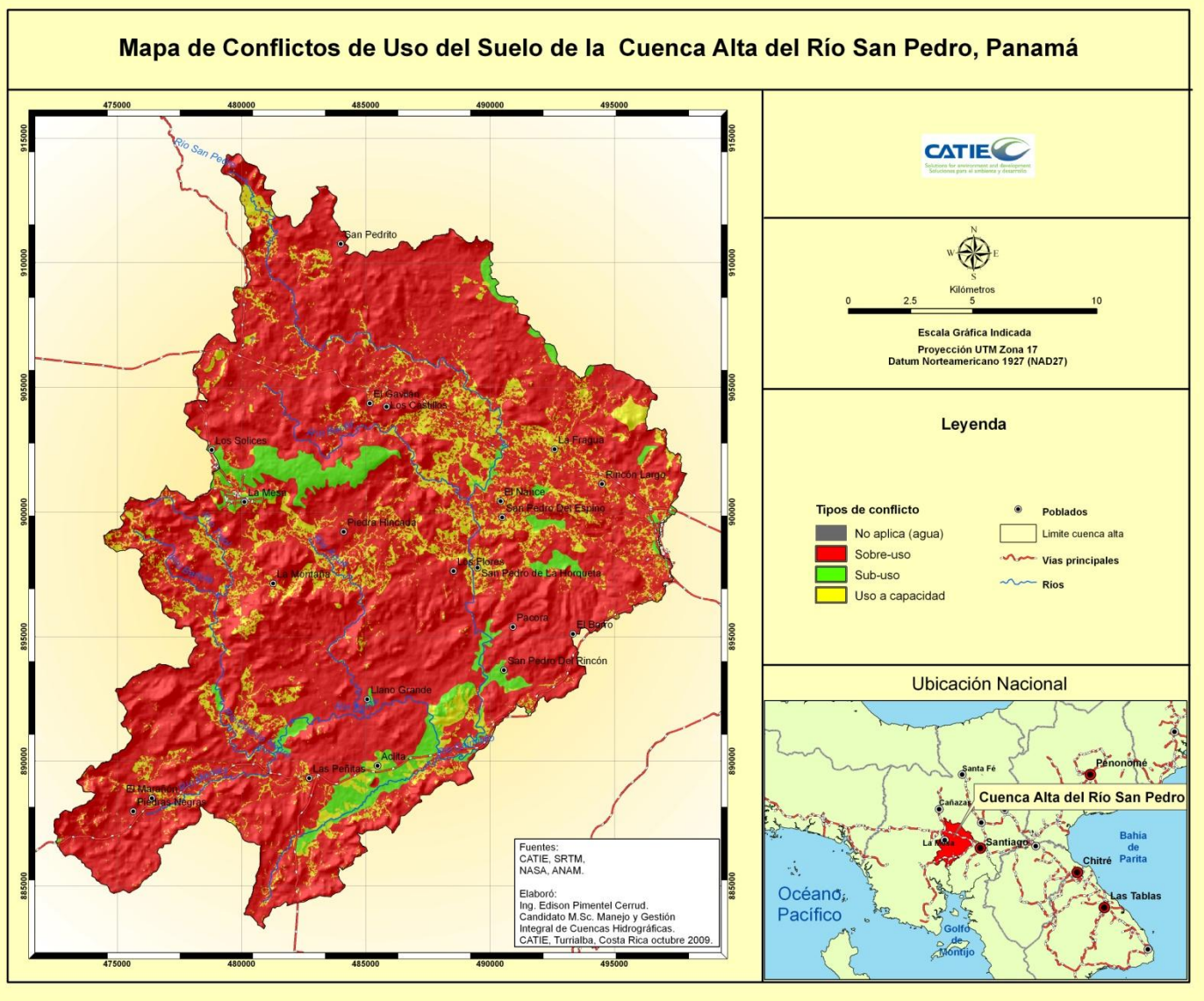
Anexo 14. Mapa de capacidad agrológica de la cuenca alta del río San Pedro



