

TELEDETECCIÓN Y SIG APLICADO A FINANZAS MUNICIPALES,
CASO DE ESTUDIO: DETERMINACIÓN DE ZONAS DEDICADAS AL
MONOCULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO DE JAMUNDÍ,
PARA EL COBRO DEL IMPUESTO PREDIAL UNIFICADO IPU

PAOLO ANDRES CAPOTE

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓGRAFO

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE GEOGRAFÍA

Santiago de Cali

Agosto de 2018

TELEDETECCIÓN Y SIG APLICADO A FINANZAS MUNICIPALES,
CASO DE ESTUDIO: DETERMINACIÓN DE ZONAS DEDICADAS AL
MONOCULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO DE JAMUNDÍ,
PARA EL COBRO DEL IMPUESTO PREDIAL UNIFICADO IPU

PAOLO ANDRES CAPOTE

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓGRAFO

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

LUIS MARINO SANTANA RODRIGUEZ Ph.D

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE GEOGRAFÍA

Santiago de Cali

Agosto de 2018

Nota de aceptación

Firma presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

A mi familia y amigos por todo el tiempo esperado....

Agradecimientos

Agradezco a familia, mis amigos, compañeros y profesores por el tiempo aportado, por el apoyo y por la constante insistencia.

A todos ustedes gracias...

Resumen

Considerando que el Impuesto Predial Unificado IPU es uno de los principales tributos municipales para ingresos de libre destinación, el municipio de Jamundí ha adoptado por acuerdos municipales, dentro de su estatuto tributario, el cobro diferencial de este mediante el uso de tarifas y estratos, estando entre otros el cobro diferencial a aquellos predios dedicados al cultivo agroindustrial de la caña de azúcar, determinándose la tarifa C1- “Destinados al cultivo de caña de azúcar” para ello.

Dentro de este contexto, el municipio de Jamundí realizó en el año 2012 el “Estudio de coberturas de la zona plana del municipio de Jamundí para determinar la línea base de los predios destinados al monocultivo de la caña de azúcar, para ser incluidos en el cobro del Impuesto Predial Unificado IPU como destino C1”.

No obstante para el cobro efectivo del IPU, se requiere contar con una base actualizada de los predios dedicados al cultivo de la caña de azúcar, para lo cual mediante el uso de imágenes de satélite y de sistemas de información geográfica SIG se ha planteado identificar áreas dedicadas a su cultivo y la definición de predios dedicados al mismo, para con ello generar una línea base con fines tributarios, que pueda servir para el cobro diferencial del impuesto predial unificado IPU, buscando retroalimentar lo iniciado en el año 2012 en el municipio.

A partir de esto, se clasificó una imagen satélite Landsat 8 OLI/TIRS, mediante la cual se generó un mapa de uso y cobertura, con el cual, al cruzar con la información catastral del municipio tanto cartográfica como los registros R1 y R2, se logró la identificación de 386 predios dedicados al cultivo de la caña de azúcar, susceptibles del cobro diferencial del impuesto predial unificado IPU mediante la aplicación de la tarifa C-1.

De lo anterior se observó, que el contar con una base cartográfica actualizada representa una significativa importancia para las finanzas municipales, en términos de posibles ingresos, toda vez que gravando solo el 2,23% de los predios rurales, puede llegar a liquidarse \$ 3.381.510.608 si se hubiera contado con una base actualizada, lo cual supone no solo la posibilidad de la aplicación efectiva de las políticas tributarias del municipio, sino también una depuración de la información catastral a nivel municipal, con información actualizada que permita alimentar la base de datos de dicho predios y propiciar un recaudo efectivo y equitativo.

Palabras clave: Impuesto predial unificado IPU, caña de azúcar, imagen de satélite, Landsat 8 OLI/TIRS, teledetección, SIG

TABLA DE CONTENIDO

	Índice	Pág.
1	Introducción	13
2	Planteamiento del problema	15
2.1	Hipótesis	15
2.2	Justificación	15
2.3	Objetivos	16
2.3.1	Objetivo general	16
2.3.2	Objetivos específicos	16
3	Marco Teórico Conceptual	16
3.1	Marco teórico	16
3.1.1	Geografía cuantitativa	17
3.1.2	Geografía automatizada	18
3.1.3	Geoinformática	19
3.2	Marco Conceptual	20
3.2.1	La Tierra y el suelo	20
3.2.2	Cobertura y uso de la tierra	21
3.2.3	Dinámica de ocupación del suelo	21
3.3	Geografía Teledetección y SIG	22
3.3.1	Teledetección	23
3.3.1.1	Sistemas de teledetección espacial	26
3.3.1.2	Procesamiento de imágenes satelitales	28
3.3.1.3	Transformación de las imágenes satelitales	29
3.3.1.4	Programa satelital Landsat	31
3.3.2	Sistemas de Información geográfica SIG	33
3.4	Teledetección y SIG en las Finanzas Publicas	36
3.5	Teledetección, SIG y Catastro	36
3.6	Teledetección y SIG Aplicados a Estudios de Uso y Cobertura	37
3.7	Teledetección y SIG Aplicados a Estudios de Caña de Azúcar	38
4	Marco Referencial	42
4.1	Caña de Azúcar	42
4.1.1	Cultivo de la caña de azúcar	43
4.1.2	Caña de azúcar en Colombia	47
4.1.3	Caña de Azúcar en el Valle del Cauca	49
4.2	Impuesto Predial Unificado IPU	53
5	Municipio de Jamundí	55
5.1	Consideraciones Iniciales	55
5.2	Localización	55
5.3	Características generales	56

		Pág.
5.3.1	División político-administrativa	56
5.3.2	Características biofísicas	59
5.3.2.1	Fisiografía	59
5.3.2.2	Clima	60
5.3.2.3	Precipitación	61
5.3.2.4	Ecosistemas	61
5.3.2.5	Recursos hídricos	62
5.3.3	Demografía	64
5.3.4	Infraestructura y servicios	78
5.3.5	Economía	80
5.3.6	Caña de Azúcar en Jamundí	69
5.3.7	Impuesto Predial Unificado IPU en Jamundí	71
5.3.8	Cultivo de Caña de Azúcar e Impuesto Predial Unificado IPU en Jamundí	76
6	Área de Estudio	80
6.1	Definición del Área de Estudio	80
6.2	Características Generales del Área de Estudio	81
7	Materiales y Métodos	83
7.1	Materiales	83
7.1.1	Imágenes de satélite	83
7.1.2	Material cartográfico	85
7.1.3	Datos estadísticos	86
7.1.4	Software	86
7.2	Metodología.	87
7.2.1	Pre procesamiento de las imágenes	87
7.2.1.1	Composición en color de las imágenes	89
7.2.1.2	Reescalado	89
7.2.1.3	Recorte de la imagen	90
7.2.2	Obtención de índices	91
7.2.3	Clasificación digital de la Imagen	94
7.2.3.1	Preparación	94
7.2.3.2	Fase de entrenamiento	95
7.2.3.3	Fase de asignación (Clasificación)	96
7.2.3.4	Fase de validación y postclasificación	97
7.2.4	Obtención de estadísticas y métricas	97
8	Resultados y Discusiones	98
8.1	Procesamiento Digital de la Imagen	98
8.2	Uso y cobertura de la tierra	105
8.2.1	Obtención de estadísticas y métricas	105
8.2.2	Superficie por cobertura	107
8.2.3	Identificación de predios dedicados al cultivo de caña	111

		Pág.
8.4	Impuesto Predial Unificado IPU y Caña de Azúcar	118
8.4.1	Actualización Catastral e Impuesto Predial Unificado IPU	118
8.4.2	Tarifa C-1 “Destinados al cultivo de caña de azúcar” e IPU	119
8.4.3	Estimación del cobro del impuesto predial unificado IPU para los predios dedicados a la siembra de caña de azúcar	122
9	Conclusiones	126
10	Bibliografía	129
11	Anexos	
11.1	Anexo 1 Cartografía	131
11.2	Anexo 2 Predios dedicados cultivo de caña Tarifa C-1 identificados para el año 2018	142

Lista de tablas

Tabla 1	Características Satélites Landsat	31
Tabla 2	Bandas Espectrales por sensor según Satélite Landsat	32
Tabla 3	Estudios de uso y cobertura de la tierra	36
Tabla 4	Composición de la caña de azúcar	41
Tabla 5	Fases en el Cultivo de la Caña de Azúcar	43
Tabla 6	Productos Derivados de la Caña de Azúcar	46
Tabla 7	Área Cosechada y Producción de Caña de Azúcar por Departamento – año 2016	47
Tabla 8	Principales Cultivos por Área Sembrada en el Valle del Cauca - Año 2014	49
Tabla 9A	Área sembrada (has) en caña de azúcar por municipio 2002 - 2016	50
Tabla 19B	Área sembrada (has) en caña de azúcar por municipio 2002 - 2016	51
Tabla 9C	Área sembrada (has) en caña de azúcar por municipio 2002 - 2016	51
Tabla 10	Área Sembrada, Área Cosechada, Producción y Rendimiento del Cultivo de Caña Azucarera en el Valle del Cauca 2016	52
Tabla 11	Componentes del Impuesto Predial Unificado	53
Tabla 12	División administrativa por corregimientos	55
Tabla 13	Centros Poblados por Corregimiento	56
Tabla 14	Superficie por Pisos Térmicos (Has)	59
Tabla 15	Ecosistemas presentes en el Municipio de Jamundí	61
Tabla 16	Cuencas hidrográfica Municipio de Jamundí	62
Tabla 17	Poblacional Total, Urbano y Rural 1985 – 2018	63
Tabla 18	Población por grupos de edad año 2017	63
Tabla 19	Sistema de Producción por corregimiento	66

	Pág.
Tabla 20	Tarifas IPU Acuerdo Municipal 026 de 2004 71
Tabla 21	Tarifas IPU Acuerdo Municipal 018 de 2012 72
Tabla 22	Tarifas Impuesto predial unificado IPU - Acuerdo Municipal 013 de 2015 73
Tabla 23	Componentes para el Cobro del Impuesto Predial Unificado IPU Acuerdo Municipal 013 de 2015 74
Tabla 24	Tarifas Impuesto predial unificado IPU - Acuerdo Municipal 020 de 2017 75
Tabla 25	Predios Cañeros Identificados por Corregimiento 77
Tabla 26	Predios Clasificado Como C-1 por Vigencia 79
Tabla 27	Área de estudio por corregimiento en has 82
Tabla 28	Descripción de la imagen utilizada 83
Tabla 29	Bandas Landsat 8 OLI/TIRS 83
Tabla 30	Productos Corregidos Landsat 8 OLI/TRS 87
Tabla 31	Factor de Escala Productos e Índices Landsat 8 OLI/TIRS 89
Tabla 32	Tamaño de las Imágenes 89
Tabla 33	Clases temáticas (uso y cobertura) 94
Tabla 34	Bandas e índices utilizadas (input) en la clasificación
Tabla 35	Muestra por Clase para Entrenamiento 98
Tabla 36	Matriz de separabilidad 98
Tabla 37	Matriz de confusión – clasificación supervisada 101
Tabla 38	Píxeles por Clase Calificación y Filtro de Mediana 102
Tabla 39	Superficie de estudio por corregimiento 105
Tabla 40	Píxeles por Clase para el Área de Estudio 106
Tabla 41	Uso y coberturas por corregimientos 107
Tabla 42	Porcentaje de superficies Construidas para la cabecera principal 109
Tabla 43	predios dedicados al cultivo de caña por clase o cobertura 115
Tabla 44	Predios dedicados al cultivo de caña de azúcar identificadas por estrato o categoría
Tabla 45	Comparación formación y actualización catastral 2012 - 2013 118
Tabla 46	Recaudo Predial y Limite al Incremento del IPU 118
Tabla 47	Comparación Cálculo Avaluó Catastral Predios Cañeros por Estrato Años 2012 -2013 119
Tabla 48A	Calculo cobro IPU por Estrato año 2012 119
Tabla 48B	Calculo cobro IPU por Estrato año 2013 120
Tabla 49	Comparación IPU Calculado Predios Cañeros por Estrato Años 2012 -2013 121
Tabla 50	Calculo IPU Tarifa C-1 Destinados al Cultivo de Caña de Azúcar Año 2013 121
Tabla 51	Comparación IPU Calculado Predios Cañeros Años 2012 -2013 122
Tabla 52	Evolución predios categoría C-1 año 2012 - 2018 123
Tabla 53	Calculo cobro IPU por tarifa C1 2012 - 2018 123

Tabla 54	Calculo cobro IPU por estrato vigencia 2018 a predios con tarifa C-1	Pág. 124
Tabla 55	Ingresos IPU C-1 2013 - 2017	124

Lista de figuras

Figura 1	Diagrama de flujo que relacionada el análisis espacial y la Geografía cuantitativa	17
Figura 2	Onda electromagnética	23
Figura 3	Espectro electromagnético	24
Figura 4	Obtención de información mediante teledetección	25
Figura 5	Imagen digital - Formato Raster	26
Figura 6	Línea de tiempo de misiones Landsat	32
Figura 7	Componentes de un SIG	34
Figura 8	Fases del Cultivo de la Caña de Azúcar	44
Figura 9	Patrón Espacial de Cultivo de Caña	45
Figura 10	Factores limitantes de la productividad del cultivo de caña de azúcar	45
Figura 11	Diagrama de leyes que rigen el impuesto predial unificado IPU	54
Figura 12	Esquema Conceptual procesamiento digital imagen de satélite Landsat	87
Figura 13	Composición imagen de satélite Landsat 8 OLI/TRS - Landsat Surface Reflectance Level-2 Science Products	89
Figura 14	Recorte Subescena	91
Figura 15	Índices obtenidos de la imagen Landsat 8 OLI/TIRS	93
Figura 16	Clasificación digital de la imagen	94
Figura 17	Identificación de coberturas para selección de clases	98
Figura 18	Identificación de sitios de verificación para fase de validación	101
Figura 19	Comparación clasificación imagen Landsat 8 OLI/TIRS frente a imagen Google Earth año 2015	114
Figura 20	Zonas incorporadas al Perímetro Urbano para VIS y VIP Mediante Acuerdos Municipales	105

Lista de Gráficos

Grafico 1	Participación por Área Cosechada y Producción de Caña de Azúcar por Departamento 2016	48
Grafico 2	Área sembrada Valle del cauca por año 2002 - 2016	51
Grafico 3	Valor agregado municipal por grandes ramas de actividad económica a nivel municipal	67
Grafico 4	Porcentaje de Área Sembrada en Caña de Azúcar por Municipio en 2016	69

Grafico 5	Área sembrada y Cosechada (has) en Caña de Azúcar por año 2002-2016 Municipio de Jamundí	Pág. 70
Grafico 6	Producción de Caña de Azúcar (Ton) Jamundí por año 2002-2016	71
Grafico 7	Porcentaje de Predios cañeros identificados por corregimientos	78
Grafico 8	Porcentaje (%) de pixeles clasificados vs pixeles filtrados	103
Grafico 9	Porcentaje de pixeles por clase para el área de estudio	107
Grafico 10	Porcentaje de superficies cultivadas por corregimiento	109
Grafico 11	Porcentaje de superficies Construidas por corregimiento	110
Grafico 12	Porcentaje de superficies naturales por corregimiento	111
Grafico 13	Comparación IPU Calculado predios cañeros por estrato años 2012 -2013	120
Grafico 14	Comparación IPU Calculado Predios Cañeros Años 2012 - 2013	121

Lista de mapas

Mapa 1	Uso y Cobertura de la tierra Estudio Predios Cañeros	40
Mapa 2	Área dedicada a cultivos de caña de azúcar	41
Mapa 3	Rendimiento de campo de países productores de caña de azúcar	44
Mapa 4	Municipios con área sembrada del cultivo de caña de azúcar en 2014	51
Mapa 5	Localización General del Municipio	57
Mapa 6	División político administrativa	58
Mapa 7	División por Barrios, Urbanizaciones, Conjuntos y Condominios	58
Mapa 8	Representación del relieve en el municipio de Jamundí	60
Mapa 9	Pisos Térmicos del municipio de Jamundí	61
Mapa 10	Ecosistemas presentes en el municipio de Jamundí	62
Mapa 11	Cuencas y Red Hídrica Municipio de Jamundí	64
Mapa 12	Predios Dedicados a la Siembra de Caña de Azúcar	80
Mapa 13	Área de Estudio	82
Mapa 14	Área de estudio por corregimiento	
Mapa 15	Imagen Landsat 8 OLI/TIRS Clasificada	108
Mapa 16	Comparación imagen clasificada e imagen filtrada	105
Mapa 17	Uso y Cobertura zona de Estudio	105
Mapa 18	Identificación de predios dedicados al Cultivo de Caña de Azúcar según clase o cobertura	113
Mapa 19	Comparación de predios identificado dedicados al cultivo de caña de azúcar frente a imagen Google Earth año 2015	114
Mapa 20	Predios dedicados al cultivo de la caña de azúcar identificados	120

TELEDETECCIÓN Y SIG APLICADO A FINANZAS MUNICIPALES, CASO DE ESTUDIO: DETERMINACIÓN DE ZONAS DEDICADAS AL MONOCULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO DE JAMUNDÍ, PARA EL COBRO DEL IMPUESTO PREDIAL UNIFICADO IPU

1. Introducción

El Impuesto Predial Unificado IPU, es un tributo municipal que se aplica a los bienes inmuebles (predios y/o construcciones) en jurisdicción del municipio, el cual se constituye, en algunos casos en la principal fuente de ingresos de libre destinación con la que cuenta muchos entes territoriales; para su cobro a nivel municipal se ha determinado entre otros factores el uso de tarifas asociadas al estrato y uso o destinación del predio como elementos de cobro diferencial, lo cual para el caso de Jamundí ha venido siendo retomado en los estatutos tributarios adoptados por acuerdos municipales en los últimos años.

Dentro de este contexto una de las tarifas definidas en el actual estatuto tributario del municipio de Jamundí, es la aplicada a los predios dedicados al cultivo agroindustrial de la caña de azúcar como categoría C1, no obstante, sin una identificación de cuáles son las áreas dedicadas al cultivo y sin la definición los predios pertenecientes a esta categoría, no es posible realizar un cobro efectivo del mismo en los términos establecidos.

Para ello se ha planteado desde el ámbito de la Geografía el uso de las tecnologías de la información geográfica como herramienta con la cual se permita identificar predios y áreas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, a partir de una aproximación técnica y metodológica que vaya más allá de una visión financiera, vinculando el uso de herramientas de la información geográfica como la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica SIG.

El desarrollo de los sistemas de información geográfica SIG, la teledetección y la liberación de sistemas satelitales como el Landast, y caso especial el satélite Landsat 8 OLI/TRS, el cual cuenta con imágenes de nivel superior correspondiente a “Landsat Surface Reflectance Level-2 Science Products” distribuidas desde el año 2013, han permitido el acceso a información más fiable, certera y actualizada.

Es así que, a partir del uso de imágenes de satélite, y de sistemas de información geográfica SIG, se busca, mediante la clasificación digital de imágenes, generar una línea base de predios dedicados al cultivo de caña de azúcar que pueda servir para el cobro diferencial del impuesto predial unificado IPU mediante la tarifa C1, que retroalimente a lo iniciado en el año 2012 en el municipio de Jamundí.

TELEDETECCIÓN Y SIG APLICADO A FINANZAS MUNICIPALES,
CASO DE ESTUDIO: DETERMINACIÓN DE ZONAS DEDICADAS AL
MONOCULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO DE JAMUNDÍ,
PARA EL COBRO DEL IMPUESTO PREDIAL UNIFICADO IPU

2. Planteamiento del problema

2.1 Hipótesis

El contar con información y cartografía digital actualizada sobre la cobertura del suelo relacionada con cultivos como el caso de la caña de azúcar y el poder establecer una línea base actualizada sobre los predios en el municipio dedicados a esta actividad, permite que frente a actividades agrícolas y agropecuarias de menor productividad y rendimiento, conforme las tarifas para el cobro del impuesto predial unificado, se pueda dar aplicación de un cobro diferencial de impuestos que permita la implementación de un tributo justo, equitativo y que consulte la capacidad de pago de los propietarios y poseedores de los predios ante cultivos agroindustriales con altos rendimientos y utilidades como el caso de la caña de azúcar.

2.2 Justificación

Según el Acuerdo 020 de 2017, el municipio de Jamundí, para el cobro del Impuesto Predial Unificado IPU, ha establecido la distinción de las tarifas para los predios rurales, clasificando los predios “Destinados a cultivo de caña de azúcar” C-1 de forma diferenciada del resto de predios rurales con explotaciones agrícolas y/o pecuarias diferentes de la caña de azúcar. Según el Acuerdo 018 de 2012 lo cual fue retomado en el Acuerdo 020 de 2017, el municipio realizó en el año 2012 un primer ejercicio de identificación de los predios dedicados al cultivo de la caña de azúcar mediante la intersección de cartografía derivada de imágenes de satélite con la cobertura predial del municipio, para la aplicación de una tarifa diferencial.

No obstante esto, ante la falta de información actualizada sobre el cultivo de caña en el municipio, su distribución y los predios dedicados a ello, se plantea la necesidad de realizar un estudio mediante el uso de imágenes de satélite que permita el levantamiento de una línea base actualizada que dé cuenta de predios dedicados al cultivo de caña de azúcar en el municipio, considerando para ello su distribución y patrón espacial, que permita contar con información y cartografía digital actualizada.

Lo anterior, considerando que la aplicación de la Teledetección, se ha convertido en una herramienta de gran utilidad para la valoración de las condiciones y dinámica espacio temporal de la superficie terrestre, sus coberturas y usos entre otras variables.

En este contexto, la identificación de predios dedicados a cultivos específicos, caso especial del cultivo agroindustrial de la caña de azúcar mediante el procesamiento de imágenes Landsat 8 OLI/TIRS, permite el levantamiento de una línea base digital actualizada sobre la cobertura del cultivo de caña de azúcar

Ello permite a la administración municipal, optimizar la gestión de la información catastral para un mejor recaudo, las finanzas municipales y la toma de decisiones en relación con el seguimiento de los cultivos, generación de variables ambientales para la gestión (conservación, defensa, protección y mejora ambiental).

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

- Realizar una cartografía de áreas dedicados a cultivos agroindustriales (caña de azúcar) en el Municipio de Jamundí, mediante imágenes Landsat, que permita actualizar la base predial de este cultivo y que sirva para el cobro del impuesto predial unificado IPU.

2.3.2 Objetivos específicos

- Contar con información y cartografía digital actualizada sobre la cobertura de cultivo de caña de azúcar en el municipio.
- Identificar los predios dedicados a la siembra de caña de azúcar en la zona plana del municipio de Jamundí.
- Realizar un estimativo del cobro del impuesto predial unificado IPU para los predios dedicados a la siembra de caña de azúcar

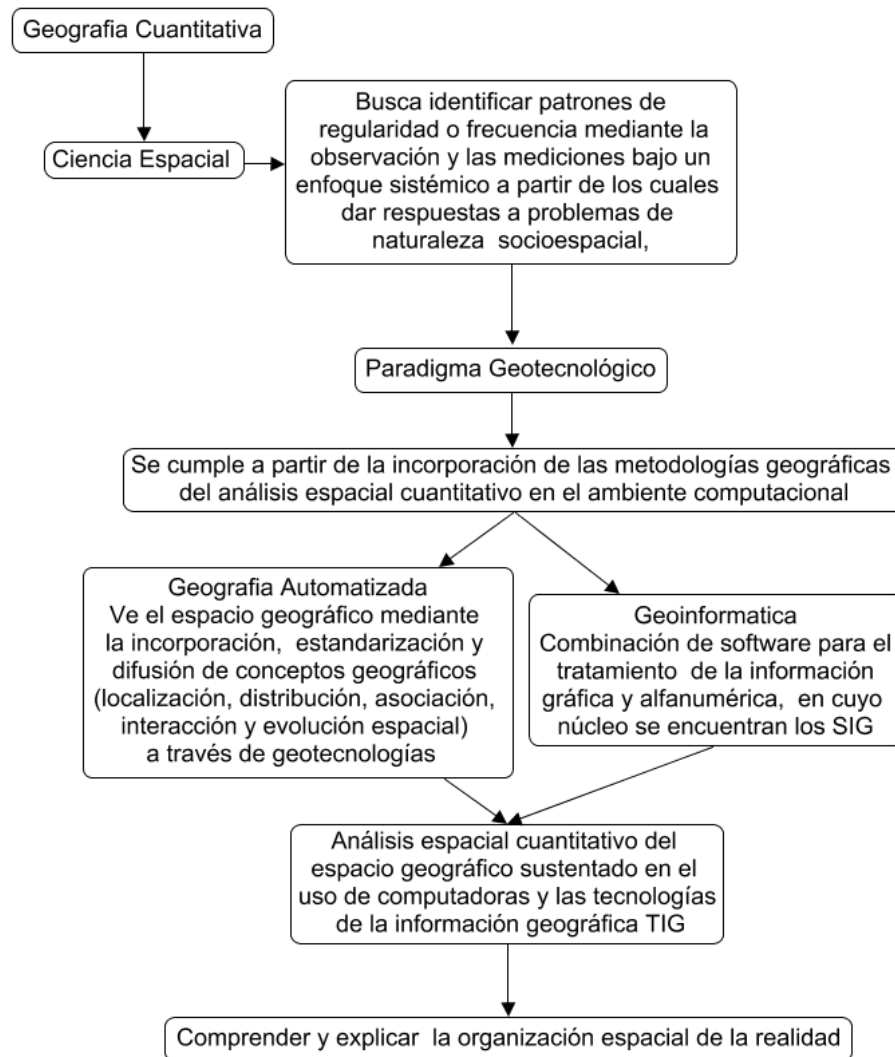
3. Marco Teórico Conceptual

3.1 Marco Teórico

El desarrollo del presente trabajo, se enmarca dentro de una propuesta desde la Geografía, mediante el análisis espacial cuantitativo del espacio geográfico sustentado en el uso de herramientas geotecnológicas, a partir de la Geografía Automatizada, como evolución de la Geografía Cuantitativa y la reafirmación de los principios del cuantitativismo (Buzai et al, 2015) y la Geoinformática como “combinación de software para el tratamiento de la información gráfica y alfanumérica combinada en el núcleo provisto por la tecnología SIG” (Buzai, 2006) (ver figura 1); lo anterior al considerar que el presente trabajo aborda conceptos

tales como localización, distribución, asociación, interacción y evolución espacial, desde una perspectiva de geografía aplicada,

Figura 1: Diagrama de flujo que relaciona el análisis espacial y la Geografía cuantitativa



Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Geografía Cuantitativa

Frente a la concepción tradicional de la Geografía como ciencia humana, la incorporación de desarrollos matemáticos y estadísticos supuso una reorientación teórica, conceptual y metodológica de la Geografía, siendo que a partir de los planteamientos de Schaefer (1953), se propone una Geografía con un abordaje orientado a buscar leyes de carácter general, utilizando métodos cuantitativos y el

descubrimiento de las leyes que rigen las pautas de distribución espacial. Este paradigma, que sería protagónico desde mediados de la década de 1950 hasta principios de la década de 1970 cuando con el surgimiento del paradigma crítico y humanista en la Geografía, pierde su dinamismo ante los cuestionamientos que fueron apareciendo desde la postura radical para luego, hacia la década de los 80 enfocarse en respuestas y orientaciones frente a las críticas suscitadas; poniendo su atención sobre las manifestaciones espaciales de los procesos sociales y la búsqueda de soluciones corroborables en un nivel empírico, considerando la medición sistemática de los aspectos socio espaciales con cierto de nivel de abstracción sin estar atada a los cánones de las ciencias experimentales (Buzai et al, 2015). Hacia los años 90's ocurre una revalorización de la cuantificación mediante la reorientación hacia los procesos de automatización

En este contexto, la geográfica cuantitativa como una ciencia espacial (Buzai et al, 2015; Flores, 2004), parte de la observación empírica como vía para identificar patrones de regularidad o frecuencia a partir de los cuales busca dar respuestas a problemas de naturaleza socio espacial, a través de sus regularidades y aspectos generalizables mediante de la observación y las mediciones bajo un enfoque sistémico (Buzai et al, 2015).

Dentro del ámbito de la Geografía, la Geografía cuantitativa se presenta como el paradigma básico de las actuales tecnologías digitales (Fuenzalida et al, 2015), toda vez que permite acercarse a nuevas formas de ver y entender la realidad para llegar a comprender y explicar su organización espacial, a través del estudio del espacio geográfico, mediante el uso de metodologías de análisis espacial cuantitativo y las tecnologías de la información geográfica TIG como los sistemas de información geográfica y la teledetección espacial.

3.1.2 Geografía Automatizada

La Geografía, a lo largo de su historia ha desarrollado diferentes maneras de ver la realidad de acuerdo a diferentes paradigmas, permitiendo la emergencia de variados campos de conocimiento en su interior.

Desde un punto de vista transdisciplinario, la aplicación de conceptos y métodos geográficos de análisis espacial, estandarizados de forma digital mediante tecnologías de la información geográfica, permite el surgimiento de dos nuevas ciencias; a decir, las ciencias de la información geográfica y las ciencias sociales integradas espacialmente; en donde el posicionamiento de la primera, basada en las geotecnologías con presupuestos teóricos centrados en la Geografía, ha permitido configurarse como una disciplina científica específica, en la cual dichas tecnologías no se consideran solo como instrumentos técnicos, sino también como herramientas teóricas (Buzai, 2011)

En este contexto, J.E.Dobson en 1983 propone el nacimiento de una nueva especialidad, denominada Geografía Automatizada (Buzai, 2005, Buzai et al., 2015), la cual, como disciplina geográfica particular, se sustenta desde el campo de la Geografía cuantitativa, brindando nuevos horizontes al paradigma cuantitativo, revalorizando sus aplicaciones a través de un paradigma geotecnológico¹, que permite ver el espacio geográfico mediante la incorporación, estandarización y difusión de conceptos geográficos (localización, distribución, asociación, interacción y evolución espacial) (Buzai, 2011) en el ambiente computacional; el que permite el tratamiento de información espacial de forma automatizada, a partir de aplicaciones propias de la Geografía automatizada como la cartografía computacional, computación gráfica, procesamiento digital de imágenes satelitales, modelos digitales de elevación y sistemas de información geográfica (Buzai, 2006), brindando una visión digital del mundo (Buzai, 2015).

Lo anterior en consideración a que, gracias a los conceptos teóricos y los procedimientos geográficos automatizados, la Geografía posibilita el análisis espacial cuantitativo del espacio geográfico, mediante la integración flexible de sistemas, presentándose así como la disciplina base de los sistemas de información geográfica, situación esta que permite que sus saberes se trasladen al resto de las ciencias y diversas prácticas sociales a través de conceptos, métodos y técnicas estandarizadas e incorporados en los SIG (Buzai, 2006).

3.1.3 Geoinformatica

Buzai (2015) plantea la geoinformática a partir de la incorporación de las metodologías geográficas para el análisis espacial cuantitativo en el ambiente computacional (Fuenzalida et al., 2015), también la definen como la combinación de software, para el tratamiento de la información gráfica y alfanumérica, en cuyo núcleo se encuentran los SIG (Buzai, 2011; Fuenzalida et al., 2015).

Y es esta condición la que la sitúa en el ámbito de las ciencias espaciales, toda vez que el manejo de datos georreferenciados se realiza mediante tecnologías basadas o desarrolladas sobre la informática y la electrónica, como el caso de los sensores remotos y los sistemas de información geográfica (Flores, 2004; Buzai, 2011) Así, la geoinformática puede ser concebida como una disciplina que “comprende e integra los avances de la informática y la electrónica, aplicada a estudios basados en información geográfica” la cual se “aboca al estudio de la naturaleza y estructura de los datos e información geográfica o espacial, al desarrollo y aplicación de procedimientos, métodos y técnicas para su captura o levantamiento, almacenamiento, procesamiento, graficación y comunicación (Flores, 2004).

¹ La Geografía Automatizada no se presenta como un nuevo paradigma de la Geografía, sino como una revalorización de la Geografía Cuantitativa derivado del ante el nuevo ambiente digital soportado sobre un paradigma geotecnológico. (Buzai, 2005)

3.2 Marco conceptual

3.2.1 La Tierra y el Suelo

Como suele suceder en muchos casos, las definiciones y conceptos presentan múltiples significaciones e interpretaciones según el autor y el campo disciplinar desde el que se mire; un primer elemento de confusión asociado al uso del concepto suelo o tierra. Dentro de los estudios de cambio de uso está asociado a la traducción del término en inglés “land”, ya que aun cuando su equivalente literal es “terreno”, también posee varios equivalentes funcionales (como tierra o suelo), que aun cuando puedan permitir una mejor comprensión y evitar el posible error de sentido que se produciría al utilizar el equivalente literal en algunos contextos, (Bestue y Orozco, 2011) también pueden suponer un error de sentido debido a sus diferencias terminológicas.

Si bien, algunas veces se suelen corresponder ambos términos como sinónimos, estos no lo son ya que tienen distintos significados y alcances, y su uso indiscriminado en un caso u otro se debe más a la ambigüedad con la que se utilizan.

El suelo se connota más como un cuerpo natural de material que se forma en la superficie terrestre por procesos pedogenéticos, tal como se entiende de algunas de sus definiciones:

- Según la USDA (2006), el suelo se considera como: “...un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de la tierra, que ocupa un espacio, y que se caracteriza por uno o ambos de los siguientes: horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural. USDA, 2006.
- Para el caso de la ingeniería, el suelo se considera como un cuerpo natural heterogéneo, que corresponde a los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva, y que pueden tener materia orgánica, y que se localiza en la superficie de la corteza terrestre. (Duque y Escobar, 2016).

La tierra por su parte, no debe ser considerada simplemente como el suelo y la superficie topográfica, sino que abarca muchos otros elementos, lo cual es expresivo en definiciones como la de la FAO/UNEP(1997) en donde se le considera como “...un área definible de la superficie terrestre de la tierra, abarcando todos los atributos de la biosfera inmediatamente por arriba y por debajo de esa superficie,

incluyendo aquellos atributos climáticos cercanos a la superficie, el suelo y las formas del terreno, la superficie hidrológica -incluyendo lagos poco profundos, ríos, humedales y pantanos-, las capas sedimentarias cercanas a la superficie y el agua subterránea asociada y las reservas geohidrológicas, las poblaciones animales y vegetales, los modelos de asentamientos humanos y los resultados físicos de la actividad humana pasada y presente -terrazas, estructuras para drenaje o almacenamiento de agua, caminos, edificios y otros-.”

Así, al referirse a la tierra desde un sentido más amplio, en el presente trabajo se ha decidido utilizar este concepto en lugar de suelo, al momento de hablar sobre los usos, coberturas o cambios ocurridos sobre la superficie terrestre.

3.2.2 Cobertura y Uso de la Tierra

Pese a que los términos uso de la tierra y cobertura de la tierra parecieran ser similares, no son sinónimos y conceptualmente encarnan diferencias que son necesarias tener en cuenta para la realización de estudios de uso de la tierra y de cambio de la cobertura de la tierra; una forma sencilla de aproximarnos a esta diferenciación la provee Di Gregorio y Jansen (1998) al expresar que “la cobertura de la tierra es la que se observa (bio)físicamente sobre la superficie terrestre”, mientras que “el uso de la tierra se caracteriza por los arreglos, las actividades y los insumos de la población para producir, cambiar o mantener un cierto tipo de cobertura de la tierra” (citado en FAO/UNEP, 1999).

De esta manera vemos que la cobertura de la tierra hace alusión al estado de la superficie de la tierra y su subsuelo inmediato (Turner *et al.* 1995, Meyer 1995), incluida la biota, suelos, topografía, aguas superficiales y subterráneas, (Lambin, 2003)

Por su parte el uso de la tierra, se define por las actividades y acciones humanas, cuyo fin busca utilizar o explotar la cobertura de la tierra (Lambin, 2003), es decir el uso involucra tanto la manera como los atributos biofísicos de la tierra son manipulados, como la intencionalidad que hay tras ello (Turner *et al.* 1995).

Como se ha visto, uso y cobertura no significan lo mismo; sin embargo, son dos términos que pueden sobreponerse, y que se complementarse o corresponderse en algunas situaciones, de modo que uno no excluye al otro, de tal forma que aun cuando su distinción a nivel conceptual es relativamente fácil, en la práctica no lo es tanto (Briassoulis, 2000).

3.2.3 Dinámica de Ocupación de la Tierra

Las dinámicas poblacionales y la expansión de las fronteras agrícola y urbanas, así como de actividades y funciones humanas asociadas al desarrollo de tecnologías y nuevas formas de producción, han derivado en la intensificación de las presiones

sobre ecosistemas y áreas agrícolas, implicando con ello un aumento de procesos de riesgo y vulnerabilidad de la población, deterioro y degradación de los recursos y del ambiente, etc. (Briassoulis, 2000).

Dentro de esta dinámica, se ha dado paso al desarrollo de paisajes heterogéneos asociados a cambios en el uso de la tierra y/o reemplazo de las coberturas del lugar, los cuales implican no solo transformaciones en la forma de ocupación de la tierra, usos y coberturas, sino también procesos de degradación de zonas, pérdidas ecosistémicas y de biodiversidad, destrucción de hábitats y monopolización de coberturas (Briassoulis, 2000), situación esta reconocible en el cultivo de la caña de azúcar, toda vez que se trata de un monocultivo extensivo que ejerce presiones sobre los suelos y recursos ambientales al tiempo que homogeniza el paisaje.

De lo anterior se plantea la necesidad de estudios mediante los cuales se analice el uso de la tierra y los cambios que tienen lugar en ella, no solo para un adecuado conocimiento de la situación de los recursos naturales y su uso, o la generación de información básica; sino como herramientas para la formulación de planes y proyectos dentro de procesos de planificación, ordenación y organización del territorio, esto debido a que este tipo de estudios facilitan información tanto de forma cuantitativa como cualitativa sobre los cambios espaciales y temporales del uso y cobertura de la tierra (Briceño, 2003).

3.3 Geografía Teledetección y SIG

Buzai (2006) considera que la realidad como sistema complejo no puede ser explicada desde una teoría única, situación esta que permite en la Geografía el uso de diferentes cuerpos teóricos que permitan explicar parte de la realidad, si bien no su totalidad; para lo cual el análisis geográfico como un análisis del territorio, integra y sintetiza diversas variables (Buzai et al, 2015) mediante las cuales se puede ver y entender dicha realidad.

Y es aquí en donde la utilización de tecnologías de la información geográfica “TIG”, caso especial de la teledetección y los sistemas de información geográfica cobran importancia, presentándose dentro de las herramientas de análisis de sistemas (Grigg, 1996) con el mayor potencial de soporte en la toma de decisión para la planificación del territorio, debido a la multitud de actividades en las que pueden ser útiles (Bosque Sendra y Garcia, 2000), puesto que estas permiten realizar diferentes tareas, utilizando distintas capacidades y funciones propias de herramientas geomáticas y computarizadas; que permiten la compresión conjunta e integrada de múltiples variables y la generación de información espacial temática, con la cuales se permite la conformación de un completo y preciso escenario territorial (Mena, 2007).

Así, desde el ámbito de la Geografía el uso generalizado de las tecnologías de la información geográfica TIG y el empleo de metodologías y técnicas de análisis

espacial para la toma de decisiones parecen dar una legitimación a la cuantificación dirigida a la planeación del territorio (Fuenzalida, 2015) toda vez que estas tecnologías abstraen la realidad en un modelo digital para su tratamiento y análisis (Buzai, 2011), generar modelos cuantitativos e integrarlos con otros tipos de información geográfica (Chuvieco, 2008), en donde el estudio de los cambios de uso y cobertura se presenta como un imperativo para la planificación y administración del uso de la tierra, debido a que estos expresan la búsqueda de un balance entre las metas sociales, económicas y ambientales en todos los niveles espaciales (Briassoulis, 2000).

3.3.1 Teledetección

La teledetección, percepción remota o “Remote Sensing” (sensores remotos) se considera como “la adquisición de información en torno a un objeto sin estar en contacto físico con él”, siendo que el uso más generalizado de esta se corresponde con la adquisición de información espacial mediante técnicas electromagnéticas (Ormeño, 2006); así, en este contexto, la teledetección se define como una técnica aplicada mediante la cual se obtienen imágenes de la superficie terrestre a partir de sensores aéreos o espaciales (Chuvieco, 2008).

La obtención de información espacial por medio de la teledetección responde a la interacción de la radiación electromagnética y la superficie terrestre, cuyo fundamento físico se sustenta en considerar la radiación electromagnética la cual viaja a través del espacio en forma de onda, que para el caso se denomina ondas electromagnéticas, las cuales consisten en ondas compuestas por un campo eléctrico (E) y otro magnético (B) que oscilan perpendicularmente una respecto de la otra y se propagan de manera simultánea en el espacio (Ver figura 2), de cuya forma se pueden definir por la longitud de onda (λ) o por la frecuencia (F)² (Chuvieco, 2008).

Figura 2: Onda electromagnética

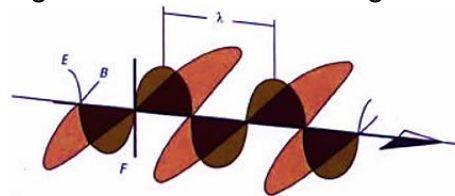


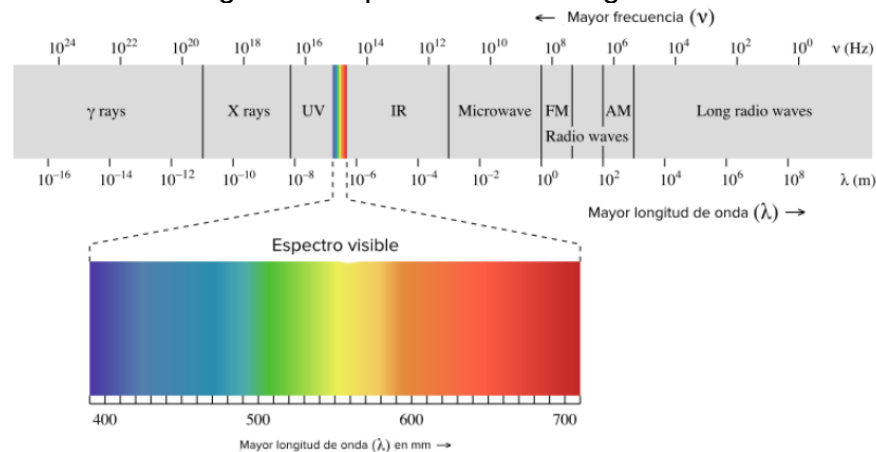
Figura 1: Esquema de una onda electromagnética en el que se diferencia el campo eléctrico (E) y el magnético (B), la frecuencia (F) y la longitud de onda (λ).

Fuente: Tomado de Chuvieco, 2008

² La longitud de onda expresa el carácter periódico de esta perturbación, y vendría definida como la distancia entre dos picos contiguos de uno de los campos, midiéndose en unidades de longitud (mts. mm. ñm). La frecuencia mediría el número de ciclos por unidad de tiempo que pasan por un punto fijo, midiéndose en hercios (Hz). (Cuvieco, 2008)

A partir de esto, tanto la longitud de onda como la frecuencia permiten clasificar los diferentes tipos de energía electromagnética, las que en conjunto reciben el nombre de espectro electromagnético (ver figura 3), y a partir de la cual se pueden definir bandas en donde la radiación electromagnética presenta un comportamiento similar como el caso de la luz visible entre los 0,4 y 0,7 μm (azul : 0,4-0,5 μm Verde: 0,5-0,6 μm y rojo: 0,6-0,7 μm), el infrarrojo cercano entre los 0,7 μm y 1,3 μm y el Infrarojode onda corta (SWIR) entre los 1,3 y 2,5 μm los cuales son de gran importancia para la teledetección espacial.

Figura 3: Espectro electromagnético



Fuente: tomado de khanacademy.org

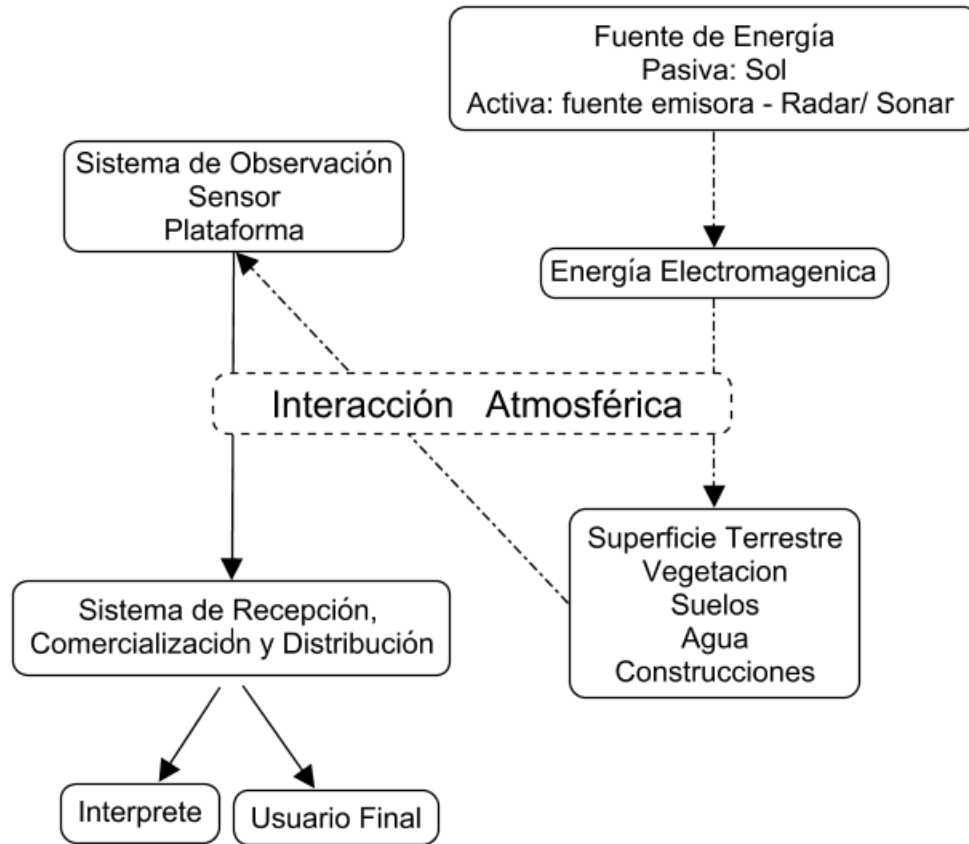
Considerando lo anterior, el procedimiento de obtención de información mediante la teledetección espacial se realiza a través del análisis y/o interpretación de la medición de energía electromagnética reflejada o emitida por los objetos de la superficie terrestre, los cuales dependiendo de sus características y naturaleza reaccionan de forma específica respecto a la energía incidente (pasiva cuando es proveniente del sol y activa cuando es emitida por el propio sensor como el radar), la cual es absorbida, transmitida o reflejada, siendo captada y almacenada por los sistemas de observación (sensores) y codificada digitalmente según la longitud de onda y las características de los sensores, para luego ser enviados a estaciones receptoras para su almacenamiento, comercialización y distribución de forma digital y transformada en imágenes según los diferentes sistemas de observación (Ver figura 4).

A partir las imágenes originales y de los productos obtenidos se puede derivar información (cartográfica o de variables biofísicas) mediante tratamiento visual o digital por el intérprete³, con el fin de ser remitida al usuario final para su aplicación

³ En el nivel de interprete se considera el personal técnico cualificado para el tratamiento y análisis de información obtenida por sensores remotos, tanto para su procesamiento de las imágenes originales (pre procesamiento, rectificación, etc.) como para la obtención de información derivada.

y utilización dentro de los procesos de toma de decisiones, llámese planificación, conservación, etc.

Figura 4: Obtención de información mediante teledetección



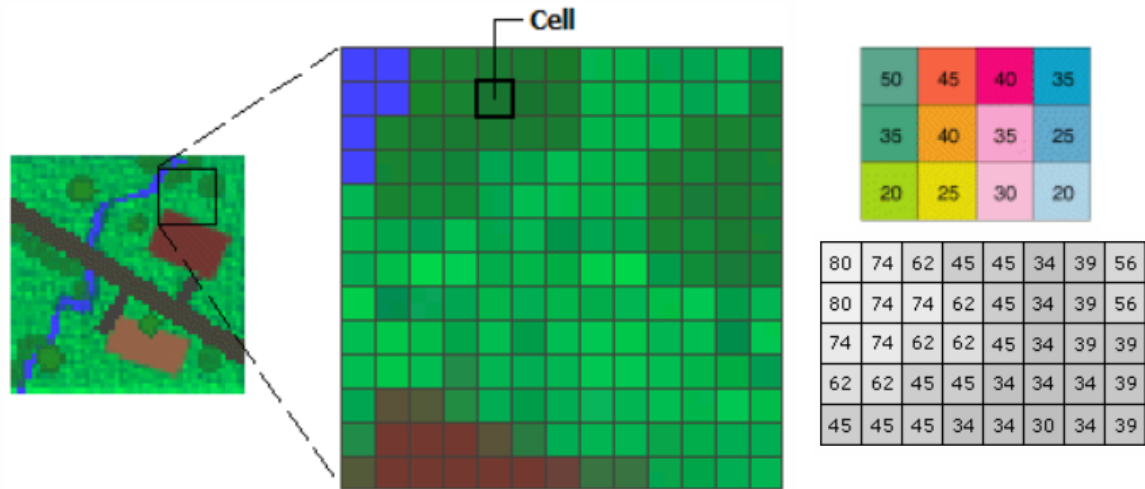
Fuente: Elaboración propia adaptado de Chievo, 2008

A partir de la obtención de la información por medio de los sistemas de observación, la teledetección da como resultado la formación de imágenes digitales que responde al modelo de datos espacial raster (ver figura 5), el cual se corresponde con un conjunto de celdas⁴ (según los canales del sensor organizadas en filas y columnas en una secuencia específica, con un único valor representado por un nivel digital⁵ que representa el valor medio o más representativo para la superficie abarcable por la celda.

⁴ Un pixel (picture element) o elemento de imagen, es la unidad de información más pequeña que puede procesar el hardware y el software de imagen (pantalla) e impresión, el cual tiene sólo dos valores de color (normalmente blanco y negro), codificable con un solo bit de información, y que representan el mínimo detalle espacial que puede registrar según sus características.

⁵ Los niveles digitales comprenden valores que varían según el número de bits del sensor, por ejemplo para Landsat 5tm, con 8 bits, estos oscilante del 0 al 255, en donde el cero indica que no llega nada de radiación y el 255 representan el valor más alto de radiación

Figura 5: Imagen Digital - Formato Raster



Fuente: ESRI, 2016.

3.3.1.1 Sistemas de Teledetección Espacial

La teledetección, especialmente la satelital, permite generar modelos cuantitativos e integrarlos con otros tipos y sistemas de información espacial, razón por la cual cuentan con sinnúmero de aplicaciones; lo anterior, al considerar que esta geotecnología ofrece una fuente homogénea y exhaustiva de información, al medir variables físicas equiparables tanto en regiones visibles y no visibles del espectro (según sensor y plataforma) y proporcionar una visión global de la superficie terrestre (cobertura), con un amplio rango de cobertura espacial y nivel de detalles (resolución y escala), así como temporal (repetitividad y frecuencia) en la adquisición de información y la disponibilidad de la misma (Chuvieco, 2008; Martinez et al., 2005).