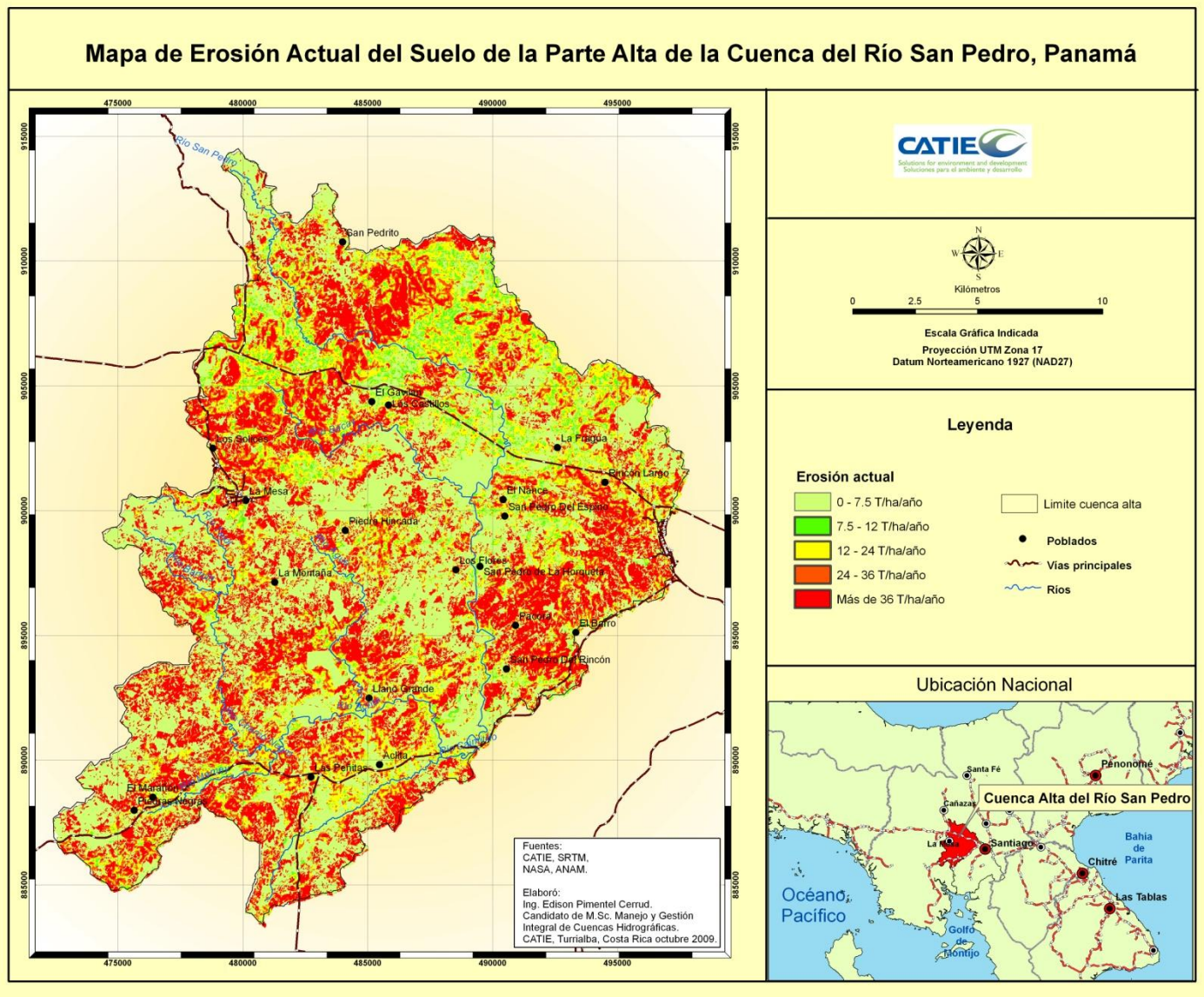
Anexo 15. Mapa de cobertura actual del suelo de la cuenca alta del río San Pedro.