Dado el avance tecnológico, los sistemas de teledetección utilizados (sensores) y las plataformas espaciales de observación (satélites, aeronaves, drones, etc.) son muy variadas.

Los sensores: corresponden a instrumentos mediante los cuales se detecta la radiación electromagnética reflejada o emitida, pueden ser clasificados según:

- La señal: por el origen de la señal estos responden a dos tipos, los activos los cuales cuentan con su propia fuente de emisión sin depender de la luz solar como el caso del Radar (micro-ondas) o el LIDAR (a partir de luz polarizada - laser) y los pasivos cuya fuente de energía es el sol como medio para capturar la información (reflejada o emitida),
- Forma de captura: por el procedimiento empleado para capturar la radiación, pueden ser diferenciados en sensores fotográficos (como las cámaras

fotográficas), los sensores óptico electrónicos (que combinan una óptica similar a la fotografía con un sistema de detección electrónica exploradores de barrido o scanners y empuje o pushbroom, junto con las cámaras de vidicon - videografía y de antena (Radiómetros de micro-ondas).

- Resolución⁶: según la capacidad, ancho de bandas y características de los sensores, pueden presentar diferentes resoluciones para distinguir variaciones de la energía electromagnética (como los de alta resolución espectral e hiperespectrales) y registrar información espacial y nivel de detalle y resolución espacial (como los de mediana resolución tipo Landsat, SPOT, ASTER y alta resolución como Ikonos y EROS).

Plataformas: se corresponden con los soportes en donde se sitúan los sensores, estos pueden ser fijas o móviles; entre las plataformas para los diferentes tipos de sensores se pueden identificar:

- Satélites: situados a una altitud entre los 700 y 34.000km, con órbita alrededor de la tierra; pueden ser geosíncronos o geoestacionarios (se sitúan sobre el Ecuador) o heliosíncronos (se desplazan en órbitas generalmente circulares y polares), entre estos últimos están los meteorológicos (Meteosat, Tiros NOAA), recursos naturales (Landsat, SPOT), radar (RADARSAT).
- Aeronaves: representados por aviones, avionetas y helicópteros, con una altitud de vuelo entre 500m y 10km presentan una alta resolución espacial aunque con costos mas altos.
- Globos aerostáticos, altitud entre 300 y 3000m, son inflados con helio y son retenidos en la zona de estudio por un cable
- Cometas y dirigibles no rígido (Blimp): tomar imágenes a diferentes alturas hasta 400m.
- Drones: representados por vehículos aéreos no tripulados UAV's.
- Terrestres representados por trípodes, torre de observación, presenta limitación respecto campo de vision, verticalidad y tipo de sensor

⁶ Se entiende esta como la habilidad que posee el sensor para registrar información en detalle de las distintas cubiertas, considerando para ello la resolución espacial (mínimo detalle espacial (píxel) que registra un sensor), resolución espectral (número y anchura de bandas espectrales que puede discriminar el sensor), resolución radiométrica (capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe expresada en niveles digitales) y resolución temporal: (frecuencia de cobertura que proporciona el sensor) (IGAC, 2007)

3.3.1.2 Procesamiento de imágenes satelitales

Generalmente antes de realizar el análisis de información procedente de un sensor remoto, como lo es la imagen satelital, es necesario realizar un tratamiento previo de los datos, considerando en este caso la preparación de la misma, y la homogenización de algunas de sus características y parámetros acotándolos a las necesidades del trabajo y al área de estudio o de interés, mediante el uso de software especializado.

Si bien para muchas de las aplicaciones de teledetección no se necesita de la realización de una corrección o conversión de los niveles digitales – ND como en el caso de los estudios que emplean una sola imagen (Song et al, 2001; Eastman, 2004) o cuando se realiza detección de cambios sobre la base de clasificaciones de cobertura comparando clases derivadas de mapas categóricos de cobertura utilizando una sola imagen y no valores digitales entre imágenes (Young et al, 2017); previo al procesamiento es necesario corregir algunos de los errores derivados del proceso de adquisición de la información (Jensen, 1996).

Para ello se hace necesario homogenizar y estandarizar las características de las diferentes imágenes, eliminando ruidos y distorsiones causadas a estas luego de haber atravesado la atmósfera ya que esta puede afectar la naturaleza de las imágenes de diferentes formas (Brizuela, et al. 2007) según la longitud de onda, la geometría de la iluminación y la observación, la concentración de aerosoles y gases en un momento y lugar determinados (Vermote et al, 2016), toda vez que este es un factor importante en el proceso de estimar productos biofísicos de la superficie (Sendra et al, 2015), sobre todo cuando se comparan imágenes de distintas fechas en estudios multitemporales, comparar propiedades, magnitudes, relacionar la radiancia con propiedades de la superficie, entre otras (Aguilar et.al 2014).

De lo anterior, al considerar que las imágenes de satélite se encuentran afectadas por condiciones atmosféricas, como la dispersión de Rayleigh (humo o bruma o moléculas de los mismos gases) la dispersión de Mie (por polvo y aerosoles) o dispersión no selectiva, se espera que para su uso en los estudios de uso y cobertura se contara con medidas de reducción de dichas perturbaciones (Corrales y Ochoa, 2016), que permitan corregir los efectos atmosféricos para la obtención de información de forma eficiente (Gilmore et al., 2015); siendo posible encontrar el uso de correcciones atmosféricas, normalización radiométrica y conversión de valores de radiancia, reflectividad y reflectancia, así como de temperatura para el caso de los satélites Landsat, con el ánimo de contar con datos estandarizados (Vermote, et al, 2016).

Sin embargo, la corrección de los efectos atmosféricos se hace difícil debido a su variación en el tiempo y el espacio (Song et al, 2001), por lo cual es necesario ajustar tanto radiométrica como geométricamente las imágenes (Chuvieco, 1996), de donde se tiene diferentes métodos para la corrección de la influencia de la

atmósfera en las imágenes de satélite, como el método de sustracción de píxeles oscuros DOS (por sus siglas en inglés Dark Object Subtraction) (Chávez, et al., 1988)⁷ o el modelo COST (Chavez, 1996).

Además de dichas correcciones, dentro de los modelos de estandarización se encuentra el cálculo de reflectividad como parámetro físico para los estudios de uso y cobertura de la tierra, en donde al transformar los valores digitales de radiancia⁸ en reflectividad⁹ permiten la remoción o compensación de los efectos producidos por la atmosfera (Chander y Markham, 2003) a la vez que se estandarizan las características de las imágenes para que sean comparables¹⁰ para distintos lugares y distintas fechas, esto hace más sólida la interpretación de los datos y el análisis integrado entre imágenes de distintos sensores (Chuvieco, 1996, citado En: Brizuela, et al. 2007); así mismo dado que algunas imágenes cuentan con bandas térmicas es posible obtener la temperatura superficial del suelo (LST) a partir de la conversión de la radiancia espectral a temperatura efectiva del satélite (Susaki et. al. 2005; Santana, 2007; Santana et al, 2011).

3.3.1.3 Transformación de Imágenes Satelitales

A partir de las imágenes corregidas atmosférica y radiométricamente, junto con el cálculo de reflectancia, es posible obtener parámetros biofísicos de los niveles digitales o a partir de su transformación mediante la aplicación de técnicas de procesamiento como los reales, clasificaciones o la obtención de índices.

➤ Reales

Esta técnica está dirigida a la mejora de la calidad visual de la imagen, acentuando rasgos de interés (Chuvieco, 1995) que permitan realizar una interpretación visual de la imagen (Ormeño, 2006), para lo cual se consideran:

- Ajuste de contraste: mediante el cual se adapta los niveles digitales (ND) de la imagen para mejorar la visualización en el monitor.

⁷ El modelo de sustracción del objeto oscuro - DOS fue propuesto por Chávez (1988) para corregir la dispersión atmosférica, este parte de la idea que la bruma atmosférica incrementa los valores de los ND en los cuerpos cuyas características físicas deberían tener presentar ND's con valores de cero o cercano a él (cuerpos de agua, sombras, etc.), por lo cual se hace necesario sustraer a todos los píxeles de cada banda el valor representativo de dicha diferencia.

⁸ La radiancia es considera como "la cantidad de energía electromagnética que pasa a través o es emitida desde un área en particular, confinada en un ángulo sólido en una dirección específica" (Brizuela, et al. 2007).

⁹ La reflectividad es considerada como la cantidad de radiación incidente que es reflejada por una superficie bidimensional (Chuvieco, 2002) expresada como un cociente (Brizuela, et al. 2007)

¹⁰ La radiancia no se considera adecuada para comparar bandas o imágenes de distinta fecha, siendo que la corrección de los ND a valores de radiancia se utiliza para generar imágenes de reflectividad o temperatura de la superficie (Brizuela, et al. 2007)

- Combinación de bandas: permite obtener composición coloreada de distintas regiones del espectro, a partir de la asignación de color basada en los tres colores primarios (azul, verde y rojo) a una banda y su combinación en el dispositivo de salida o monitor (RGB) o Tono, Saturación, Intensidad HSI (por sus siglas en inglés: Hue, Saturation. Intensity).
- Cambios de escala: expresado en el aumento o disminución del tamaño del pixel en pantalla
- Filtros: esta técnica se orienta al realce visual de la imagen, a partir del suavizado o reforzado los contrastes espaciales de los niveles digitales de la imagen para aislar, resaltar o eliminar valores anómalos o rasgos de interés; este tipo de técnicas no solo modifica la forma de visualización, sino también los niveles digitales originales.

➤ Clasificación digital de imágenes

La clasificación digital de imágenes se corresponde con un proceso de asignación de píxeles a un tipo particular de cobertura (Ahmad & Quegan, 2012); para ello se emplean técnicas que buscan agrupar píxeles con niveles digitales similares en una o varias bandas de una imagen, en categorías que describen distintos tipos de coberturas o intervalos de una misma (Chuvieco, 1995); dicha clasificación puede realizarse siguiendo múltiples metodologías siendo los métodos más generalizados la clasificación no supervisada, la supervisada.

- Clasificación no supervisada: se emplea un algoritmo mediante el cual se da agrupación de los píxeles, en función de sus similitudes internas (Ormeño, 2006), a partir de las propiedades estadísticas de las clases espectrales de la imagen, generando así conglomerados o clúster de píxeles con un comportamiento espectral homogéneo (Chuvieco, 1995).
- Clasificación supervisada: se realiza en función de un conjunto de clases establecidas y conocidas a priori por el usuario con base en un conocimiento o experiencia previa obtenido de la revisión de campo, la fotointerpretación y otras fuentes (Chuvieco, 1995; Ormeño, 2006), para las cuales se eligen ejemplos representativos denominadas áreas de entrenamiento, generando una signature espectral característica para cada una de las clases, calculando a partir de estos los niveles digitales ND que definen la clase y permiten la asignación de los píxeles de la imagen a cada una

Es de referir que, para este método, es necesario que las áreas de entrenamiento sean homogéneas y corresponden a una clase específica relacionada con la cobertura existente el día de la toma de la imagen.

➤ Índices:

Los índices son transformaciones derivadas de una combinación matemática (cociente o ratio) pixel a pixel, entre los niveles digitales almacenados en dos o más bandas espectrales de una misma imagen (Esperanza y Zerda, 2002; Chuvieco, 1995), los cuales permiten la extracción de información de variables biofísicas al permitir acentuar las particularidades de una cobertura u otra, en consideración que las cubiertas terrestres presentan espectros de reflectancia diferentes según la longitud de onda en la que se observe.

Actualmente existen una gran diversidad de índices (vegetación IV, de suelo, humedad, nieve etc.), los cuales pueden ser calculados a partir de los niveles digitales, radiancia y reflectancia TOA y de superficie, siendo que esta última es mejor debido a la corrección atmosférica que conlleva (Murillo y Carbonell, 2012); para los estudios de uso y cobertura, y aplicaciones agrícolas es posible encontrar el uso de los siguientes índices:

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)
- EVI (Enhanced Vegetation Index)
- SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)
- MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index)
- NDMI o NDWI (Normalized Difference Moisture (Water) Index)
- BI (Bare soil index)
- NDSI (Normalized Difference Snow Index)
- NDBaI (Normalised Difference Bareness Index)
- LWCI (Leaf Water Content Index).

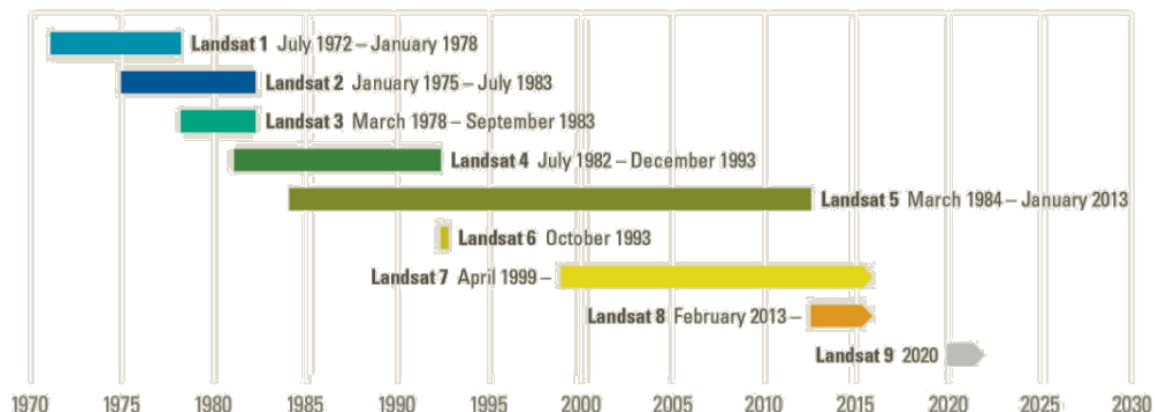
3.3.1.4 Programa Satelital Landsat

Dentro de los productos satelitales, sensores y plataformas, el programa Landsat es uno de los proyectos con mayor datos de observación de la tierra dada la continuidad de sus proyectos a través del tiempo (Ver figura 6), este sistema de satélites se han orientado hacia el campo de los recursos naturales y el ambiente, constado de ocho satélites, el primero denominado en un principio como ERTS-1 fue puesto en órbita en 1972 y el ultimo, Landsat 8 en 2013, con un lanzamiento fallido del Landsat 6 en Octubre de 1993, estando previsto el lanzamiento del Landsat 9 a finales de 2020. En la actualidad están operativos el Landsat 7 y 8.

Los satélites Landsat en su desarrollo han contado con varios sensores, el primero, conocido como Multispectral Scanner Sensor (MSS) en los Landsat 1, 2 y 3, seguido de Thematic Mapper (TM) en el Landsat 4 y 5, Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) para el Landsat 7 y Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS) para el Landsat 8; cada uno con características diferentes en

términos de número de bandas, rango espectral y resoluciones espaciales, como se puede apreciar en la tabla 1.

Figura 6. Línea de tiempo de misiones Landsat



Fuente, Tomado de NASA, 2018

Esto permite que se cuente con una variedad de bandas que van desde el visible, hasta el infrarrojo cercano, medio (NIR y SWIR) y térmico (ver tablas 1 y 2), sus características radiométricas, geométricas y espaciales se orientaron a la captura de información de la superficie terrestre de mediana resolución para aplicaciones en agricultura, geología, silvicultura, planificación, educación, cartografía e investigación sobre el cambio global.

Su operación se encuentra a cargo de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) y la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), siendo su distribución gratuita y contando con un banco de imágenes desde 1976 a la fecha.

Tabla 1: Características de los satélites Landsat

Característica		Satélite				
		1 y 2	3	4 y 5	7	8
Sensores		Return Beam Vidicon (RBV) Multispectral Scanner (MSS)	Return Beam Vidicon (RBV) Multispectral Scanner (MSS)	Multispectral Scanner (MSS) Thematic Mapper (TM)	Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	Operational Land Imager (OLI) Thermal Infrared Sensor (TIRS)
Resolución	Radiométrica	6	6	8	8	
	Espacial	RBV= 80m MSS= 79m	RBV= 40m MSS= 79m (B4 a 7) y 240m (B8)	30m B1 a 5 y 7 120m B6 (Termal)	30m B1 a 5 y 7 60m B6 (termal) 15m B8 (pancromática)	30m de B1 a 7 y 9 15m 100m
	Temporal	18 días	18 días	16 días	16 días	16 días
Cobertura		170 km x 185 km	170 km x 185 km	170 km x 185 km	170 km x 185 km	170 km x 185 km

Fuente: Elaboración propia con base en NASA, 2018

Tabla 2: Bandas Espectrales por sensor según Satélite Landsat*

Banda	Satélite								
	1 y 2		3		4 y 5		7	8	
	Sensor		Sensor		Sensor		Sensor	Sensor	
	RBV	MSS	RBV	MSS	MSS	TM	ETM+	OLI	TIRS
1	0,48 - 0,57		0,5 - 0,75			0,45 - 0,52	0,45 - 0,52	0,435 - 0,451	
2	0,58 - 0,68					0,52 - 0,60	0,52 - 0,60	0,452 - 0,512	
3	0,70 - 0,83					0,63 - 0,69	0,63 - 0,69	0,533 - 0,590	
4		0,5 - 0,6		0,5 - 0,6	0,5 - 0,6	0,76 - 0,90	0,76 - 0,90	0,636 - 0,673	
5		0,6 - 0,7		0,6 - 0,7	0,6 - 0,7	1,55 - 1,75	1,55 - 1,75	0,851 - 0,879	
6		0,7 - 0,8		0,7 - 0,8	0,7 - 0,8	10,4 - 12,5	10,4 - 12,5	1,566 - 1,651	
7		0,8 - 1,1		0,8 - 1,1	0,8 - 1,1	2,08 - 2,35	2,08 - 2,35	2,107 - 2,294	
8				10,4 - 12,6		0,50 - 0,90	0,50 - 0,90	0,503 - 0,676	
9								1,363 - 1,384	
10									10,60 - 11,19
11									11,50 - 12,51

*Longitud de onda dada en micrómetros μm

Fuente: Elaboración propia con base en NASA, 2018

3.3.2 Sistemas de INFORMACIÓN Geográfica SIG

Si bien antes de la aparición de los sistemas de información geográfica, el uso del mapa en el ejercicio de la Geografía permitía la superposición cartográfica manual de capas temáticas de forma analógica, no es sino hasta cuando el desarrollo de la informática posibilita la combinación de bases de datos alfanuméricas y gráficas georreferenciadas, mediante un sistema de coordenadas geográficas, que se puede hablar Sistemas de Información Geográfica.

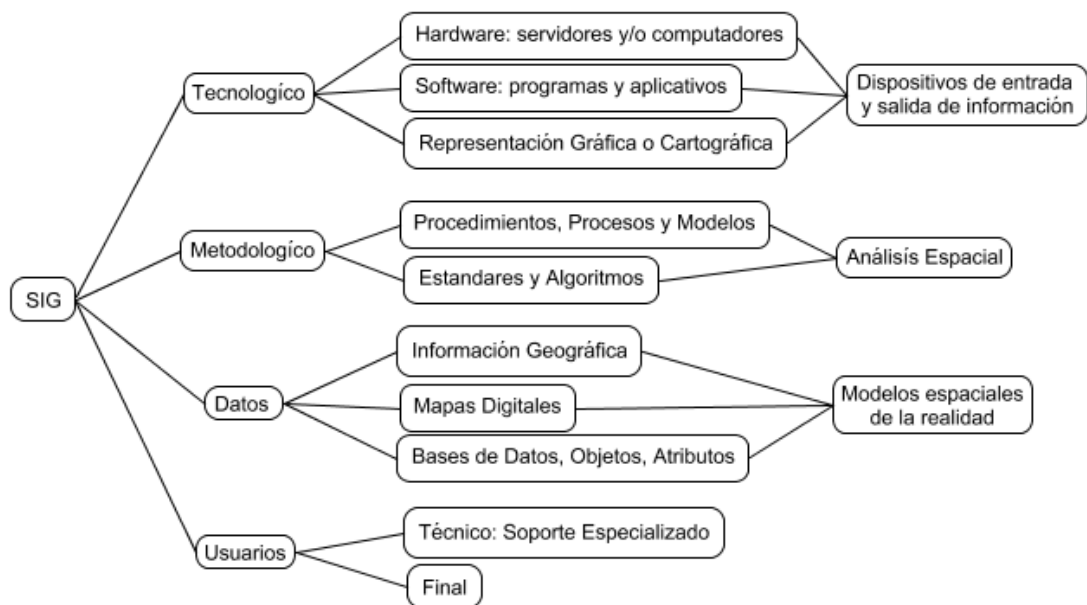
Y es que considerando el mapa como medio de abstracción de los resultados de la Geografía, con la transformación de la realidad en un modelo digital susceptible de ser trabajado mediante procedimientos computacionales, ha permitido que los sistemas de información geográfica, como tecnología de vinculación, integración, tratamiento y análisis de información y datos geográficos provenientes de diversas fuentes (imágenes, mapas, datos de campo, GPS, etc.), se haya convertido progresivamente en la principal herramienta para el quehacer de la Geografía, posibilitando la incorporación del análisis espacial en el medio digital a partir de ambientes computacionales representado por diferentes softwares (Buzai et al., 2015).

Genéricamente un sistema de información geográfica, se considera como una geotecnología compuesta por hardware y software que permite la captura, almacenamiento y gestión de información y datos espaciales a partir de un conjunto de métodos, herramientas para su análisis y presentación, siendo que el National Center for Geographic Information and Analysis – NCGIA lo define como “un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión” (NCGIA, 1990).

Un sistema de información geográfica SIG, está conformado por al menos cuatro componentes (ver figura 7), los cuales responden a los recursos técnicos, tecnológicos, humanos y los metodológicos necesarios para su funcionamiento, a decir:

- Tecnológico: compuesto por el hardware (servidores o computadores) y software (programas SIG), y los dispositivos de entrada y salida de información, para la captura, almacenamiento, gestión, análisis espacial y salida (representación gráfica o cartográfica)
- Metodológicos: correspondiente a los métodos, procedimientos, procesos y modelos sobre los cuales se sustenta el SIG y mediante los cuales se asegura el funcionamiento del mismo
- Datos: se corresponde con la información geográfica como tal, representada a partir de modelos de la realidad en capas de información
- Usuarios: representados por los usuarios técnicos que operan y administran el SIG y los usuarios finales que se sirven de los resultados obtenidos mediante el mismo.

Figura 7: Componentes de un SIG



Fuente: Elaboración propia

Considerando lo anterior, la base de los sistemas de información geográfica se centra en mapas digitales los cuales son modelos de la realidad mediante los cuales se representan diferentes variables, atributos, objetos, etc. georreferenciados (con una referencia espacial explícita de localización expresada como latitud y longitud), que bien pueden ser representados por el modelo raster o de retícula (como las imágenes de satélite) en donde la realidad se divide en celdas regulares con un único valor, o vectorial el cual es una representación de fenómenos discretos a través de objetos espaciales como puntos, líneas o polígonos; dichos modelos, son dispuestos en capas temáticas independientes, relacionables entre sí, a partir de una base de datos geográfica que relaciona datos espaciales y atributos o datos no espaciales.

3.4 Teledetección y SIG en las Finanzas Publicas

El uso de los sistemas de información geográfica y la teledetección a nivel municipal se ha orientado sobre todo hacia la gestión, el ordenamiento y la planificación territorial, como soporte para la toma de decisiones en los planes de ordenamiento territorial, determinantes ambientales, proyección de infraestructuras, etc.

No obstante lo anterior, dentro del campo de las finanzas municipales, el uso de las Tecnologías de la Información Geográfica TIG's como el caso de los sistemas de información geográfica SIG, puede favorecer la gestión tributaria y urbanísticas de un municipio (Coll et al., 2010) permitiendo la mejora de la gestión tributaria a nivel municipal, considerando la capacidad de las entidades administrativas de obtener recursos a partir de la espacialización de los sujetos gravados con impuestos municipales, al contar con información fiable, actualizada e inmediata.

Si bien tradicionalmente, el uso de sistemas de información geográfica y la teledetección, se ha vinculado con la gestión del catastro para el cobro del impuesto predial unificado e industria y comercio, considerando la base espacial, el uso de estas tecnologías tiene potencial para el cobro y recaudo de otros impuestos y rentas municipales, con la identificación de infracciones urbanísticas, licencias urbanísticas, reconocimientos, etc.; lo anterior al considerar que el SIG permite crear y mantener un modelo de territorio (Coll et al., 2010)

3.5 Teledetección, SIG y Catastro

El catastro se corresponde con un inventario o censo de bienes inmuebles, con la identificación física (linderos), jurídica (propiedad y tenencia), fiscal (tributaria) y económica (avalúos) de los bienes inmuebles pertenecientes al Estado y a los particulares (IGAC, 2011).

Ya desde los procesos de formulación de los planes de ordenamiento territorial (POT, PBOT y EOT) con base en la Ley 388 de 1997, los SIG empezaron a tener una aplicación a nivel municipal por fuera de los círculos especializados, junto a lo

cual, desde hace varios años, se han empleado para el tratamiento de la información catastral, como herramienta no solo para la representación espacial sino también para la planificación y gestión territorial, toda vez que esta se ha convertido en una fuente de información para el ordenamiento territorial (Ramos, 2003) y una herramienta de planificación estratégica.

Así, en el área del catastro se emplean estas tecnologías con el ánimo de apoyar los procesos de actualización de las formaciones catastrales, en tanto el catastro busca “describir las características físicas, económicas y jurídicas, de los bienes inmuebles, entre otras, su localización, superficie, uso o destino, cultivo o aprovechamiento y representación gráfica” (Pinilla, 2010), su uso permiten no solo obtener una representación espacial sino también la caracterización de atributos.

Para lo anterior, en un principio se utilizaban las ortofotografías aéreas, mediante las cuales, a partir de la restitución, se dibujaban y levantaban las cartas catastrales para su reproducción (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 1940); sin embargo, con la puesta en órbita de satélites de alta y muy alta resolución espacial como el caso de IKONOS (1999) y QuickBird (2001) junto con tecnologías como el LIDAR y la aparición de los drones, con productos con resoluciones de entre 0,6 y 4 metros, en la actualidad es posible derivar información de alta precisión y cartografía en escalas entre 1:2000 y 1:5000 con aplicaciones catastrales, expresando de esta forma ventajas sobre las aerofotografías en términos de versatilidad (tecnología, adquisición, temporalidad, cobertura, resolución, etc.) y de menores costos en su adquisición (Pinilla, 2010) sin excluirse mutuamente.

En este contexto, la integración de las diferentes tecnologías de la información geográfica como los SIG y la Teledetección, convergen en la gestión de temas claves en los municipios, tanto a nivel de planificación como de la gestión de procesos y procedimientos. Situación esta que, a nivel nacional, se puede advertir entre los años 2000 a 2012, cuando el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC como autoridad catastral nacional, ha venido adelantado acciones que permitan la optimización de los procesos relacionados con la gestión de la información catastral tanto a nivel tecnológico (adquisición de equipos y software), normativo como procedimental (IGAC, 2012).

3.6 Teledetección y SIG Aplicados a Estudios de Uso y Cobertura

En la literatura científica se encuentran diversos estudios y trabajos prácticos y aplicados y académicos relacionadas con el uso y ocupación de la tierra a nivel global y local, siendo que durante los últimos años se han realizado numerosos estudios en áreas como agricultura, medio ambiente, forestal, geología, estudios urbanos y planificación como puede apreciarse en la tabla 3, por citar algunos ejemplos, los cuales se orientan no solo a identificar y clasificar el uso y cobertura del suelo, sino también para estudiar patrones de distribución, dinámicas de ocupación y análisis temporales, etc.; toda vez que la aplicación de productos de

sensores remotos y los sistemas de información geográfica, permite no solo el desarrollo de modelos mediante los cuales representar espacialmente la realidad o un objeto, sino también la caracterización de sus atributos y su representación gráfica.

Tabla 3. Estudios de uso y cobertura de la tierra

Ámbito	Estudio	Autor
Nacional	Estado del arte en el uso de la percepción remota en el cultivo de la caña de azúcar y posibles usos para el sector azucarero colombiano. caso de aplicación: clasificación de las variedades cc 85-92 y cc 84-75 usando datos Landsat 7 ETM+ (tesis)	Murillo, 2006
	Combinación de bandas óptima para la discriminación de sabanas colombianas, usando imágenes Landsat ETM	Santana y Salas, 2007
	Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000	IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2008
	Implementación de la metodología corine land cover con imágenes Ikonos	Valencia y Anaya, 2009
	Aplicación de la metodología corine land cover en la determinación de los cambios de cobertura en el Parque Natural Los Flamencos	Corredor, et al, 2011
	Deforestación y cambio en la cobertura del suelo en Colombia : dinámica espacial, factores de cambio y modelización	Rodríguez, 2001
	Patrones de la vegetación y tipos de uso de la tierra en el valle del Patía	Vergara, 2014
	Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espaciotemporal de coberturas: caso microcuenca de la quebrada Mecha (Cómbita, Boyacá), Colombia	Suarez et a., 2016
	Colombia Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2016	UNODC/SIMCI, 2016
	análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la reserva forestal protectora productora "Casablanca" en Madrid Cundinamarca entre los años 1961 y 2015: aportes para el ordenamiento territorial	Veloza Torres, 2017

Regional	Estudio Demostrativo Sobre Coberturas y Cambios en los Usos del Suelo en la Región de Buenaventura	OSSO, 1998
	Cambios en coberturas de áreas y usos del suelo en tres humedales en el Valle del Cauca	Núñez y Madero, 2009
	Análisis espaciotemporal de la incidencia antrópica en la cuenca del río Cauca, en el departamento del Valle, Colombia	Forero, et.al., 2016
Local	Landsat ETM+ image applications to extract information for environmental planning in a Colombian city	Santana, 2007
	Dinámica de la ocupación del suelo en la ciudad de Cali, entre 1984 y 2003, usando imágenes Landsat	Santana et. Al, 2009
	Estimación de un índice de calidad ambiental urbano, a partir de imágenes de satélite	Santana et. Al, 2010
	Influencia de los cambios de ocupación del suelo de Cali (Colombia), entre 1984 y 2003, en la temperatura de superficie	Santana et. Al, 2011
	Estudio de coberturas de la zona plana del municipio de Jamundí para determinar la línea base de los predios destinados al monocultivo de la caña de azúcar, para ser incluidos en el cobro del Impuesto Predial Unificado IPU como destino C1. Municipio de Jamundí (documento de trabajo)	Ortega et. Al, 2012
	Cambios en la cobertura del suelo en el corredor metropolitano Cali – Jamundi (valle del Cauca, Colombia) entre 1984 y 2013. (tesis)	Betancourt, 20015
	Análisis multitemporal de la expansión urbana del municipio de Santiago de Cali, Colombia	Jaramillo, 2016

Fuente: Elaboración propia con base en revisión de literatura

3.7 Teledetección y SIG aplicados a estudios de caña de azúcar

Si bien el uso de la teledetección en cultivos de caña de azúcar es relativamente reciente, entrado este siglo se ha visto un crecimiento en su uso, aunque muchos de los estudios son de carácter netamente investigativo con muy poco uso comercial (Murillo, 2006), bien por la disponibilidad de los datos y la discontinuidad temporal de los mismos, el costo de adquisición de las imágenes, sobre todo si se tratan de imágenes de alta resolución espacial, o por objetivos o necesidades específicas de estudio como el caso la discriminación de la enfermedad “Orange Rust” *Puccinia kuehni* realizado por Apan et al., 2004 (citado en murillo 2006), o el estudio de discriminación varietal realizado por Galvão et al., 2005; Apan et al., 2004A; Fortes,

2003 citado en murillo 2006), predicción de productividad (Bappel et al, 2005A; Carbonell 2000, citado en murillo 2006),

Así, a nivel internacional, el uso de la teledetección aplicada a la caña de azúcar ha presentado resultados significativos para el seguimiento de cultivos y la toma de decisiones frente a aspectos como el ahorro de insumos y la disminución de costos y aumento del rendimiento (Murillo, 2006), con resultados positivos en la estimación de la producción e identificación de enfermedades, malezas, estrés hídrico, así como la distinción de cultivos y sus variedades y por supuesto, su distribución (Murillo, 2006; Murillo y Ali, 2012); así se tiene que su uso a nivel internacional ha estado orientado hacia la aplicabilidad preliminar de esta tecnología, principalmente para la identificación del área sembrada con caña de azúcar, la diferenciación respecto otros usos de la tierra y la discriminación de variedades de caña, como el caso de experiencias en Sudáfrica, Tailandia, Argentina y Brasil, empleando para ello datos de programas la observación de la tierra como los Landsat, NOAA y Spot que presentan series con mayor registro histórico y más continuos (Murillo, 2006).

Dado que a nivel nacional, el cultivo de la caña de azúcar está plenamente identificado y área sembrada con caña es conocida, a diferencia de otros países, a nivel nacional, la investigación básica y aplicada de la teledetección en el cultivo de la caña de azúcar es reciente (Murillo y Ali, 2013), estando relegada debido en parte a factores asociados al conocimiento del área sembrada y cosechada, a la falta de conocimiento, personal calificado y recursos económicos; no obstante esta herramienta representa un gran potencial para este cultivo especialmente para estudios multi-temporales, para el análisis de tendencias de crecimiento y/o propagación del cultivo y establecimiento de sitios de siembra (Murillo, 2006).

En este contexto, los usos de sensores remotos pueden ser catalogados en dos grupos: las investigaciones aplicadas (asociados al pronóstico de la producción) y las de servicios (identificación temprana de malezas, discriminación varietal e identificación de parámetros biofísicos), siendo esta última la de uso más inmediato para el sector debido a su uso operativo y comercial dentro del sector azucarero (Murillo, 2006)

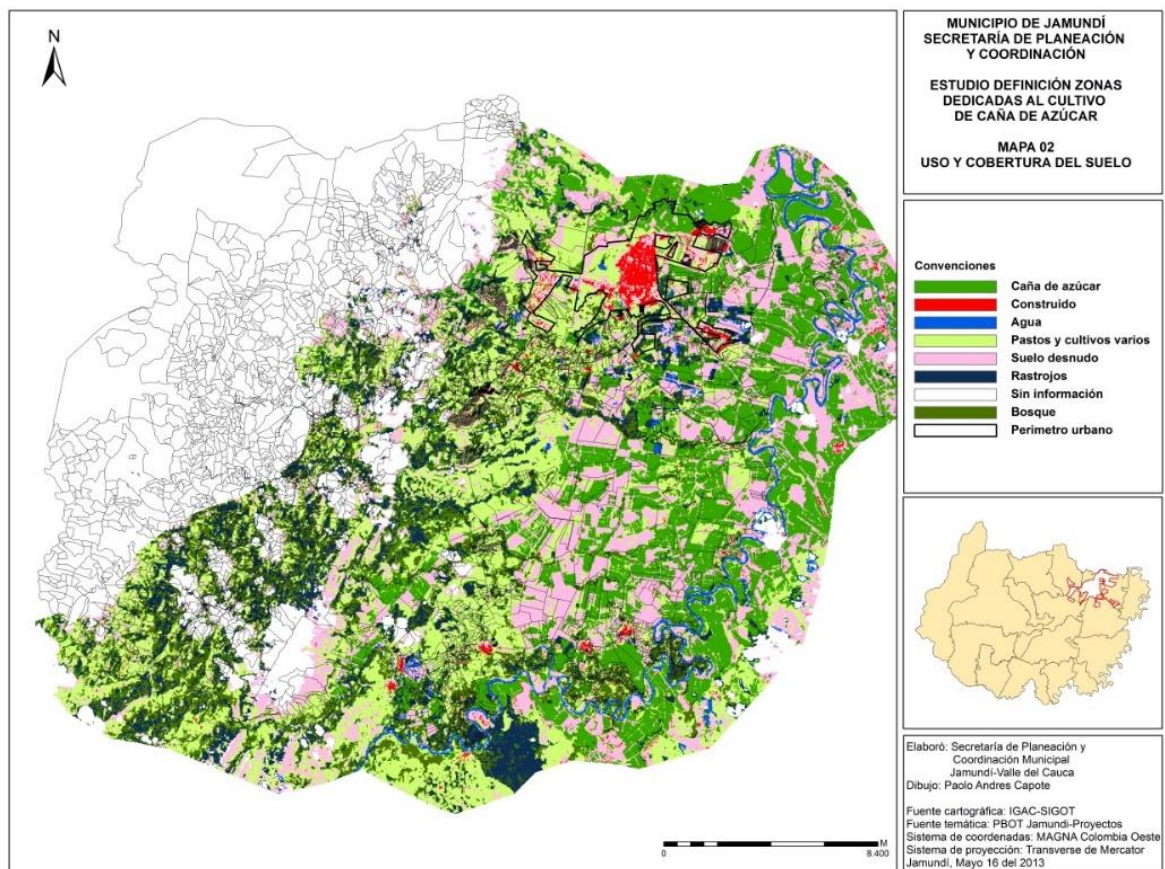
Partiendo de este análisis, Murillo 2006, realizó un estudio en la región azucarera del valle del río Cauca, para identificación de variedades y discriminación de diferencias entre las variedades de caña de azúcar CC 85-92 y CC 84-75 creadas por Cenicaña, a partir de datos Landsat 7 de enero 2 de 2003 y de junio 8 de 2002, empleando las bandas del sensor e índices de vegetación derivados (RVI, NDVI, GNDVI, CP1, CP2, SAVI, ARVI, GVI).

Del anterior estudio, se identificaron las mejores bandas e índices para identificar las variedades, siendo los resultados de la clasificación aceptables para el edades de 4-5 meses, siendo que después del sexto mes las diferencias foliares y espectrales no alcanza a ser apreciable por el sensor Landsat 7 ETM+ dada su

resolución espectral, lo que sugiere la necesidad de usar imagen con mejor resolución espacial; no obstante esto, se considera de interés el uso de los sensores remotos no solo para el monitoreo del cultivo sino también la identificación de variedades como el caso de las registradas por Cenicaña¹¹ o el cultivo de las misma sin autorización,

Para el año 2012, la Secretaría de Planeación y Coordinación del municipio de Jamundí, realizó el estudio de coberturas de la zona plana del municipio de Jamundí para determinar la línea base de los predios destinados al monocultivo de la caña de azúcar, para ser incluidos en el cobro del Impuesto Predial Unificado IPU como destino C1, mediante el procesamiento y clasificación de una imagen Landsat ETM+ del año 2012 y su cruce con la cartografía catastral del municipio (ver mapa 1).

Mapa 1: Uso y Cobertura de la tierra Estudio Predios Cañeros



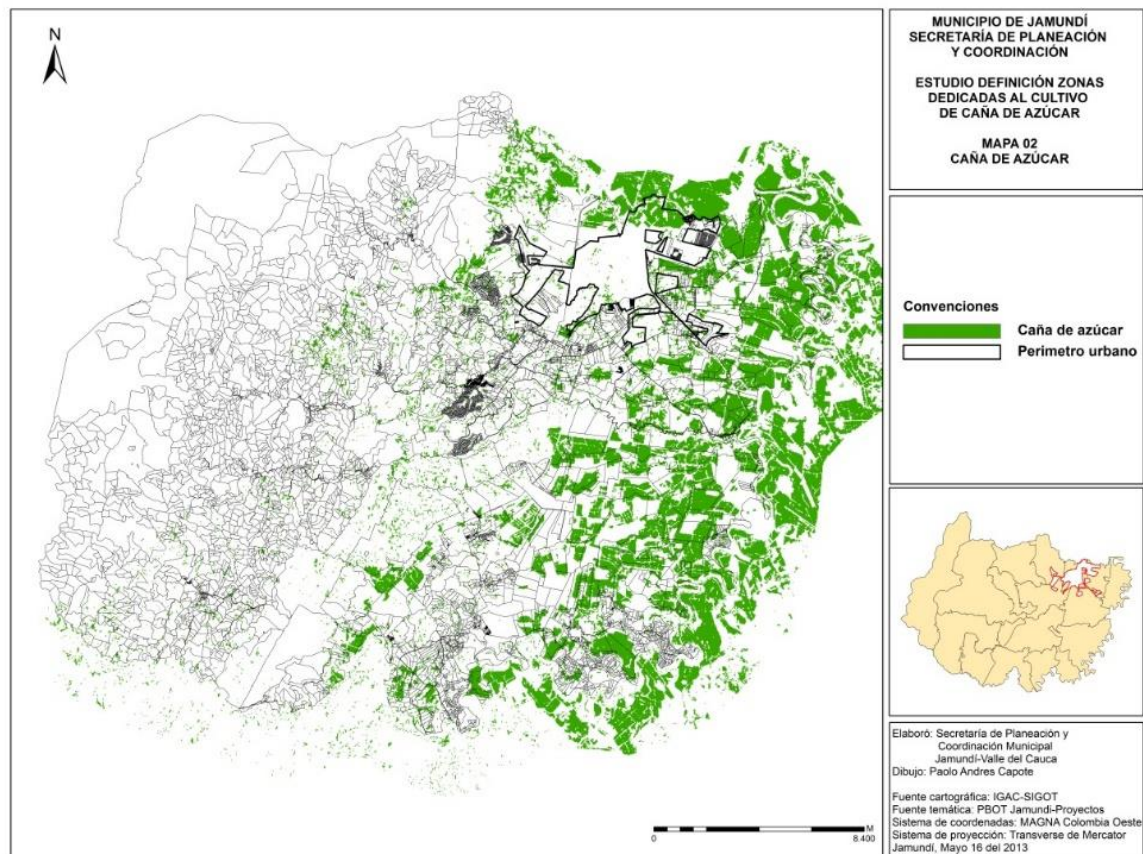
Fuente, Secretaría de Planeación y Coordinación, 2012

¹¹ El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia Cenicaña, a partir de un proceso de mejoramiento y selección, cuenta en su banco de germoplasma con un registro de variedades desarrolladas por ellos, de cuyo uso obtiene una retribución económica vía contrato de licencia y pago de regalías.

Este estudio buscaba a partir de la clasificación de uso y cobertura de la tierra, identificar y seleccionar de los predios dedicados al cultivo de la caña de azúcar, estimándose para ello un área sembrada de 64.41 Km² al obtener una capa temática correspondiente al uso discriminado como 1- caña de azúcar (ver mapa 2).

Una vez obtenida la información de usos y cobertura y definida la cobertura de caña, mediante el cruce de dicha información con la capa predial catastral del municipio mediante el uso de sistemas de información geográfica SIG, se identificaron 326 predios cultivados en caña en el municipio.

Mapa 2: Área dedicada a cultivos de caña de azúcar



Fuente, Secretaría de Planeación y Coordinación, 2012

A partir de esta identificación, se estructuro una línea base de los predios sembrados en caña, con su localización e identificación predial (ver mapa 3), en donde se previó que algunos predios relativamente pequeños cultivados en caña podrían presentar similitudes con respecto a otros cultivos y podrían no haberse incluido, así mismo se encontró que debido a inconsistencia en la información catastral 36 predios que aparecen en la cartografía ya no se encontraban inscritos en la base predial para la vigencia 2013.

4 Marco referencial

4.1 Caña de Azúcar

Nombre científico: <i>Saccharum officinarum</i> L.		
Nombre común: Caña de azúcar, conocida con otros nombres como caña de castilla, caña dulce, cañaduz, cañamelar, cañamiel y Sa-kar		
Clasificación taxonómica	Reino	Plantae
	División	Magnoliophyta
	Clase	Angiospermae
	Sub-clase	Monocotyledoneae
	Súper Orden	Commelinidae
	Orden	Commelinales
	Familia	Poaceae
	Género	<i>Saccharum</i>
	Especie	<i>officinarum</i> L.

> Centro de origen y distribución. La zona de origen de la caña de azúcar se sitúa en las regiones subtropicales y tropicales del sudeste asiático, (Edgerton, 1958 citado de Díaz y Montejó, 2002), fue llevada de India a Persia por Alejandro Magno e introducida por los Árabes en Siria Palestina, Arabia y Egipto de donde se extendió por el continente africano y Europa meridional, para luego ser llevada por Cristóbal Colón a las islas del Caribe y al resto de América entre los años 1500 y 1600. (León, 1987, citado por Peña, 1997, citado en Díaz y Montejó, 2002; FAO,2013)

> Características botánicas: La caña de azúcar es una gramínea tropical perenne, la cual se corresponde con una planta de tallo semileñoso, de hasta dos metros de alto, con hojas largas y flores en panícula; su composición consta de raíz, tallo, hoja e inflorescencia (ver tabla 4)

Tabla 4: Composición de la caña de azúcar			
Raíz o cepa	Es de tipo fibroso, se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos, el 80% de la misma se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo.		
Tallo	Dividido en nudos y entrenudos y compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida llamada el jugo, que contiene agua y sacarosa	Agua	73-73%
		Sacarosa	8-15%
		Fibra	11-16%
Hoja	En forma de vaina, su función principal es proteger a la yema, nace en los entrenudos del tallo		
Inflorescencia	panícula sedosa en forma de espiga de tamaño variables, siendo sus flores hermafroditas completas		

Fuente: Adaptado de Díaz Montejó, 2002

Esta planta está constituida básicamente por agua y carbohidratos (insolubles como la fibra y soluble como la sacarosa, glucosa y fructuosa), siendo la sacarosa el mayor constituyente de la materia seca del tallo maduro estando alrededor del 50%, siendo en todo caso que su proporción depende de la variedad genética, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos, etc. (Díaz Montejo, 2002).

Posee un periodo vegetativo entre 13 y 15 meses y su cosecha se realiza aproximadamente cada año, forma de propagación por rebrote, la cual se realiza mediante la siembra de trozos, a partir de los cuales brota una planta nueva; sus renovaciones se realizan cada cuatro y ocho años; el producto cosechable de la caña de azúcar se corresponde con su tallo, en donde se acumula un jugo rico en sacarosa.

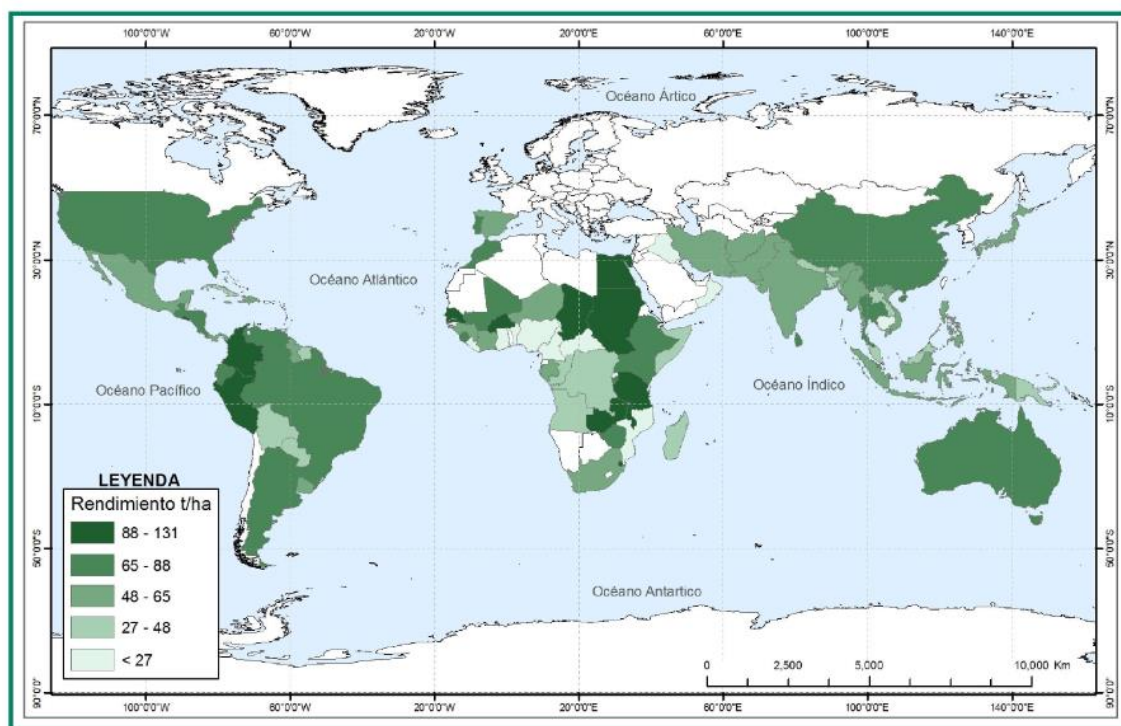
Su cultivo se da bajo las siguientes condiciones generales:

- Altura: va desde alturas de 0 a 1,000 metros sobre el nivel del mar.
- Temperatura: mínimas entre los 14°C y 16°C siendo su óptimo para crecimiento cercana a los 30°C.
- Humedad relativa: entre el 80 - 85% en crecimiento y 45 - 65%, en maduración, siendo que requiere de abundante humedad.
- Luminosidad: dado que asimila de buena manera la radiación solar puesto que entre más sea, mayor será la actividad fotosintética.
- Precipitación: anual de 1500mm a 1800mm.
- Ph: entre 5.5 y 7.5 estando su óptimo entre los 6 y 8.
- Relieve: para su cultivo requiere de una topografía plana y semiplano, con suelos sueltos, profundos y fértiles, bien drenados.