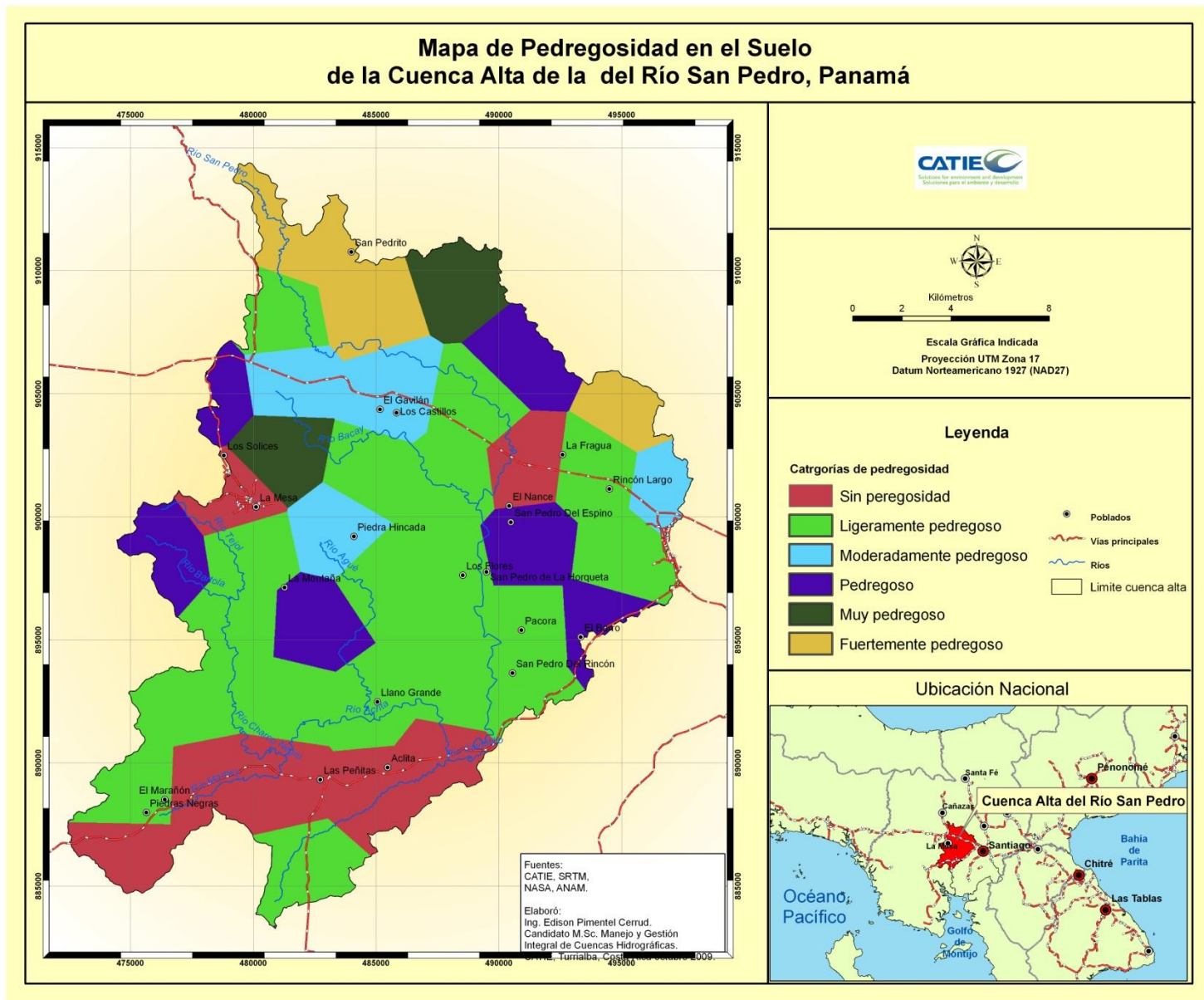
Anexo 16. Mapa de conflicto de uso del suelo de la cuenca alta del río San Pedro



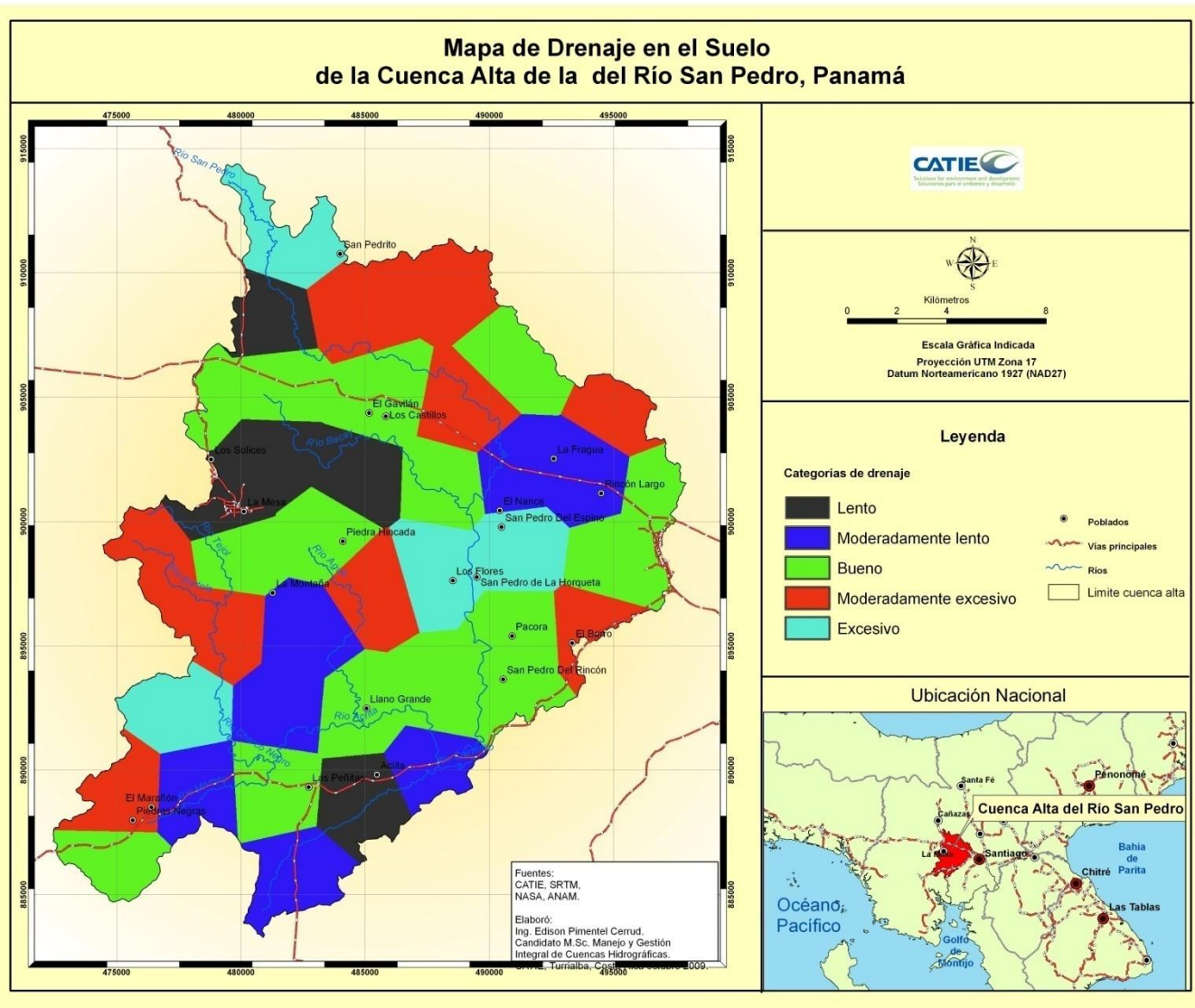
Anexo 17. Mapa de erosión actual de la cuenca alta del río San Pedro



Anexo 18. Mapa de pedregosidad de la cuenca alta del río San Pedro



Anexo 19. Mapa de drenaje del suelo de la cuenca alta del río San Pedro



Anexo 20. Mapa de profundidad efectiva de la cuenca alta del río San Pedro