4.1.1 Cultivo Agroindustrial de la caña de azúcar

El cultivo agroindustrial de la caña de azúcar presenta una amplia variabilidad y capacidad de adaptación ante condiciones climáticas, de suelo y de manejo, toda vez que la caña responde a variadas condiciones agroecológicas de temperatura, luminosidad, precipitación y calidad de suelos, siendo posible encontrar este cultivo en zonas intertropicales o subtropicales dentro de variadas condiciones climatológicas, encontrándose en alrededor de 130 países (ver mapa 3), en donde para el año 2002 se contaba con un área de producción de 19,24 millones de hectáreas en Asia (42,5%), América (47,7), África (7,4) y Oceanía (2,4) (Díaz Montejo, 2002)

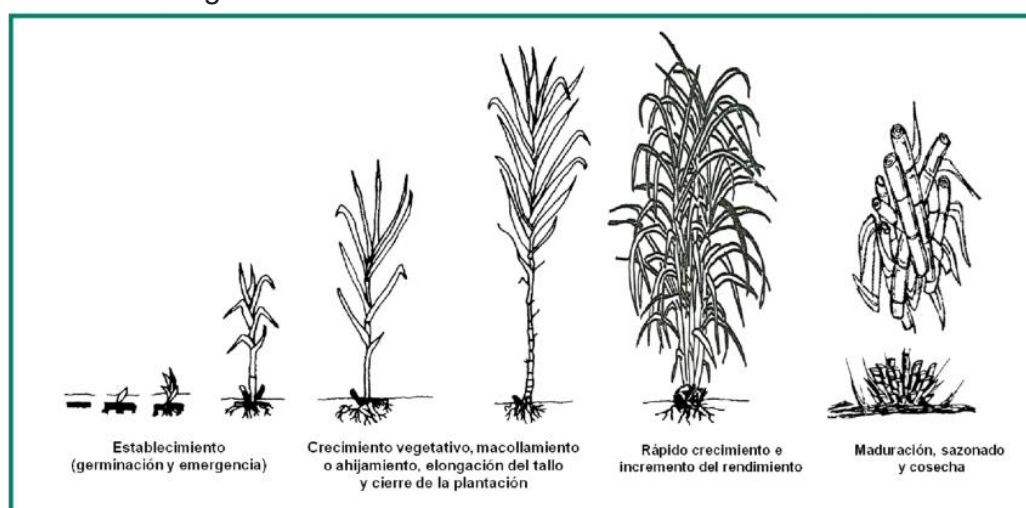
Mapa 3: Rendimiento de campo de países productores de caña de azúcar (con datos de FAOSTAT, 2009)



Fuente: Tomado de Aguilar Rivera, 2010

El cultivo agroindustrial de la caña de azúcar se compone de cuatro fases generales (ver figura 8 y tabla 5):

Figura 8: Fases del Cultivo de la Caña de Azúcar



Fuente: Aguilar Rivera. 2010

Tabla 5: Fases en el Cultivo de la Caña de Azúcar	
Fase	Descripción
1. Establecimiento	De 30 a 50 días , implica germinación y emergencia, ya sea en plantación (plantillas) o en rebrote o retoños (socas y resocas) de los cuales crecerán nuevos tallos (macollamiento).
2. Crecimiento vegetativo	De 50 a 70 días, da lugar al macollamiento o ahijamiento (ramificación subterránea múltiple), elongación del tallo y cierre de la plantación; los hijuelos o retoños que se forman primero dan origen a tallos más gruesos y pesados.
3. Crecimiento	De 180 a 220 días, Comprende desde el cierre del dosel hasta el inicio del periodo de madurez de los tallos; en la primera etapa de esta fase ocurre la estabilización de los retoños (sólo el 40 - 50% sobrevive y llega a formar cañas triturables) con la formación y elongación real de la caña (4-5 nudos por mes).
4. Maduración y Cosecha	De 60 a 140 días, se inicia alrededor de dos a tres meses antes de la cosecha para cultivos con ciclo de 12 meses, y de los 12 a los 16 meses de edad para los que completan el ciclo en 18 a 24 meses; aquí se reduce el riego, deteniendo el crecimiento y se propicia la acumulación de carbohidratos y la conversión de azúcares reductores (glucosa y fructosa) a sacarosa. La maduración de la caña ocurre desde la base hacia el ápice. La cosecha se inicia antes de la floración (12 a 18 meses después de la siembra) mediante un corte en la base del tallo, el cual se hace de forma manual o mecánica, la paja se elimina manualmente o mediante quema previamente a la cosecha.

Fuente: Adaptado de Aguilar Rivera. 2010

El patrón espacial del cultivo de caña de azúcar por lo general se corresponde con lotes simétricos y uniformes denominados suertes (ver figura 9), sembradas en surcos en líneas rectas o en contorno trazados con gradientes de 1 a 2%.

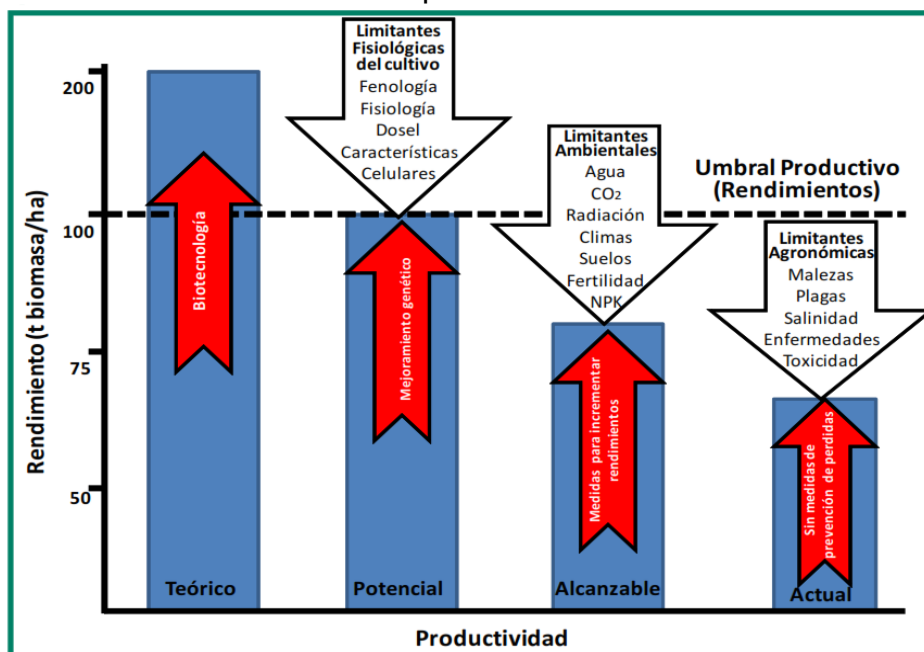
Figura 9. Patrón Espacial de Cultivo de Caña



Fuente: GoogleEarth, 2018

En cuanto a su producción, se ha establecido que dado los factores limitantes de la productividad de este cultivo (ver figura 10), los rendimientos máximos solo alcanzan aproximadamente un 65 % del rendimiento teórico, estando en un promedio de 120 toneladas por hectárea, con un rendimiento promedio en sacarosa del 11.6%.

Figura 10: Factores limitantes de la productividad del cultivo de caña de azúcar



Fuente: Aguilar Rivera, 2010

Ante esta situación, el conocimiento de las condiciones ambientales, meteorológicas y edafológicas de las regiones, junto con el conocimiento de las fases fenológicas de la planta, permiten maximizar los rendimientos de caña (Hunsigi, 2001. Citado por Aguilar Rivera 2010), contando así con diversas variedades para su cultivo, de cuya elección se pueden obtener resultados diferentes durante o al final de una molienda, de las cuales las variedades comerciales son en su mayoría híbridos interespecíficos principalmente de *Saccharum officinarum* L., *Saccharum spontaneum* L y *Saccharum robustum* (Aguilar Rivera. 2010).

Para el caso de Colombia, gracias al Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia Cenicaña, para el Valle del Cauca se han identificado 52 zonas agroecológicas, a partir de las cuales han determinado las variedades de caña que darían mejores rendimientos (Ramos, 2005), contándose así con el Catálogo de Variedades de Caña de Azúcar, el cual comprende 54 variedades destacadas por su adaptación y productividad de acuerdo con las zonas agroecológicas y el conocimiento agronómico (Victoria et al, 2013), diez y ocho variedades CC (Cenicaña Colombia) seleccionadas recientemente, y treinta y seis variedades

conocidas entre nacionales e importadas (Cenicaña Colombia, Sao Palo Brasil, México, Puerto Rico, República dominicana, Venezuela), las cuales se corresponden con variedades de adaptación particular con el objeto de reducir costos al tiempo que aumente la productividad

De lo anterior, la caña de azúcar se ha convertido en el cultivo agroindustrial de mayor importancia, no solo para la producción de edulcorantes a partir del jugo extraído, sino también para la fabricación de etanol para uso energético (Díaz Montejo, 2002), fibras, fertilizantes y otros productos derivados (ver tabla 6)

Tabla 6: Productos Derivados de la Caña de Azúcar	
Productos	Subproductos
Mieles	Meladura, miel virgen, miel rica invertida, miel, masa cocida, miel final ó melaza
Azúcares	Azúcar crudo, azúcar blanco, azúcar blanco especia, azúcar refinado,
Panela	En bloque, triturada
Biocombustibles	Alcohol carburante, etanol
Abonos	Cachaza, cenichaza, vinaza
Otros	Vinagre, ácido cítrico, citrato de sodio dihidratado, citrato de calcio (o sal amarga), acetato de etilo, papel, paneles de fibras, combustión del bagazo hojas y bagazo son utilizadas en alimento para ganado vacuno y porcino

Fuente: Procaña, 2017

4.1.2 Caña de azúcar en Colombia

Aun cuando la participación de Colombia en la producción mundial de caña de azúcar es de cerca del 2%, el país se encuentra situado dentro de los 15 primeros productores mundiales, los cuales llegan a concentrar el 86.0% del área cultivada y el 87.1% de la producción de caña a nivel internacional (Joya y López, 2013), siendo un país superavitario y exportador.

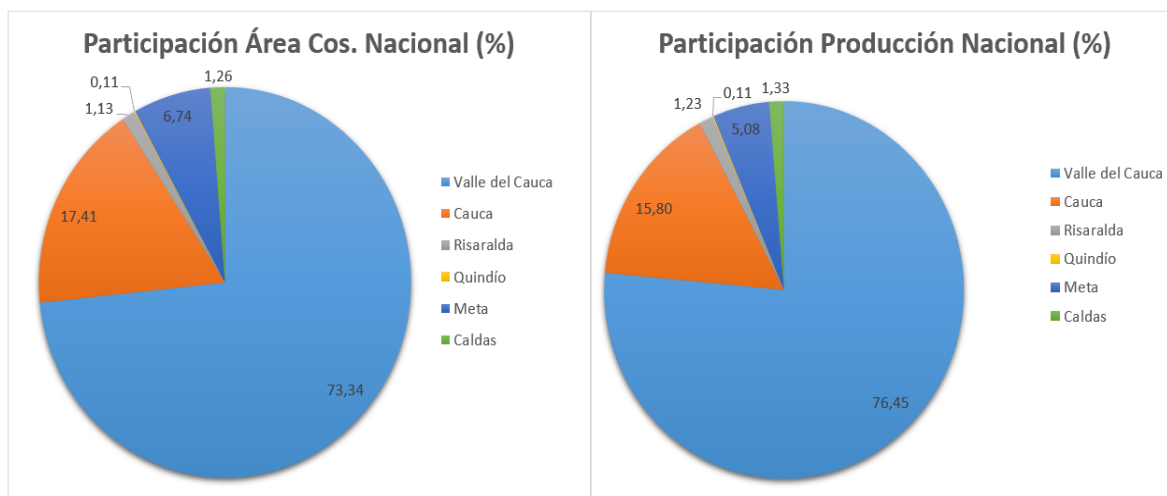
A nivel nacional, a 2015 la agroindustria de la caña de azúcar reasentaba el 0,7% del PIB total del país, representado por un 3,7% del PIB Agrícola (solo componente agrícola) y el 2,7% del PIB industrial (solo componente industrial) del país (Asocaña, 2017), su cultivo se desarrolla en diferentes zonas que van desde el nivel del mar hasta los 2.000 de altura, estando localizados en los departamentos del Valle del Cauca, Cauca, Risaralda, Quindío, Meta y Caldas(ver tabla 7), siendo que este se localiza principalmente sobre el valle geográfico del río Cauca, desde el departamento del Cauca hasta Risaralda, encontrándose presente en más de 47 municipios.

Esta situación ha permitido la conformación de un clúster azucarero (Ramos, 2005) compuesto por agricultores, y por la industria sucroquímica representada por ingenios azucareros, empresas de alimentos, bebidas y licores, productores de alcohol y productos de papel, cogeneradores de energía y otras empresas proveedoras de los bienes y servicios asociados (Espinal, et al, 2005), en donde el valle del cauca se presenta como el departamento con mayor representación en el cultivo de la caña de azúcar (ver tabla 7) concentrando el 73,34% del área cosechada nacional, seguido por el departamento del cauca con el 17,41 (ver gráfico 1).

Tabla 7: Área Cosechada y Producción de Caña de Azúcar por Departamento – año 2016		
Departamento	Área Cosechada.(ha)	Producción (Tn)
Valle del Cauca	160.894,63	18.702.843,94
Cauca	38.200,98	3.864.883,57
Risaralda	2.486,89	301.922,56
Quindío	234,11	27.825,23
Meta	14.796,80	1.242.931,20
Caldas	2.765,51	324.456,03

Fuente: Elaboración propia con base en Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Agronet, 2018

Grafico 1: participación por Área Cosechada y Producción de Caña de Azúcar por Departamento 2016



Fuente: Elaboración propia con base en Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Agronet, 2018

4.1.3 Caña de Azúcar en el Valle del Cauca

El cultivo de la caña de azúcar en el Valle del Cauca se remonta al siglo XVI, cuando Sebastián de Belalcázar la introdujo y sembró en su estancia, momento a partir del cual se empezó a sembrar en las tierras de los estancieros más grandes de la zona junto con la instalación de trapiches, dando paso al desarrollo de los primeros cultivos comerciales de caña (Bermúdez Escobar, 1997; Ramos, 2005).

Posteriormente, gracias a la demanda de productos de la estancia como las mieles, el azúcar y los aguardientes junto con otros productos derivados de la caña como la “raspadura, alfandoque, alfeñique, melcocha, guarapo, aguardiente, miel, azúcar, miel de purga y rallado (dulce que se hacía con cáscara de naranja, limones o sidras), se requirió de la construcción de galpones de beneficio dotados con su correspondiente trapiche, horno y pailas la construcción de acequias para el riego, roturación de la tierra y el uso intensivo de arados, que al final permitieron el surgimiento de los primeros ingenios azucareros en la región.

De esta manera la caña de azúcar se abrió paso, convirtiéndose en el cultivo más importante de la región, situación que se mantuvo hasta el siglo XIX cuando la industrialización del país aceleró el surgimiento de los modernos ingenios del siglo XX (Bermúdez Escobar, 1997).

En este contexto, el Valle del Cauca no solo debido a su localización geográfica y las condiciones agroclimáticas privilegiadas, sino también gracias a la infraestructura construida, el desarrollo del conocimiento y de tecnología en torno al sector azucarero y la articulación de políticas a nivel nacional y regional junto con cooperación por parte del empresariado azucarero (Joya y López, 2013), ha contado con las condiciones necesarias para el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar, permitiendo la siembra y cosecha y la generación de productos y subproductos derivados de este a lo largo de todo el año.

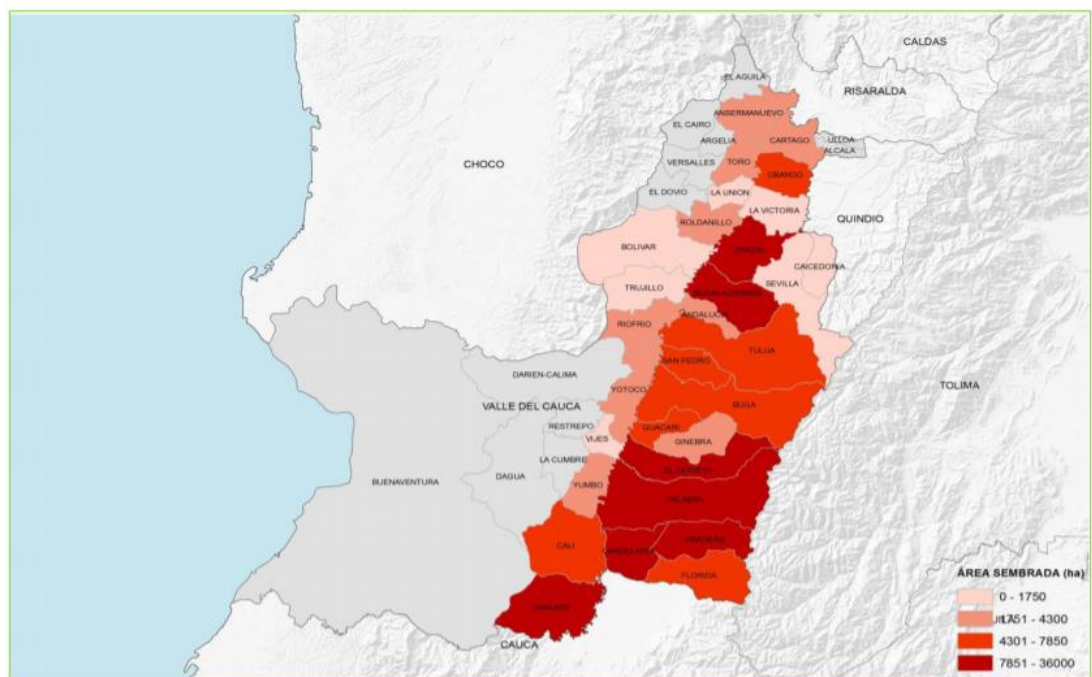
De lo anterior, en la actualidad se tiene que este cultivo se localiza en 30 de los 42 municipios del departamento, a lo largo del valle geográfico del río Cauca, siendo su mayor producción concentrada en los municipios de la margen oriental del mismo (ver mapa 4), en donde de los 12 ingenios asociados a Asocaña, 9 se encuentran en jurisdicción de este departamento.

El cultivo de la caña de azúcar sigue estando en el primer renglón en el sector agrícola del Valle del Cauca, en cuanto representa el cultivo con mayor área sembrada, área cosecha, producción y rendimiento; para el año 2014 participaba con el 51,3% del área sembrada, siendo que este fue uno de los cultivos que experimentó una variación positiva respecto al año 2013 con un aumento del 4,0% (ver tabla 8).

Tabla 8. Principales Cultivos por Área Sembrada en el Valle del Cauca - Año 2014				
Cultivo	Área Sembrada (ha)		Variación %	Participación %
	2013	2014		
Total	350.110	353.910	1,1	100,00
Caña Azucarera	174.607	181.663	4,0	51,3
Café	68.395	67.573	-1,2	19,1
Plátano	28.799	30.364	5,4	8,6
Maíz Tecnificado	16.939	14.686	-13,3	4,1
Caña Panelera	6.992	7.151	2,3	2,0
Banano	7.489	7.063	5,7	2,0
Cítricos	6.511	6.368	2,2	1,8
Chontaduro	3.491	3.305	-5,3	0,9
Arroz Mecanizado	5.622	3.241	-42,4	0,9
Maíz Tradicional	3.352	3.038	-9,4	0,9
Otros Cultivos	27.913	29.458	5,5	8,3

Fuente: Tomado de Evaluaciones Agropecuarias Municipales, MADR 2014

Mapa 4: Municipios con área sembrada del cultivo de caña de azúcar en 2014

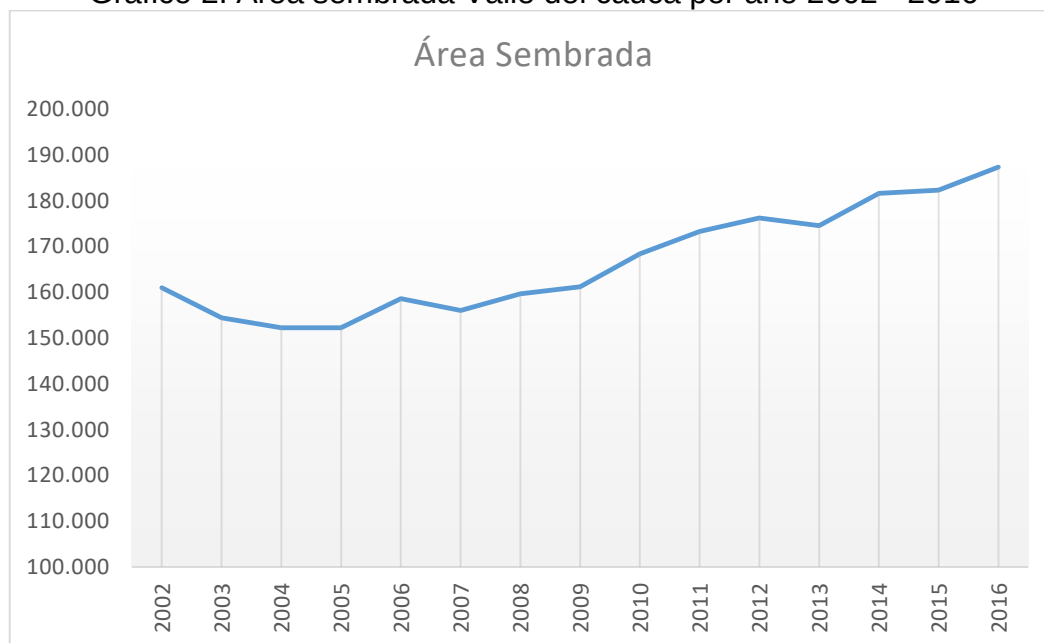


Fuente: Tomado de Evaluaciones Agropecuarias Municipales, MADR 2014

Conforme las evaluaciones agropecuarias municipales del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, con datos disponibles para el periodo 2002 al 2016 (ver tablas 9A, 9B y 9C), se encontró que la superficie de área sembrada en caña en el departamento del Valle del Cauca sigue una tendencia a aumentar, si bien para los

años 2002 a 2005 se presentó una disminución de 8.700 has (pasando de 161.026,00 has en el año 2002 a 152.302 has en el año 2005), a partir de esta fecha se empieza a ver un despunte en la superficie sembrada en caña, situación esta que en términos generales se ha mantenido hasta el año 2016 como se puede observar en el gráfico 2, pese a ciertos picos negativos prestados hacia los años 2007 y 2013.

Grafico 2: Área sembrada Valle del Cauca por año 2002 - 2016



Elaboración propia con base en Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Agronet, 2018

Municipio	2002	2003	2004	2015	2006
Palmira	34.370,00	33.734,00	33.628,00	33.748,00	33.839,00
Candelaria	21.570,00	20.676,00	20.317,00	20.600,00	20.737,00
El Cerrito	12.809,00	12.341,00	12.722,00	12.786,00	12.576,00
Jamundí	6.885,00	6.709,00	6.975,00	7.097,00	6.987,00
Pradera	9.997,00	9.797,00	8.807,00	8.795,00	8.901,00
Bugalagrande	9.004,00	8.196,00	7.887,00	7.942,00	7.694,00
Zarzal	8.093,00	5.522,00	5.418,00	5.426,00	5.533,00
Tuluá	7.045,00	7.558,00	7.356,00	7.083,00	8.609,00
Florida	7.326,00	7.026,00	6.597,00	6.567,00	6.567,00
Guacarí	6.700,00	6.174,00	6.238,00	6.267,00	6.568,00
Buga	6.062,00	5.848,00	5.910,00	5.938,00	6.200,00
Otros	31.165,00	30.870,00	30.425,00	30.053,00	34.423,00
Total	161.026,00	154.451,00	152.280,00	152.302,00	158.634,00

Tabla 9B: Área sembrada (has) en caña de azúcar por municipio 2002- 2016					
Municipio	2007	2008	2009	2010	2011
Palmira	33.900,00	34.685,00	35.240,00	35.264,00	33.816,00
Candelaria	21.377,00	21.379,00	20.755,00	22.132,00	22.389,00
El Cerrito	12.630,00	12.515,00	12.924,00	13.197,00	13.998,00
Jamundí	7.709,00	8.478,00	7.675,00	8.668,00	9.152,00
Pradera	8.531,00	9.064,00	9.367,00	9.223,00	9.549,00
Bugalagrande	7.923,00	8.022,00	8.709,00	8.773,00	9.149,00
Zarzal	5.726,00	7.917,00	5.108,00	8.280,00	8.635,00
Tuluá	7.456,00	6.955,00	7.618,00	7.178,00	7.378,00
Florida	6.813,00	7.602,00	7.050,00	6.990,00	7.594,00
Guacarí	6.506,00	6.413,00	6.293,00	6.451,00	6.679,00
Buga	5.842,00	6.599,00	6.280,00	6.732,00	6.442,00
Otros	31.652,00	30.034,00	34.167,00	35.561,00	38.562,00
Total	156.065,00	159.663,00	161.186,00	168.449,00	173.343,00

Tabla 9C : Área sembrada (has) en caña de azúcar por municipio 2002 - 2016					
Municipio	2012	2013	2014	2015	2016
Palmira	34.303,00	33.988,00	35.623,70	36.492,73	37.134,14
Candelaria	22.773,00	22.564,00	22.907,90	23.426,39	23.920,78
El Cerrito	14.238,00	14.108,00	15.694,90	15.814,31	16.313,46
Jamundí	9.309,00	9.224,00	8.938,81	9.400,26	9.315,90
Pradera	9.713,00	9.624,00	9.176,26	9.180,19	9.224,55
Bugalagrande	9.306,00	9.220,00	8.310,07	7.689,91	9.201,39
Zarzal	8.781,00	8.699,00	8.591,97	8.753,40	8.816,95
Tuluá	7.505,00	7.436,00	7.827,70	7.889,04	7.846,01
Florida	7.724,00	7.653,00	7.370,07	7.674,39	7.808,83
Guacarí	6.794,00	6.732,00	7.581,92	6.589,03	6.985,78
Buga	6.552,00	6.492,00	6.659,85	6.634,64	6.338,44
Otros	39.227,00	38.867,00	42.979,49	42.815,13	44.430,42
Total	176.225,00	174.607,00	181.662,64	182.359,42	187.336,65

Elaboración propia con base en Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Agronet, 2018

Para el año 2016 el departamento del Valle del Cauca contaba con 187.336 has sembradas en caña de azúcar, en donde los tres primeros municipios ocupan el 41,3% del total sembrado, liderado por Palmira con el 19,82%, Candelaria con el 12,77% y El Cerrito con el 8,71% (ver tabla 10), municipios estos localizados en la margen oriental del río Cauca, los cuales poseen una extensión considerable en zona plana dentro del valle aluvial de río Cauca

Tabla 10. Área sembrada, área cosechada, producción y rendimiento del cultivo de caña azucarera en el Valle del Cauca 2016				
Municipio	Sembrada	Cosechada	Producción	Rendimiento
Palmira	37.134,14	31.892,76	3.818.538,06	119,73
Candelaria	23.920,78	20.544,43	2.444.787,24	119,00
El Cerrito	16.313,46	14.010,87	1.681.303,83	120,00
Jamundí	9.315,90	8.000,99	864.176,07	108,01
Pradera	9.224,55	7.922,53	940.396,73	118,70
Bugalagrande	9.201,39	7.902,64	940.414,53	119,00
Zarzal	8.816,95	7.572,47	857.726,60	113,27
Tuluá	7.846,01	6.738,57	808.602,11	120,00
Florida	7.808,83	6.706,63	737.269,70	109,93
Guacarí	6.985,78	5.999,76	678.425,25	113,08
Buga	6.338,44	5.443,78	623.520,30	114,54
Otros municipios	44.430,42	38.159,20	4.307.683,52	112,89
Departamento	187.336,65	160.894,63	18.702.843,94	116,24

*producción expresada en caña para molienda

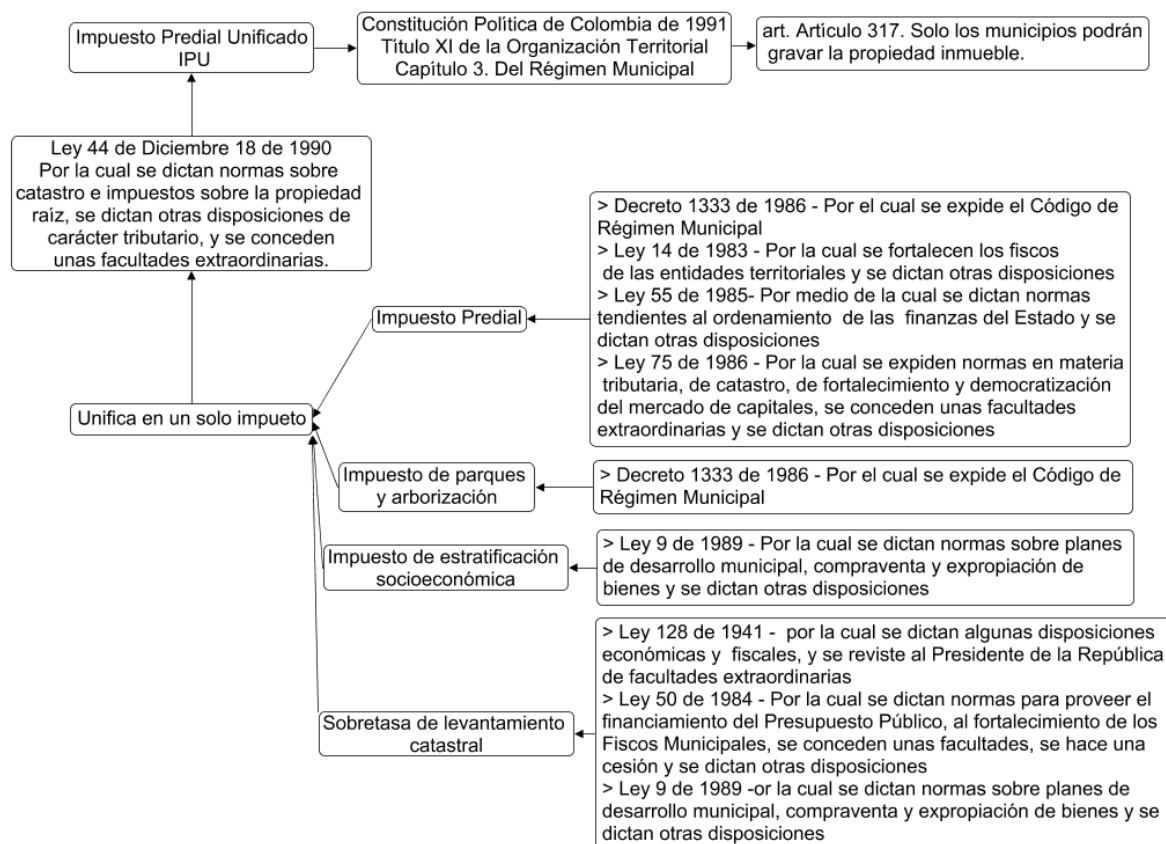
Fuente: Elaboración propia con base en Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Agronet, 2018

4.2 Impuesto Predial Unificado IPU

El impuesto Predial Unificado IPU se corresponde con un tributo de carácter municipal, el cual se viene cobrando por parte de los municipios, quienes imponen una carga tributaria sobre los bienes raíces en su territorio, amparados en la Ley 44 de 1990, la Constitución Política de 1991 y demás Decretos, Resoluciones y Acuerdos que le complementan (Camacho et al, 2017).

Dicho impuesto, se encuentra autorizado por la Ley 14 de 1983, el Decreto ley 1333 de 1986, Ley 44 de 1990, Ley 1430 de 2010, Ley 1450 de 2011; a partir del año 1990, conforme la Ley 44 de Diciembre 20 1990 “Por la cual se dictan normas sobre catastro e impuestos sobre la propiedad raíz, se dictan otras disposiciones de carácter tributario, y se conceden unas facultades extraordinarias” fusiona en un solo impuesto 4 gravámenes inmobiliarios correspondiente al Impuesto Predial, el Impuesto de Parques y Arborización, el Impuesto de Estratificación Socioeconómica y la Sobretasa de Levantamiento Catastral (ver figura 11).

Figura 11: Diagrama de leyes que rigen el Impuesto Predial Unificado IPU



Fuente: Elaboración propia con base en información documental

Para el cobro del impuesto predial unificado se considera la existencia de los predios dentro de la jurisdicción del municipio, siendo su base gravable el avalúo catastral y la tarifa la fijada por EL concejo municipal para la vigencia fiscal, lo cual se resume así (Ver tabla 11):

Tabla 11: Componentes del impuesto predial unificado IPU	
Hecho generador	Existencia de bienes inmuebles en jurisdicción del municipio
Causación	Cada vigencia fiscal
Periodo gravable	Entre el primero de enero y el 31 de diciembre del año gravable
Sujeto activo	Municipio
Sujeto pasivo	Persona natural o jurídica, propietaria o poseedora de predios ubicados en la jurisdicción del Municipio
Base gravable	Valor del predio determinado mediante avalúo catastral
Tarifa	Las señaladas por el concejo
Calculo	Multiplicar avalúo catastral por la tarifa asignada

Fuente: elaboración propia con base en información documental

La administración, recaudo y control de este impuesto se encuentra en cabeza de cada municipio, estando estos autorizados para cobrarle a los predios en jurisdicción de los mismos, siendo su base gravable el avalúo catastral asignado por la autoridad catastral competente y su tarifa la definida por el Concejo Municipal para cada vigencia fiscal.

Para ello, la Ley 44 de 1990 establece que dichas tarifas deben fijarse de manera diferencial y progresiva teniendo en cuenta para ello los estratos socioeconómicos, los usos de la tierra y la antigüedad de la formación catastral; en el artículo 4° modificado por el artículo 23 de la Ley 1450 de 2011, establece que la tarifa del impuesto predial unificado oscilará entre el 5 por mil y el 16 por mil del avalúo, siendo que para el caso de terrenos urbanizables no urbanizados y urbanizados no edificados esta podrá ser superior sin exceder el 33 por mil.

Este impuesto al ser de carácter municipal, se convierte, junto con el impuesto de industria y comercio, en una de las dos principales fuentes de ingresos corrientes de libre destinación más importantes a nivel municipal, con los cuales puede financiar sectores que no pueden ser cubiertos por los recursos del nivel nacional (Bernal, Castañeda; 2016), razón por la cual lograr el incremento de su recaudo es necesario con el objeto de lograr ingresos suficientes para sustentar la oferta de bienes públicos locales y atender las necesidades y obligaciones del municipio (Camacho et al, 2017)

5 Municipio de Jamundí

5.1 Consideraciones Iniciales

Jamundí es un municipio que en los últimos años viene experimentando una gran dinámica demográfica, residencial y urbanística, vinculada a los nuevos desarrollos residenciales y de vivienda que se viene adelantando.

Es un municipio con una oferta ambiental importante, por la presencia de fuentes hídricas importantes y suelos productivos; no obstante, esto, presenta un alto grado de intervención y deterioro ambiental asociado a diversas actividades como la explotación minera, agropecuaria y la explosión urbanística y demográfica de los últimos años.

5.2 Localización

El municipio de Jamundí se localiza en la zona sur del departamento del Valle del Cauca, limitando al norte con el municipio de Santiago de Cali y al occidente con Buenaventura, mientras al sur limita los municipios de Buenos Aires y Santander de Quilichao y al oriente con Puerto Tejada y Villarrica en el departamento de Cauca (ver mapa 5).

Mapa 5: Localización General del Municipio



Fuente: Elaboración propia

5.3 Características generales

El Municipio de Jamundí posee una extensión de 577 km², de la cual 146,3 km² pertenece a la zona plana correspondiente al valle aluvial del río Cauca y los 430,7km² restantes a la zona de piedemonte y montaña (PBOT – Jamundí, 2002) con alturas que oscilan entre los 975m en la zona plana y los 4.200 msnm en los Farallones de Cali.

5.3.1 División Político-Administrativa

Administrativamente está conformado por 21 corregimientos (ver mapa 6), 106 veredas (ver tabla 19) y siete (7) centros poblados (ver tabla 12 y 13) incluyendo el centro penitenciario (DIVIPOLA, 2017) como se puede apreciar en el mapa 7, así mismo en el municipio se encuentra localizado el resguardo indígena Kwe'sKiwe Nasa, al cual se vinculan los cabildos Bellavista, La Despensa, Cristales, La Cristalina, Chorrera Blanca, Las Pilas, Nueva Ventura.

A nivel urbano, entre barrios, urbanizaciones, conjuntos y condominios cuenta con 153 divisiones administrativas (ver mapa 7), siendo que cuenta además con un importante número de parcelaciones y conjuntos residenciales en zona rural

Tabla 12: División administrativa por corregimientos	
Corregimiento	Veredas
Ampudia	El Descanso, Río Claro, La Garganta, La mina, La Pradera y Miravalle.
Bocas del palo	Colindres, La Isla y Santa Bárbara.
Chagres	
Guachinte	La Ferreira y Varejonal.
La Liberia	Berlín, El Cabuyo, El crucero, El Recreo, Guadualito, La Balastreira, La Bertha, La Cabaña, La Cima, La Ferreira, La Guinea, La Piñita y Pitalito.
La ventura	
Paso de la bolsa	Puente Palo y Sánchez.
Peón	El Chontaduro.
Potrerito	Gato de Monte, Loma de Piedra, Potrerillo, Pueblo Nuevo, Río Claro y Tres Esquinas.
Puente Vélez	Alto Vélez, Peñas Negras y Rancho Alegre.
Quinamayó	Cascajal, El Algodonal, El Avispal, Guarino, Playa Amarilla, Playa larga y Tabaquito.
Robles	El Progreso, La Portada y Tinajas.
San Antonio	Bellavista, Cascarillal, El Bosque, El cedro, El Diamante, El Oso, Hueco Oscuro, La Cristalina, La Despensa, La Ortíz, La Profunda, La Olga, Los Cristales, Mata de Guadua, Mira Valle, Patio Bonito, Río Claro Y San Miguel.
San isidro	El Guabal y El Triunfo.
San Vicente	El Jordán, El Morro, La Estrella, La Irlanda, La Isla, La Primavera, San Pablo, Faldiqueras y La Clavellina.
Timba	Naranjal, Plan de Morales, Pomarrosal, La Bertha y La Ferreira.
Villa Colombia	Chorrera Blanca, El Crucero, El Desacanso, El Siliencio, El Tabor, La Nueva Ventura, La Playa, Las brisas, La Selva, Las Pilas, Loma Larga y Santa Rosa.
Villa paz	Cañitas, El Burrito, Mamangela, Mandiva y Remolino.
La meseta	Carrizal, El Destierro, Comuneros, El Alba, El Campito, El Palmar, El Pital, El Placer, La Borrascosa y Timbita.

Fuente: PBOT Jamundí, 2002

Tabla 13: Centros poblados por corregimiento	
Corregimiento	Centros poblados
San Vicente	La Estrella
San Isidro	El Guaval La Cárcel, y El Triunfo
San Antonio	Cascarillal
Potrerito	Gato de Monte y Pueblo Nuevo

Fuente: Divipola 2017, PBOT Jamundí, 2002

REPUBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE GEOGRAFIA

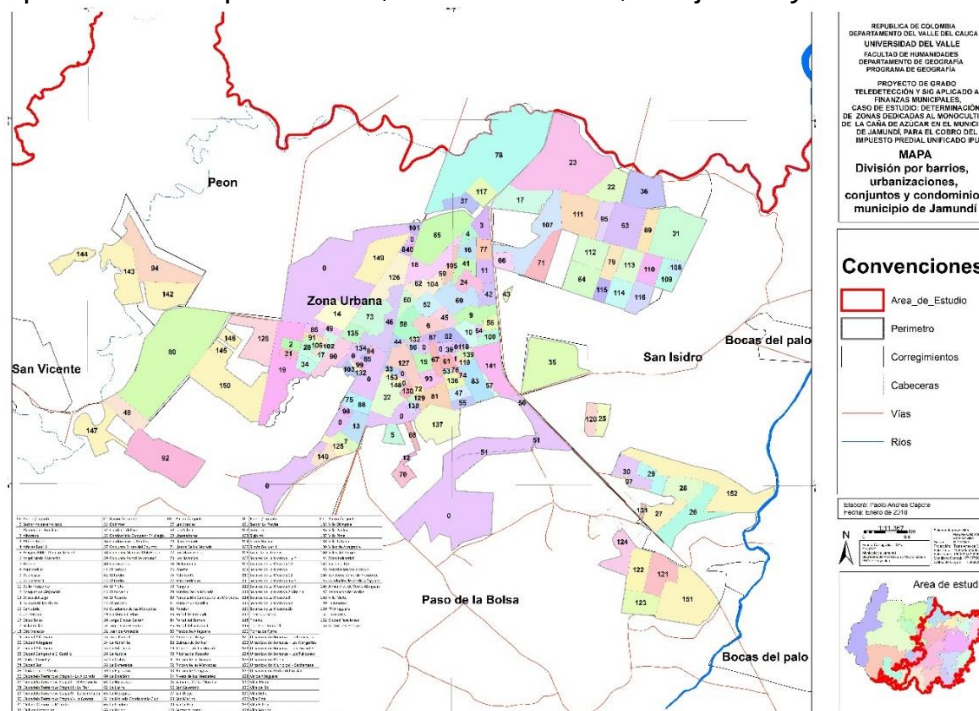
PROYECTO DE GRADO
TELEDETECTIVIDAD Y SIG APLICADO A
FINANZAS MUNICIPALES
CASO DE ESTUDIO: DETERMINACION
DE ZONAS DEDICADAS AL MONOCULTIVO
DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO
DE JAMUNDÍ, PARA EL COBRO DEL
IMPUESTO PREDIAL UNIFICADO (IPIU)

MAPA
División Politico
Administrativa del
municipio de Jamundí

Convenciones

Provincia	Paseo
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	Puerto Rico
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Robles
Corregimiento	San Antonio
Corregimiento	San Vicente
Corregimiento	San Isidro
Corregimiento	Boca del Palo
Corregimiento	Paso de la Bolsa
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia
Corregimiento	Timba
Corregimiento	Robles
Corregimiento	Quinamay
Corregimiento	Chagres
Corregimiento	Potrerito
Corregimiento	La Meseta
Corregimiento	Villa Colombia
Corregimiento	Ampudia
Corregimiento	Guachinte
Corregimiento	La Ventura
Corregimiento	La Liberia

Mapa 7: División por Barrios, Urbanizaciones, Conjuntos y Condominios.



58

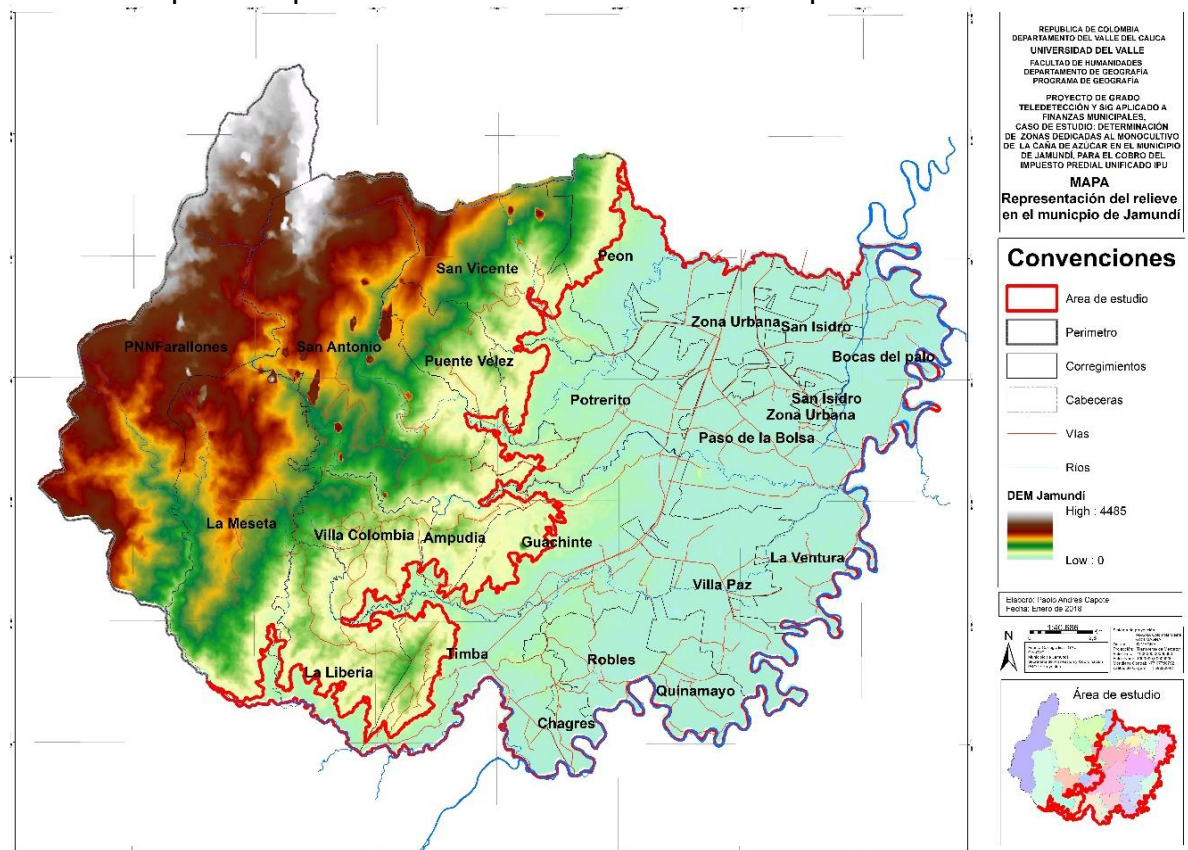
5.3.2 Características Biofísicas

El municipio de Jamundí, cuenta con un y alta biodiversidad representada por su fauna y flora, favorecido por contar con un área significativa dentro de la jurisdicción del Parque Nacional Natural Farallones de Cali y por una importante oferta hídrica asociada a las cuencas de los ríos Jamundí, Claro y Timba y sus tributarios, junto con el sistema de humedales y madre viejas asociadas al río Cauca.

5.3.2.1 Fisiografía

El municipio de Jamundí, cuenta con dos unidades fisiográficas a decir la vertiente occidental de la cordillera Occidental y la cuenca del río Cauca, situación que permite la diferenciación de tres zonas: una zona plana, una de piedemonte y otra de montaña. El PBOT del año 2002 establece una extensión de 577 km², de la cual 146,3 km² pertenece a la zona plana correspondiente al valle aluvial del río Cauca y los 430,7 km² restantes se corresponde con la zona de piedemonte y montaña de la Cordillera Occidental, el mapa 10 presenta el modelo digital de elevación para el municipio de Jamundí, en donde se aprecia la situación del mismo. (ver mapa 8).

Mapa 8: Representación del relieve en el municipio de Jamundí



Fuente: elaboración propia con base en datos ASTER GDEM 2

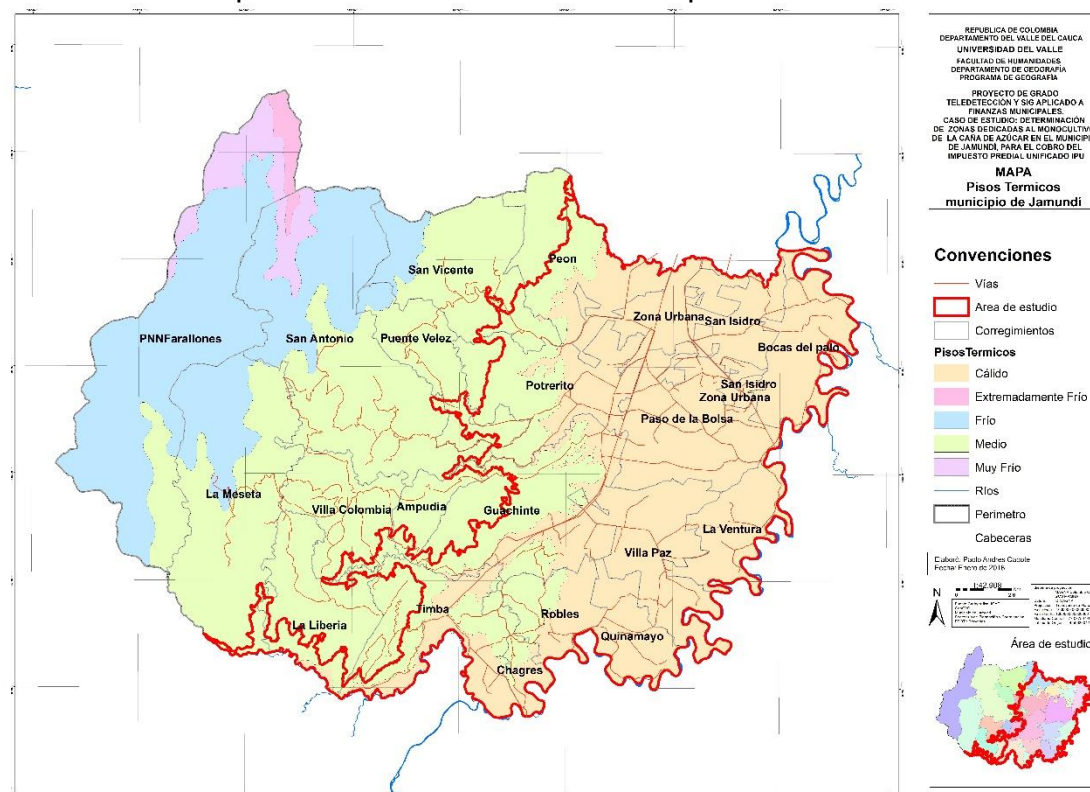
5.3.2.2 Clima

El municipio de Jamundí, según cálculos realizado con base en información de GeoCVC, cuenta con el predominio de los pisos térmicos Cálido en el valle y Medio en la zona de montaña, con alguna incidencia del frio y muy frio hacia la parte alta de la Cordillera Occidental en lo que sería jurisdicción del Parque Nacional Farallones de Cali (ver mapa 9), lo cual se puede apreciar en el mapa 11; así mismo, la temperatura, media anual oscila alrededor de los 24°C, siendo casi constante durante todo el año, lo cual es resumido en la tabla 21.

Tabla 14: Superficie por Pisos Térmicos (Has)	
Piso térmico	Area (Has)
Cálido	21.663,07
Medio	29.907,60
Frio	12.535,15
Muy Frio	1.631,81
Extremadamente Frio	456,17
Temperatura promedio	24°C

Fuente: cálculos propios con base en datos GeoCVC

Mapa 9: Pisos Térmicos del municipio de Jamundí



Fuente: elaboración propia con base en datos GeoCVC

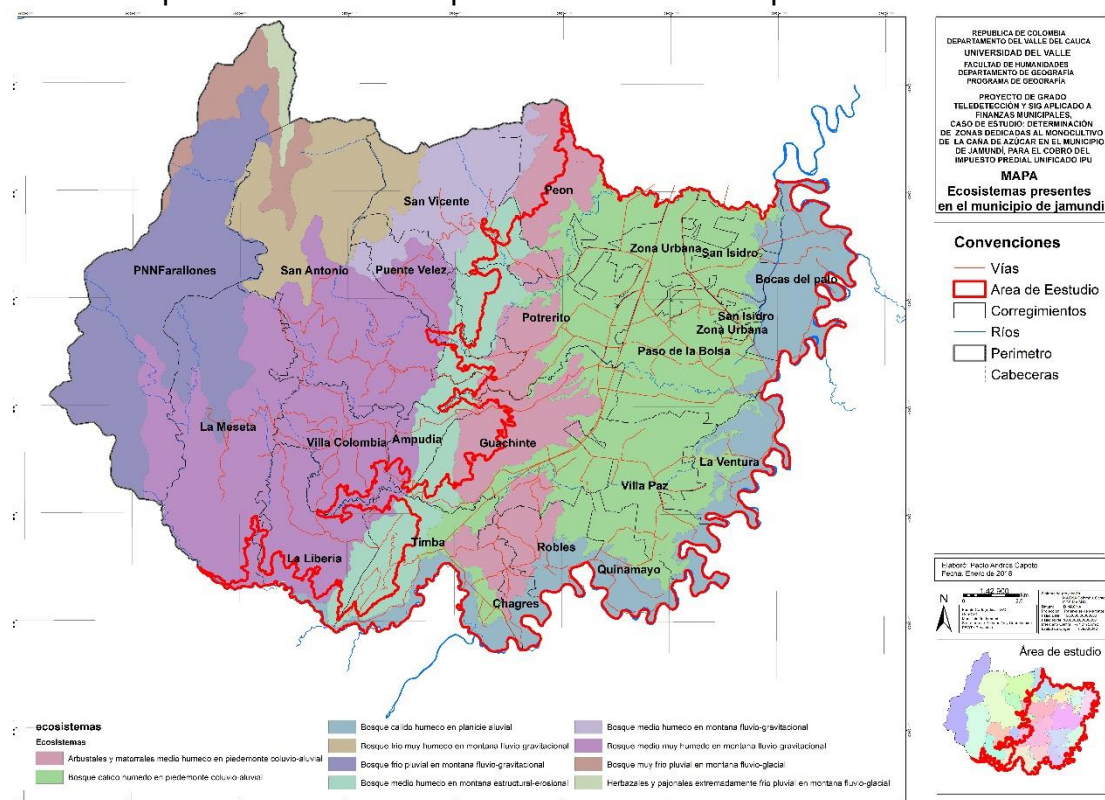
5.3.2.3 Precipitación

El municipio de Jamundí, se cuenta con un régimen de lluvias bimodal el cual es representado por dos periodos de lluvias (subdivido cada uno en dos trimestres) que va entre los meses de marzo, abril y mayo y luego entre octubre, noviembre y diciembre; por su parte el periodo seco corresponde con el resto de meses restantes (CVC, 2004), los rangos de precipitación se encuentran entre 1000 y 2000 mm/año para el caso del valle geográfico y valores entre 2001-3000 y > 3000 mm/año se presentan hacia la cordillera occidental, siendo que para el caso de las áreas frías y de páramo las lluvias son ligeramente superiores a los 1.500 mm (CVC, 2004).

5.3.2.4 Ecosistemas

Dada las condiciones fisiográficas y climáticas asociadas a la ubicación geográfica del territorio vallecaucano; este se caracteriza por una gran heterogeneidad espacial reflejada en su complejidad paisajística y ecosistémica; en donde se cuenta con la presencia de diez (10) formaciones de zonas de vida (CVC, 2004) (ver mapa 10) , situación está que permite la existencia de gran variedad de especies de flora y fauna asociada, así como la posibilidad de desarrollar actividades diversificadas lo cual se resume en el tabla 15.

Mapa 10: Ecosistemas presentes en el municipio de Jamundí



Fuente: elaboración propia con base en datos GeoCVC

Tabla 15: Ecosistemas presentes en el municipio de Jamundí			
Ecosistema	Temp media °C	Rango altitudinal msnm	Precipitación media anual mm
Zonobioma Alternohigrico Tropical del Valle del Cauca			
Arbustales y matorrales medio húmedo en piedemonte coluvio-aluvial	28	950-1000	1000
Bosque cálido húmedo en piedemonte coluvio-aluvial	> 24	960-1000	1600-2300
Helobioma del Valle del Cauca			
Bosque cálido húmedo en planicie aluvial	> 24	< 1000	1500-2500
Orobioma Bajo de los Andes			
Bosque medio muy húmedo en montaña fluvio-gravitacional	18-24	1000-2000	900-1600
Bosque medio húmedo en montaña fluvio-gravitacional	18-24	1000-2500	1000-2000
Bosque medio húmedo en montaña estructural-erosional	18-24	1000-1500	1500-2000
Orobioma Medio de los Andes			
Bosque frio muy húmedo en montaña fluvio-gravitacional			
Bosque frio pluvial en montaña fluvio-gravitacional			
Orobioma Alto de los Andes			
Bosque muy frio pluvial en montaña fluvio-glacial			
Herbazales y pajonales extremadamente frio pluvial en montaña fluvio-glacial			

Fuente: adaptado de GeoCVC, Alvarado 2015

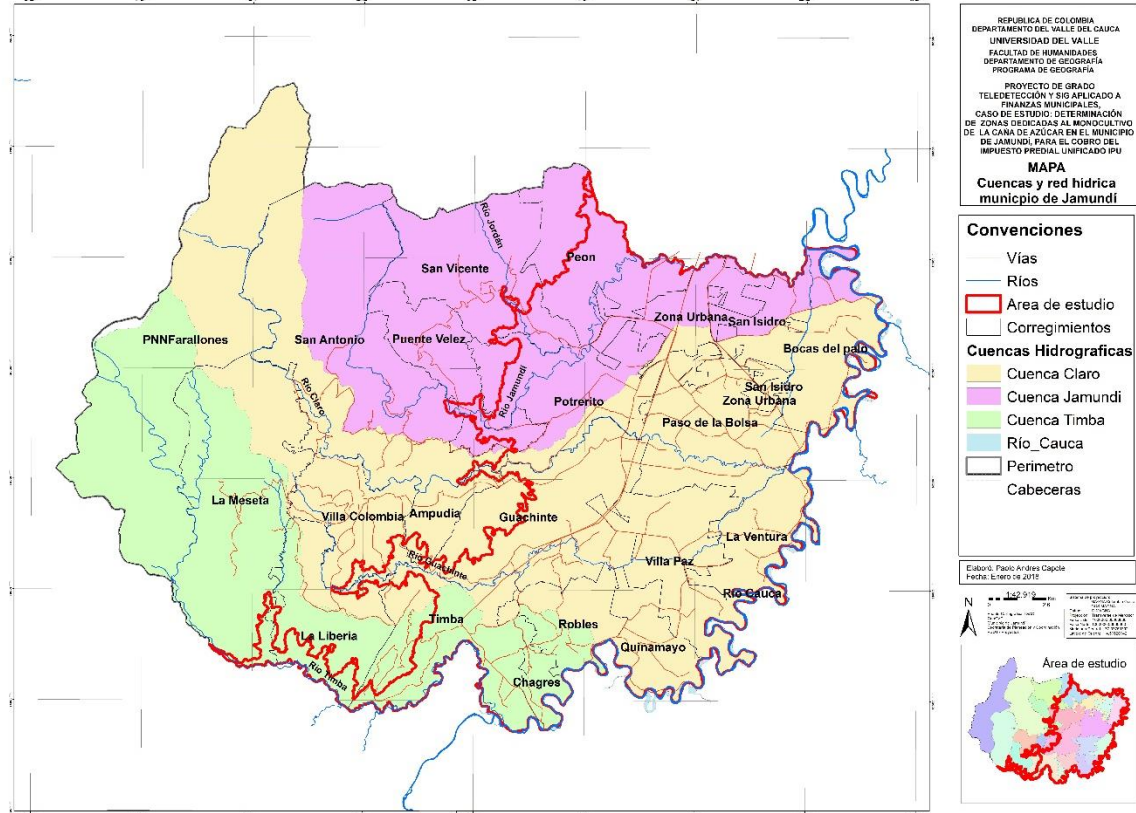
5.3.2.5 Recursos hídricos

El municipio de Jamundí cuenta con tres sistemas hídricos de gran importancia como lo son la cuenca del río Jamundí, la cuenca de río Claro y a la cuenca del río Timba (ver tabla 16), los cuales drenan hacia el Río Cauca junto con una importante red de tributarios compuesta por ríos, quebradas, zanjones y canales y acequias artificiales como se puede apreciar en el mapa 11, las cuales sirven para el drenaje natural y abastecimiento de la zona urbana y asentamientos del municipio así como a las actividades agrícolas y pecuarias asentadas en su territorio junto con el desarrollo de actividades de ocio y recreación.

No obstante, por la dinámica urbanística junto con el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias y los asentamientos humanos, la calidad de la oferta hídrica en el municipio se ha venido viendo afectada por la contaminación de las fuentes hídricas superficiales y subterráneas con vertimiento de aguas residuales sin tratamientos, y por los contaminantes derivados de las explotaciones agropecuarias

como porquerizas, galpones, explotaciones agrícolas, minería de bauxita, carbón y sílice, entre otros factores.

Mapa 11: Cuencas y Red Hídrica Municipio de Jamundí



Fuente: elaboración propia con base en datos GeoCVC

Tabla 16: Cuencas hidrográficas Municipio de Jamundí		
Río Jamundí	Río Claro	Río Timba
Nace en la región de San Miguel, corre de Norte a Sur hasta puente Vélez, luego corre en sentido sur a norte hasta Cañasgordas, en el tramo final corre en sentido este-oeste hasta su desembocadura en el río Cauca. El área de drenaje es de 13505 Has y su longitud de 26.5 Km.	Nace en el Parque Natural Nacional Farallones, cruza de norte a sur hasta Villa Colombia, luego corre de este a oeste hasta desembocar en el paso de la bolsa en el río Cauca. El área de drenaje del río es de 16687 Has y la longitud de 30.5 Km	Nace en el Parque Natural Nacional Farallones, la dirección del río corre de este a oeste hasta la localidad de Timba desde allí corre en sentido norte sur hasta su desembocadura con río Cauca. El área de drenaje es 13772 Has y la longitud del río es de 28 Km.

Fuente: Tomado de PBOT – 2002

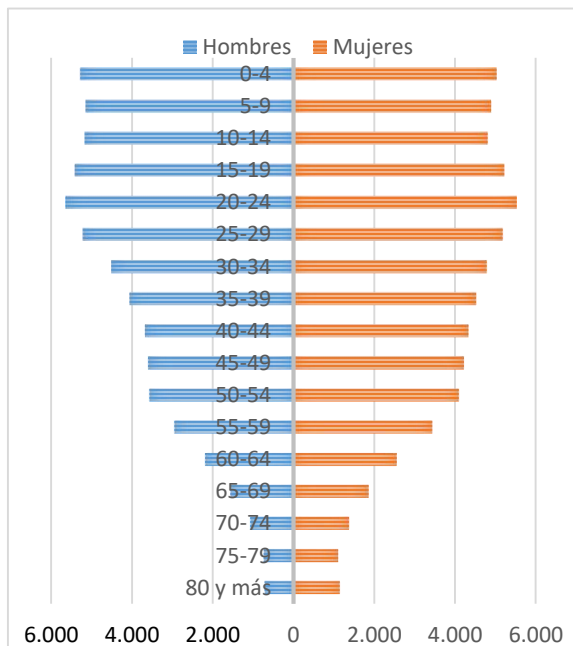
5.3.3 Demografía

Para el último censo de población realizado en el año 2005, Jamundí contaba con una población de 96.993 habitantes, la cual se espera sea para el año 2018 superior a los 127.000 habitantes proyectados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, dada la dinámica demográfica y urbanística que ha experimentado el municipio en los últimos años (ver tablas 17 y 18), respecto a su estructura demográfica, esta presenta un leve predominio del sexo femenino con 64.086 mujeres que representa un 51,42% mientras los hombres representan el 48,58% del total

Tabla 17: Poblacional Total, Urbano y Rural 1985 – 2018					
Año	Total	Urbana	%	Rural	%
1985	44.438	23.400	52,66	21.038	47,34
1993	57.354	36.122	62,98	21.232	37,02
2005	96.849	65.662	67,80	31.187	32,20
2018	127.228	86.803	68,23	40.425	31,77

Fuente: DANE – Estimaciones de población 1985-2005 y Proyecciones de población por municipios 2005-2020

Tabla 18: Población por grupos de edad año 2017			
Grupos de edad	Total	Hombres	Mujeres
Total	124.623	60.537	64.086
0-4	10.307	5.279	5.028
5-9	10.038	5.146	4.892
10-14	9.978	5.173	4.805
15-19	10.635	5.412	5.223
20-24	11.170	5.643	5.527
25-29	10.398	5.218	5.180
30-34	9.295	4.513	4.782
35-39	8.584	4.058	4.526
40-44	8.017	3.683	4.334
45-49	7.821	3.603	4.218
50-54	7.661	3.570	4.091
55-59	6.389	2.954	3.435
60-64	4.745	2.187	2.558
65-69	3.425	1.567	1.858
70-74	2.451	1.073	1.378
75-79	1.843	739	1.104
80 y más	1.866	719	1.147



Fuente: DANE – Estimaciones de población 1985-2005 y Proyecciones de población por municipios 2005-2020

La población se concentra en la zona urbana del municipio con una tasa de urbanización del 68,23%, mientras el 31,77% restante se distribuye en la zona rural del municipio, situación que expresa la dinámica urbano- residencial que ha venido experimentado el municipio en los últimos años, con la incorporación de zonas para viviendas de interés social VIS e interés prioritario VIP y el desarrollo proyectos residenciales campestres y de segunda residencia.

Su composición étnica, se encuentran conformada tres grupos étnicos, la población afrodescendiente (59,44 %) se asienta en su mayoría en los corregimientos de la zona plana dentro del valle geográfico del río Cauca, el grupo poblacional indígena (0,81 %) que se localiza hacia la zona alta del municipio considerando la existencia del resguardo y los cabildos hacia estos sectores, por último la población mestiza representada por población concentrada en las cabeceras y campesina localizada de forma dispersa en la zona plana, de ladera y montaña.

5.3.4 Infraestructura y Servicios

El municipio de Jamundí está comunicado con la ciudad de Cali por medio de la vía Panamericana y la Avenida Cañasgordas para su comunicación con la Ciudad de Cali, siendo que se encuentra en proyecto la ampliación de esta última y en diseño la prolongación de la Avenida Ciudad de Cali (avenida La Morada), a nivel urbano cuenta con una malla vial local, en su mayor parte pavimentada que sirve de ejes articuladores de los diferentes sectores del municipio, así mismo cuenta con un sistema vial interregional y una red vial secundaria y terciaria que comunica la cabecera principal con los diferentes corregimientos y centros poblados y la conexión al sur con el departamento del Cauca.

A nivel de transporte en el municipio se cuenta con servicio de transporte urbano y rural prestado por medio de buses y busetas de servicio colectivo de muy mala calidad, complementado con el servicio de camperos con rutas hacia los corregimientos y los caseríos en la zona rural, a nivel intermunicipal con la ciudad de Cali, así como con las rutas que conectan el norte del departamento del Cauca con la ciudad de Cali con el sur del país.

Respecto a servicios públicos, el municipio cuenta con servicios de acueducto y alcantarillado siendo la empresa con mayor número de usuarios ACUAVALLE S.A. E.S.P. con cerca del 77% en la zona urbana y algunas cabeceras de corregimientos próximos a esta como Potrerito, Paso de la Bolsa, San Isidro; así mismo, se encuentran algunas empresas que prestan servicios en las zonas de influencia directa de su proyectos como Terranova Servicios S.A. E.S.P. (Ciudadela Terranova y El Rodeo, FONTANA S.A E.S.P (Alfaguara), ACUASUR S.A. E.S.P. (El Castillo) y OZONO empresa de servicios públicos S.A.S. E.S.P. (Ciudad Country) así mismo algunos conjuntos y condóminos cuentan con algunas PTAR y STAR propios, ya en zona rural se encuentra la Asociación de Usuarios del Agua Potable del sur de Jamundí – Acuasur ESP la cual presta el servicio de acueducto a doce

(12) comunidades en siete (7) corregimientos al sur del municipio; en cuanto al servicio de energía eléctrica este es prestado por Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P. EPSA, gas domiciliario por Gases de Occidente S.A. E.S.P. y aseo por parte de ASEO JAMUNDI empresa de servicios públicos S.A. E.S.P. y Terranova Servicios S.A. E.S.P, así mismo para los servicios de telecomunicaciones como televisión, telefonía e internet, se encuentran presentes varias empresas como EMCALI EIC, Claro, Tigo Une, DirecTv, entre otras.

En cuanto a equipamientos, en el municipio cuenta con instituciones educativas para los niveles básica primaria y secundaria, instituciones de formación para el trabajo como el SENA, técnicas y tecnológicas como el CERES de la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium – UNICATÓLICA, la Corporación Universitaria **Remington**; en cuanto los servicios de salud estos son prestados en primer lugar por el hospital El Piloto, el cual es de nivel 1, junto con otras instituciones prestadoras de servicios de salud como el Centro Médico Jamundí, Centro Medico BUSI y algunas IPS y EPS como el Servicio Occidental de Salud SOS, Comfenalco, Nueva EPS, Medimas, etc.

En cuanto a otros servicios, están los bancarios y financieros para lo cual se cuenta con sedes de los bancos de Bogotá, Bancolombia, BBVA, Davivienda y Banco Agrario así como instituciones financieras como Bancamia, Banco Mundo Mujer, en cuanto a servicios comerciales se cuenta con alguno centro comerciales de grandes superficies algunos otros en proyecto o construcción o como el centro comercial Alfaguara que alberga almacenes La 14 y otros establecimientos de comercio, así mismo algunos centros comerciales de menor superficie con actividades mixtas.

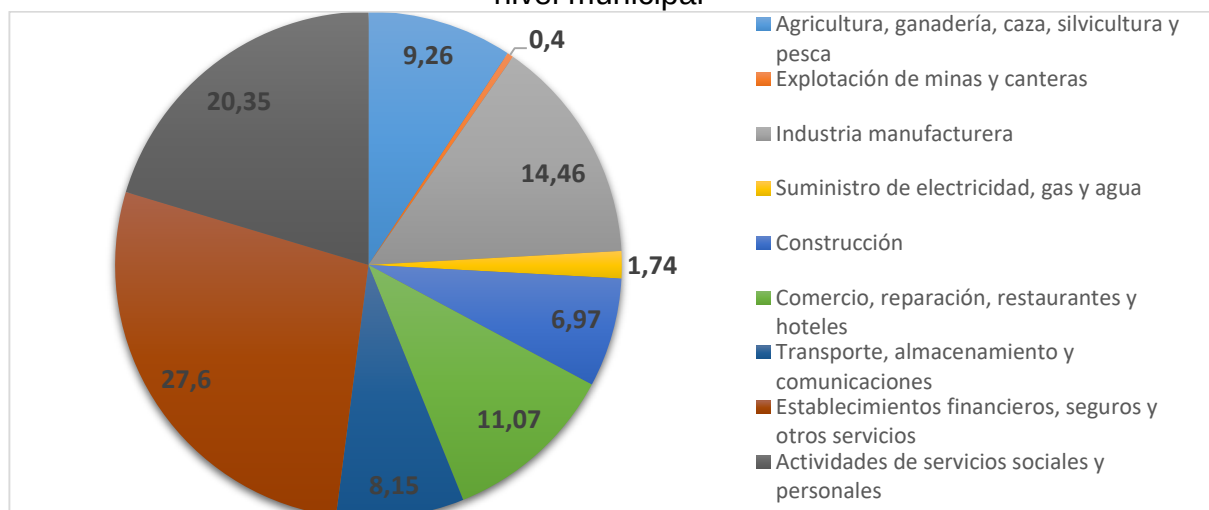
5.3.5 Economía

En el sector económico, el municipio de Jamundí predomina si consideramos el valor agregado municipal por grandes ramas de actividad económica, conforme la información de TerriData con base en datos DANE 2015 (ver gráfico 3), encontramos que las actividades terciarias como el Comercio y actividades de ocio (restaurantes y hoteles) junto con los servicios de Transporte, almacenamiento y comunicaciones, servicios sociales y personales, financieros y de seguros y otros comprenden el 67,17% del valor agregado en el municipio de Jamundí, situación está que refleja un cambio en la estructura económica del mismo considerando el desarrollo y la dinámica urbanística y residencial que viene presentando en los últimos años.

Considerando este panorama, se observa el sector industrial pese a las pocas establecimientos de este tipo localizados en el municipio, logra un 14,46% del valor agregado a nivel municipal, mientras que el sector primario encabezado por la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca, se tiene que este solo ocupa un tercer lugar alcanzando un 9,26%, en donde el desarrollo de la agricultura se encuentra representada por cultivos de caña de azúcar, maíz, soya, millo, café,

arroz, cacao y plátano, el desarrollo de actividades pecuarias (avícola, ganadería, caballar, etc.) como se puede apreciar en la tabla 27, así mismo se presenta la explotación de minas de carbón, oro, plata y bauxita.

Grafico 3: Valor agregado municipal por grandes ramas de actividad económica a nivel municipal



Fuente: DNP a partir de información del DANE - 2015

Tabla 19: Sistema de Producción por corregimiento

Corregimiento	Sistema de producción agrícola	Sistema de producción pecuario
0. Zona Urbana	Pastos y forrajes, Caña de azúcar, Arroz, Maíz, Piña	Bovinos: leche y carne, Ovinos y caprinos, Avigeneral, Porcinos, Equinos de Paso, Equinos de servicio, Piscícola
1. Ampudia	Arazá	ND
2. Bocas del palo	Caña de azúcar, Cítricos, Plátano, Cacao, Yuca, Banano	Bovinos: leche y carne
3. Chagres	Cítricos, Yuca, Tomate	
4. Guachinte	Pastos y forrajes, Cítricos, Piña	Bovinos: leche y carne, Ovinos y caprinos, Avigeneral, Equinos de Paso, Piscícola
5. La Liberia	Caña panelera, Café, Cítricos, Plátano, Lechuga y Cilantro, Habichuela, Arazá	Equinos de servicio
6. La ventura	Pastos y forrajes, Caña de azúcar, Cítricos, Plátano, Maíz, Cacao, Sorgo, Banano	Bovinos: leche y carne, Porcinos

7. Paso de la bolsa	Pastos y forrajes, Caña de azúcar, Arroz, Cítricos, Plátano, Cacao, Yuca	Bovinos: leche y carne, Equinos de Paso
8. Peón	ND	Bovinos: leche y carne, Equinos de servicio
9. Potrerito	Pastos y forrajes, Arroz, Cítricos, Lechuga y Cilantro	Bovinos: leche y carne, Avigeneral, Porcinos, Equinos de Paso, Apícola, Piscícola
10. Puente Vélez	ND	ND
11. Quinamayó	Caña de azúcar, Arroz, Cítricos, Plátano, Maíz, Cacao, Yuca, Sorgo, Soya, Papaya, Banano, Tomate, Ahuyama, Lechuga y Cilantro, Habichuela	Bovinos: leche y carne, Ovinos y caprinos, Equinos de servicio, Piscícola
12. Robles	Pastos y forrajes, Caña de azúcar, Cítricos, Plátano, Maíz, Cacao, Yuca, Banano, Lechuga y Cilantro	Bovinos: leche y carne, Porcinos, Equinos de servicio, Piscícola
13. San Antonio	Caña panelera, Café, Cítricos, Plátano, Maíz, Yuca, Mora, Lulo, Tomate de árbol, Guayaba y Maracuyá, Banano, Tomate	Equinos de servicio
14. San isidro	Caña de azúcar, Arroz, Banano	Bovinos: leche y carne, Ovinos y caprinos, Equinos de Paso, Equinos de servicio
15. San Vicente	Café, Cítricos	Bovinos: leche y carne
16. Timba	Arroz,	Bovinos: leche y carne, Porcinos, Equinos de servicio, Piscícola
17. Villa Colombia	Caña panelera, Café, Arroz, Cítricos, Plátano, Maíz, Yuca, Lulo, Banano, Lechuga y Cilantro	Bovinos: leche y carne, Ovinos y caprinos, Porcinos, Equinos de servicio, Piscícola
18. Villa paz	Caña de azúcar, Cítricos, Plátano, Maíz, Cacao, Sorgo, Soya, Banano, Tomate, Ahuyama, Lechuga y Cilantro	Bovinos: leche y carne, Ovinos y caprinos, Avigeneral, Porcinos, Equinos de servicio
19. La meseta	Cítricos, Yuca, Mora, Lulo, Tomate de árbol	Equinos de servicio

Fuente: Programa agropecuario del municipio de Jamundí, 2012.

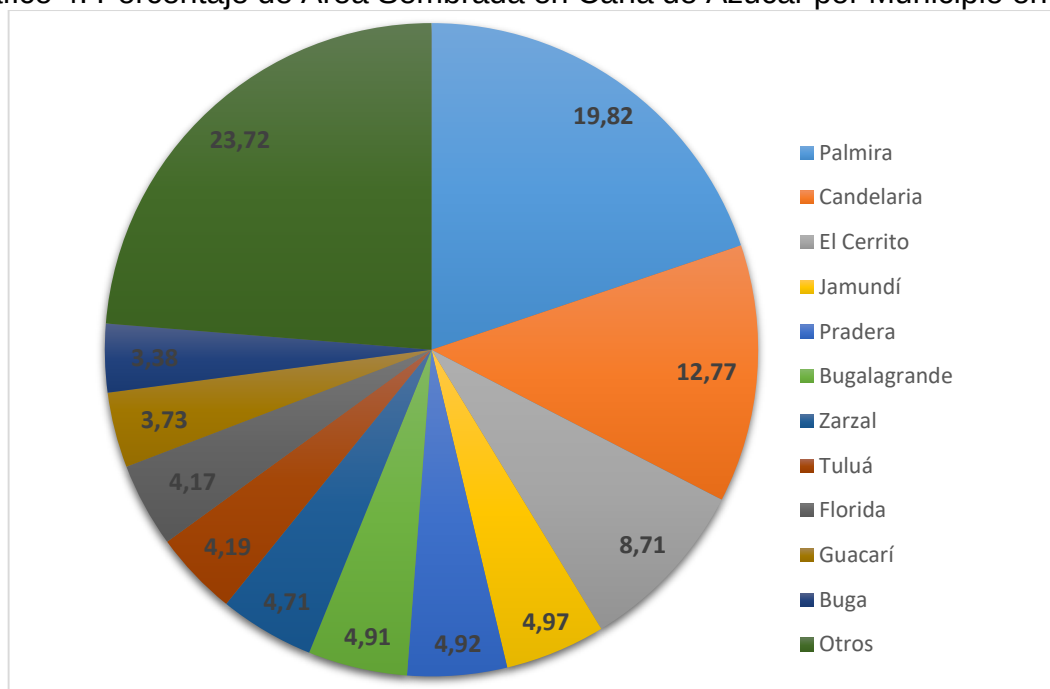
A nivel industrial son pocas las empresas asentadas en su jurisdicción, estando presentes algunos laboratorios farmacéuticos, cosméticos y procesadoras, siendo por la dinámica urbanística que en los últimos años se ha venido afianzando el desarrollo de actividades comerciales y de servicios en el municipio, con la presencia de centros comerciales, restaurantes, almacenes de cadena, almacenes de ropa y variedades, junto con otros servicios complementarios.

Así mismo, el sector del ocio y la recreación presenta un renglón importante para la economía del municipio, representado con atractivos asociados al Parque del Cholado, balnearios, restaurantes, sedes campestres y segunda residencia; también por las fiestas de adoración al Niño Jesús en Quinamayó en febrero, Festival de Verano en Timba y San Antonio, entre otros; así mismo la oferta ambiental del municipio ha permitido la consolidación del ecoturismo, estando presente los balnearios naturales, la práctica de deportes extremos, cabalgatas ecológicas, entre otros aspectos.

5.3.6 Caña de Azúcar en Jamundí

El municipio de Jamundí, conforme la información disponible presenta para el año 2016 como el cuarto municipio con mayor superficie sembrada y cosechada en el departamento con el 4,97%, aunque no se encuentra muy distante de los municipios de Pradera y Bulagrande (ver gráfico 4),

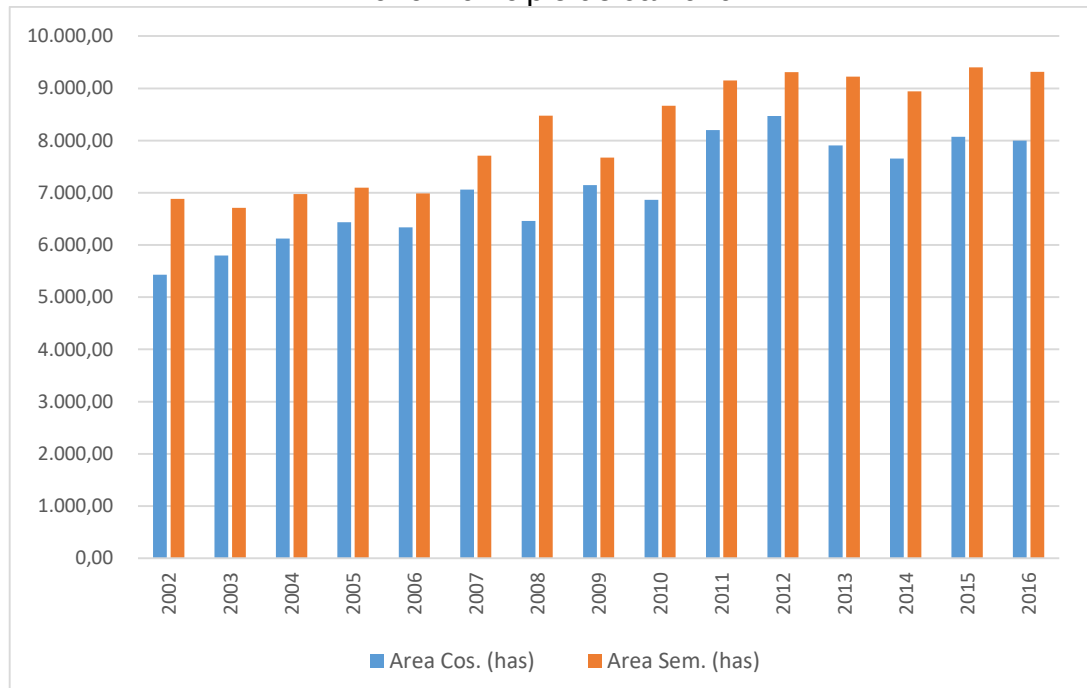
Grafico 4: Porcentaje de Área Sembrada en Caña de Azúcar por Municipio en 2016



Fuente: Elaboración propia con base en Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Agronet, 2018

En términos de rendimientos, Jamundí está por debajo del resto de municipios, llegando incluso a contar con una diferencia de 11,99 t/ha. respecto a El Cerrito y Tuluá donde se presentan los mayores rendimientos en el departamento según la información disponible para dicho año. Así mismo, a partir de dichos datos, se observa que la tendencia de este cultivo en el municipio de Jamundí va en aumento en términos de superficie sembrada y cosechada (ver gráfico 5).

Grafico 5: Área sembrada y Cosechada (has) en Caña de Azúcar por año 2002-2016 Municipio de Jamundí



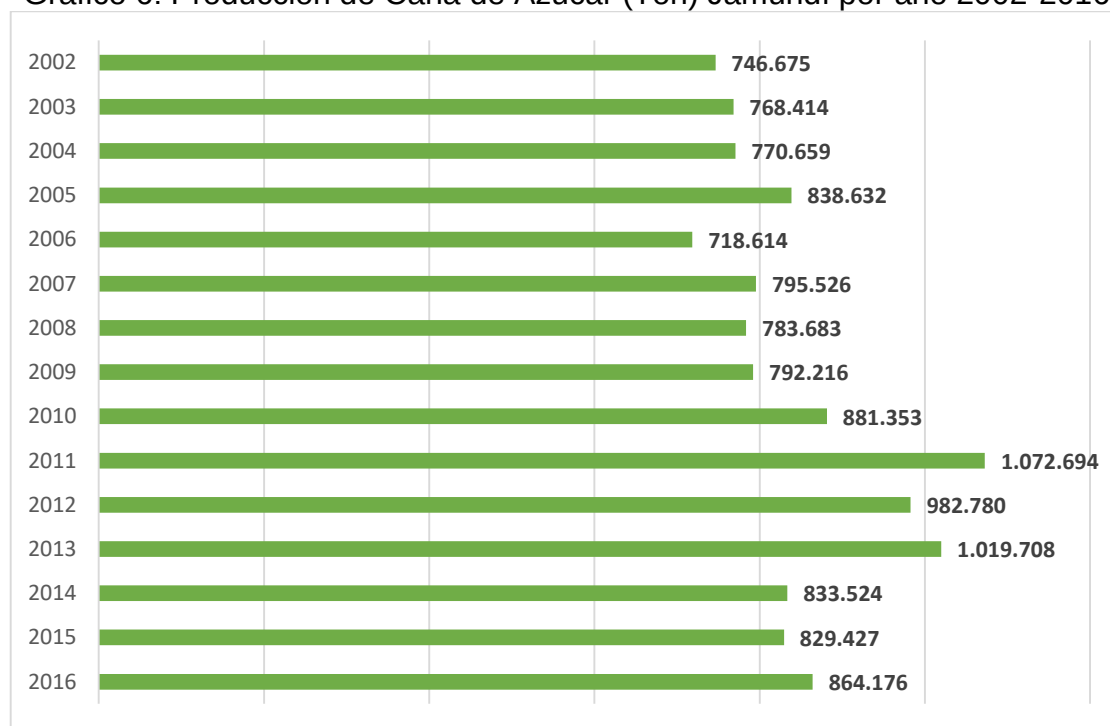
Fuente: Elaboración propia con base en Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Agronet, 2018

No obstante esta tendencia puede empezar a variar en consideración a que en el municipio se han realizado ajustes del Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT como el caso de los acuerdos 018 de 2012 y 013 de 2017¹², en donde predios que eran rurales dedicados al cultivo de la caña de azúcar han sido incorporados al perímetro urbano para el desarrollo de proyectos residenciales, situación que representa en el corto y mediano plazo que progresivamente se disminuya la superficie sembrada en tanto se van desarrollando urbanísticamente.

¹² Dichos acuerdos incorporan predios en zona rural y de expansión urbana para el desarrollo de Vivienda de Interés Social VIS y Vivienda de Interés Prioritario VIP, en el marco de la política nacional de vivienda contemplado en las leyes 1537 de 2012 y 1753 de 2015, incorporando 2.076.360m2 mediante acuerdo 018 de 2013 y 4.906.086m2 en 2017 a través del acuerdo 013 de 2017 en la zona plana del municipio, , en donde algunos de los predios incorporados se corresponde con predios sembrados en caña de azúcar, algunos de los cuales han iniciado su desarrollo urbanístico.

En cuanto a la producción, en términos generales en este municipio se ha venido presentando un incremento progresivo desde el año 2002, no obstante, la producción del año 2016, que si bien se encuentran sobre los 860mil toneladas, están en niveles por debajo de lo registrado para el año 2010, tras los picos de producción presentados en el año 2011 y 2013 que sopesaron el millón de toneladas (ver grafico 6)

Grafico 6: Producción de Caña de Azúcar (Ton) Jamundí por año 2002-2016



Fuente: Elaboración propia con base en Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Agronet, 2018

5.3.7 Impuesto Predial Unificado IPU en Jamundí

El municipio de Jamundí, para el cobro del Impuesto Predial Unificado IPU, desde el Acuerdo 026 de 2004, definió el uso de una tarifa predial específica para aquellos predios que están dedicados al cultivo de caña de azúcar, mediante la cual hacer un cobro diferencial para esta actividad económica.

Es así, como, mediante Acuerdo No. 026 de noviembre 30 de 2004 “Por el cual se adopta la normatividad sustantiva tributaria, el procedimiento tributario y el régimen sancionatorio tributario para el municipio de Jamundí”, estableció lo concerniente a la determinación, liquidación y cobro del Impuesto Predial Unificado (Artículos 9 al 29), aplicándose como base para ello la estratificación socioeconómica, y definiéndose en su artículo 20 las tarifas relacionas en la tabla 20.

Tabla 20: Tarifas IPU Acuerdo Municipal 026 de 2004			
Estrato	Código	Clasificación del predio	Tarifa x 1000
Numeral 1. Predios Rurales según su Estrato Socioeconómico			
1	R1	Predios Rurales de Estrato Socioeconómico Bajo-Bajo	0.5
2	R2	Predios Rurales de Estrato Socioeconómico –Bajo	1.5
3	R3	Predios Rurales de Estrato Socioeconómico Medio Bajo	4.5
5	R4	Predios Rurales de Estrato Socioeconómico Medio	8.0
5	R5	Predios Rurales de Estrato Socioeconómico Medio Alto	13.0
6	R6	Predios Rurales de Estrato Socioeconómico Alto	13.0
Numeral 2. Predios Urbanos Residenciales			
1	U1	Predios Rurales de Estrato Socioeconómico Bajo-Bajo	0.5
2	U2	Predios Rurales de Estrato Socioeconómico –Bajo	5.5
3	U3	Predios Rurales de Estrato Socioeconómico Medio Bajo	7.5
5	U4	Predios Rurales de Estrato Socioeconómico Medio	9.0
5	U5	Predios Rurales de Estrato Socioeconómico Medio Alto	13.0
Numeral 3. Otros Predios Urbanos			
1-5	U1-U5	Lotes Urbanos no edificados de todos los Estratos Socioeconómicos	33.0
1-5	U1-U5	Lotes Urbanizables no Urbanizados de todos los Estratos	33.0
Numeral 4. Predios Rurales y Urbanos en Explotación Agropecuaria diferente al Cultivo de Caña de Azúcar.			
1-5	R1-R5 U1-U5	Inferior a 5 Hectáreas de todos los Estratos	3.0
1-5	R1-R5 U1-U5	Entre 5.1 y 15 Hectáreas	6.0
1-5	R1-R5 U1-U5	Entre 15,1 y 30 Hectáreas	9.0
1-5	R1-R5 U1-U5	Más de 30,1 Hectáreas	13.0
Numeral 5. Otros Predios Rurales y Urbanos.			
1-5	R1-R5 U1-U5	Destinados al Turismo, Recreación y Servicios	13.0
1-5	R1-R5 U1-U5	Destinados al cultivo de la caña de azúcar	16.0

Fuente. Tomado de Acuerdo Municipal 026 de 2004, Concejo de Jamundí

Para el año 2012, mediante el Acuerdo 018 de 2012 “Por el cual se reestructuran y modifican las tarifas de cobro del impuesto predial unificado en el municipio de Jamundí”, el municipio reestructura y ajustar las tarifas señaladas en Acuerdo No. 026 de 2004 para el cálculo, determinación y liquidación del Impuesto Predial Unificado, de donde se estableció la clasificación que se muestra en la tabla 21

Tabla 21: Tarifas IPU Acuerdo Municipal 018 de 2012			
Estr	Cód	Clasificación	Tarifa x 1000
Predios Urbanos Residenciales			
1	U1	Predios de ES Bajo-Bajo Con avalúo menor o igual a 81 SMLMV	1.0
	U1	Predios de ES Bajo-Bajo Con avalúo mayor a 81 SMLMV	5.0
2	U2	Predios de ES Bajo-Bajo	5.5
3	U3	Predios de ES Medio Bajo	7.5
4	U4	Predios de ES Medio	9.0
5	U5	Predios de ES Medio Alto	13.0
Otros Predios Urbanos			
1 - 5	V1	Lotes Urbanizables no Urbanizados	33.0
1 - 5	V2	Lotes Urbanizados no Edificados	33.0
Pequeña Propiedad Rural			
1	R1	Predios de ES Bajo-Bajo Con avalúo menor o igual a 81 SMLMV	1.0
	R1	Predios de ES Bajo-Bajo Con avalúo mayor a 81 SMLMV	5.0
2	R2	Predios de ES Bajo-Bajo Con avalúo menor o igual a 81 SMLMV	3.0
	R2	Predios de ES Bajo-Bajo Con avalúo mayor a 81 SMLMV	5.5
3	R3	Predios de ES Bajo-Bajo Con avalúo menor o igual a 81 SMLMV	5.0
	R3	Predios de ES Bajo-Bajo Con avalúo mayor a 81 SMLMV	6.0
4	R4	Predios de ES Medio	8.0
5	R5	Predios de ES Medio Alto	13.0
6	R6	Predios de ES Alto	13.0
Predios Rurales en Explotación Agrícola y/o Pecuario Diferente a Caña de Azúcar			
1 - 5	P1	Propiedad rural - Entre 5y 15 hectáreas	6.0
1 - 5	P2	Agropecuarios de Mediana Extensión Más de 15 Ha y hasta 30 hectáreas	9.0
1 - 5	P3	Agropecuarios de Mayor Extensión Más de 30 hectáreas	13.0
Otros Predios Rurales y Urbanos			
1 - 5	S1	Destinados a Industria, Comercio, Turismo, Recreación y Servicios	13.0
1 - 5	C-1	Destinados al cultivo de caña de azúcar	16.0
1 - 5	E1	Lotes Especiales	16.0
1 - 5	E2	Lotes Especiales con licencia de urbanismo y/o construcción vigente	16.0

Fuente. Tomado de Acuerdo Municipal 018 de 2012, Concejo de Jamundí

Conforme lo anterior, en el artículo 21 del Acuerdo Municipal 013 de 2015, se establecieron las tarifas relacionas en la tabla 22, las cuales se encuentran vigentes para el cobro del Impuesto Predial Unificado IPU:

Tabla 22: Tarifas Impuesto predial unificado IPU - Acuerdo Municipal 013 de 2015				
Estr	Códi	Clasificación	Rango avaluó área	Tarifa x1000
1	U1	Bajo - Bajo	<= 81 SMMLV	1.0
1	U1	Bajo - Bajo	> 81 SMMLV	5.0
2	U2	Bajo - Bajo		5.5
3	U3	Medio - Bajo		7.0
4	U4	Medio		9.0
5	U5-A	Medio - Alto	> 4.500m2	10.0
5	U5-B	Medio - Alto	>= 3.000 y < 4.500 m2	11.0
5	U5-C	Medio - Alto	<=1.500 y <=2.999 m2	12.0
5	U5-D	Medio - Alto	<= 1.499m2	13.0
1 - 5	V1	Lotes urbanizables no urbanizados		33.0
1 - 5	V2	Lotes urbanizados no edificados		33.0
1	R1	Bajo - Bajo	<= 81 SMMLV	1.0
1	R1	Bajo - Bajo	> 81 SMMLV	5.0
2	R2	Bajo	<= 81 SMMLV	3.0
2	R2	Bajo - Bajo	> 81 SMMLV	5.5
3	R3	Medio - Bajo	<= 81 SMMLV	5.0
3	R3	Bajo - Bajo	> 81 SMMLV	6.0
4	R4	Medio		8.0
5	R5	Medio – Alto		13.0
6	R6	Alto		13.0
1 - 5	P1	Propiedad Rural	>=5 y <= 15 Has	6.0
1 - 5	P2	Agropecuaria de mediana extensión	> 15 y <= 30 Has	9.0
1 - 5	P3	Agropecuaria de mayor extensión	> 30 Has	13.0
1 - 5	S1	Destinas a industria, comercio, turismo, recreación o servicios	AC > con uso y 70%	13.0
1 - 5	M1	Destinas a industria, comercio, turismo, recreación o servicios	AC <= 50% y = 70%	10.0
1 - 5	M1	Destinas a industria, comercio, turismo, recreación o servicios	AC >= 30m2	10.0
1 - 5	M1	Destinas a industria, comercio, turismo, recreación o servicios	AC >= 50m2	10.0
1 - 5	C1	Destinados al cultivo de caña de azúcar		16.0

1 - 5	E1	Lotes especiales / Licencia de urbanismo vigente		16.0
1 - 5	E2	Lotes especiales/ Condominios o conjuntos residenciales urbanos cerrados		16.0
1 - 5	E2	Lotes especiales / condominios o conjuntos residenciales urbanos cerrados	>= 1.499 m2	16.0
1 - 5	E3	Lotes especiales para vivienda de interés social		10.0

Fuente. Tomado de Acuerdo Municipal 013 de 2015, Concejo de Jamundí

Posteriormente, mediante Acuerdo Municipal No 020 de noviembre 27 de 2017 "Por medio del cual se modifica el acuerdo 013 de 2015 y se dictan otras disposiciones de contenido tributario", se actualiza el estatuto tributario del municipio siendo que en el capítulo 1 Impuesto predial unificado del libro primero respecto a la parte sustantiva de dicho acuerdo, se establecen las condiciones para el cobro del impuesto predial unificado IPU en el municipio de Jamundí (ver tabla 23).

Tabla 23: Componentes para el Cobro del Impuesto Predial Unificado IPU Acuerdo Municipal 020 de 2017	
Art. 14	Hecho generador: Existencia del inmueble o predio ubicado en jurisdicción del municipio de Jamundí
Art. 15	Sujeto activo: Municipio de Jamundí
Art. 16	Sujeto pasivo: persona natural o jurídica, propietaria o poseedora de bienes inmuebles o predios ubicados en la jurisdicción del municipio de Jamundí
Art. 17	Base gravable: avalúo catastral
Art. 18	Avalúo catastral: valor del predio resultante de los avalúos parciales de los terrenos y edificaciones en el comprendidas, (determinados por el IGAC como autoridad catastral del municipio)
Art. 19	Causación y exigibilidad: Se causa el primero (1°) de enero de cada año gravable Se hace exigible el primero (1°) del Abril del año de causación
Art. 20	Periodo gravable: Entre el primero (1°) de enero y el treinta y uno (31) de diciembre del año fiscal
Art. 21	Tarifas predios de la zona urbana y rural
Art. 31	Inmuebles no sujetos de ser gravados o exentos del impuesto predial unificado

Fuente. Elaboración propia con base en Acuerdo Municipal 020 de 2017, Concejo de Jamundí

En este Acuerdo se mantuvo la tarifa diferencial para los predios Destinados al cultivo de caña de azúcar, como se puede observar en la tabla 24:

Tabla 24: Tarifas Impuesto predial unificado IPU - Acuerdo Municipal 020 de 2017				
Es	Código	Clasificación	Rango avaluó área	Tarifa x1000
1	U1	Bajo - Bajo	<= 81 SMMLV	1.0
1	U1	Bajo - Bajo	> 81 SMMLV	5.0
2	U2	Bajo - Bajo		5.5
3	U3	Medio - Bajo		7.5
4	U4	Medio		9.0
5	U5-A	Medio - Alto	> 4.500m2	10.0
5	U5-B	Medio - Alto	>= 3.000 y < 4.500 m2	11.0
5	U5-C	Medio - Alto	<=1.500 y <= 2.999 m2	12.0
5	U5-D	Medio - Alto	<= 1.499m2	13.0
1 - 5	V1	Lotes urbanizables no urbanizados		33.0
1 - 5	V2	Lotes urbanizados no edificados		33.0
1	R1	Bajo - Bajo	<= 81 SMMLV	1.0
1	R1	Bajo - Bajo	> 81 SMMLV	5.0
2	R2	Bajo	<= 81 SMMLV	3.0
2	R2	Bajo - Bajo	> 81 SMMLV	5.5
3	R3	Medio - Bajo	<= 81 SMMLV	5.0
3	R3	Bajo - Bajo	> 81 SMMLV	6.0
4	R4	Medio		8.0
5	R5	Medio – Alto		13.0
6	R6	Alto		13.0
1 - 5	P1	Propiedad Rural	>=5 y <= 15 Has	6.0
1 - 5	P2	Agropecuario de mediana extensión	> 15 y <= 30 Has	9.0
1 - 5	P3	Agropecuario de mayor extensión	> 30 Has	13.0
1 - 5	S1	Destinas a industria, comercio, turismo, recreación o servicios	AC > con uso y 70%	13.0
1 - 5	M1	Destinas a industria, comercio, turismo, recreación o servicios	AC <= 50% y = 70%	10.0
1 - 5	M1	Destinas a industria, comercio, turismo, recreación o servicios	AC >= 30m2	10.0
1 - 5	M1	Destinas a industria, comercio, turismo, recreación o servicios	AC >= 50m2	10.0
1 - 5	C1	Destinados al cultivo de caña de azúcar		16.0
1 - 5	E1	Lotes especiales / Licencia de urbanismo vigente		16.0

1 - 5	E2	Lotes especiales/ Condominios o conjuntos residenciales urbanos cerrados		16.0
1 - 5	E2	Lotes especiales / condominios o conjuntos residenciales urbanos cerrados	>= 1.499 m2	16.0
1 - 5	E3	Lotes especiales para vivienda de interés social		10.0

Fuente. Tomado de Acuerdo Municipal 020 de 2017, Concejo de Jamundí

5.3.8 Cultivo de Caña de Azúcar e Impuesto Predial Unificado IPU en Jamundí

Considerando lo establecido en el municipio de Jamundí, en el Acuerdo Municipal No 020 de noviembre 27 de 2017 y en los anteriores Acuerdos para temas tributarios, para el cobro del impuesto predial unificado, se ha definido la distinción de las tarifas en suelo rural según el estrato y/o uso de la tierra, existe dentro de estos la categoría C-1 para predios “Destinados a cultivo de caña de azúcar”, permitiendo diferenciarlo del resto de predios rurales que desarrollan otros tipos de explotaciones agrícolas y/o pecuarias.

No obstante, toda vez que se aplicaba la estratificación socioeconómica como base para el cobro del impuesto predial, no se permitía el reconocimiento de los mismos para el cobro efectivo, situación está que se mantuvo hasta el año 2012, en donde la base predial del municipio, no contaba con predios clasificados como dedicados al cultivo de caña de azúcar.

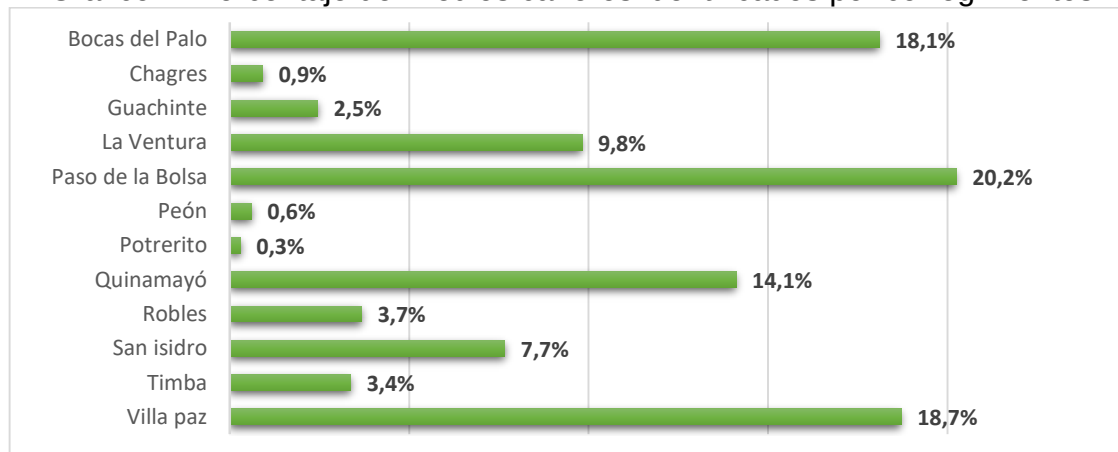
De lo anterior, el año 2012 se realizó el “Estudio de coberturas de la zona plana del municipio de Jamundí para determinar la línea base de los predios destinados al monocultivo de la caña de azúcar, para ser incluidos en el cobro del Impuesto Predial Unificado IPU como destino C1, mediante el procesamiento y clasificación de una imagen Landsat ETM+ del año 2012 y su cruce con la cartografía catastral del municipio. De este estudio, se identificaron 326 predios (ver tabla 25) cultivados en caña en el municipio (ver mapa 12).

A partir de esta identificación se previó que algunos predios relativamente pequeños cultivados en caña podrían presentar similitudes con respecto a otros cultivos y podrían no haberse incluido, así mismo se encontró que debido a inconsistencias en la información catastral 36 predios que aparecen en la cartografía ya no se encontraban inscritos en la base predial para la vigencia 2013, por lo cual no era posible aplicar la tarifa para el cobro del impuesto predial, en tanto no se identifica la conexión con predio vigente.

Tabla 25 Predios cañeros identificados por corregimiento		
Corregimiento	Cañeros	Sin registro* ¹³
Bocas del Palo	59	7
Chagres	3	1
Guachinte	8	0
La Ventura	32	1
Paso de la Bolsa	66	3
Peón	2	0
Potrerito	1	1
Quinamayó	46	9
Robles	12	5
San isidro	25	1
Timba	11	1
Villa paz	61	7
Total	326	36

*Predios cuyo número predial no cuenta con registro catastral para la vigencia 2013
Fuente: Elaboración propia con base en Estudio de coberturas de la zona plana del municipio de Jamundí para determinar la línea base de los predios destinados al monocultivo de la caña de azúcar, 2012

Grafico 7: Porcentaje de Predios cañeros identificados por corregimientos

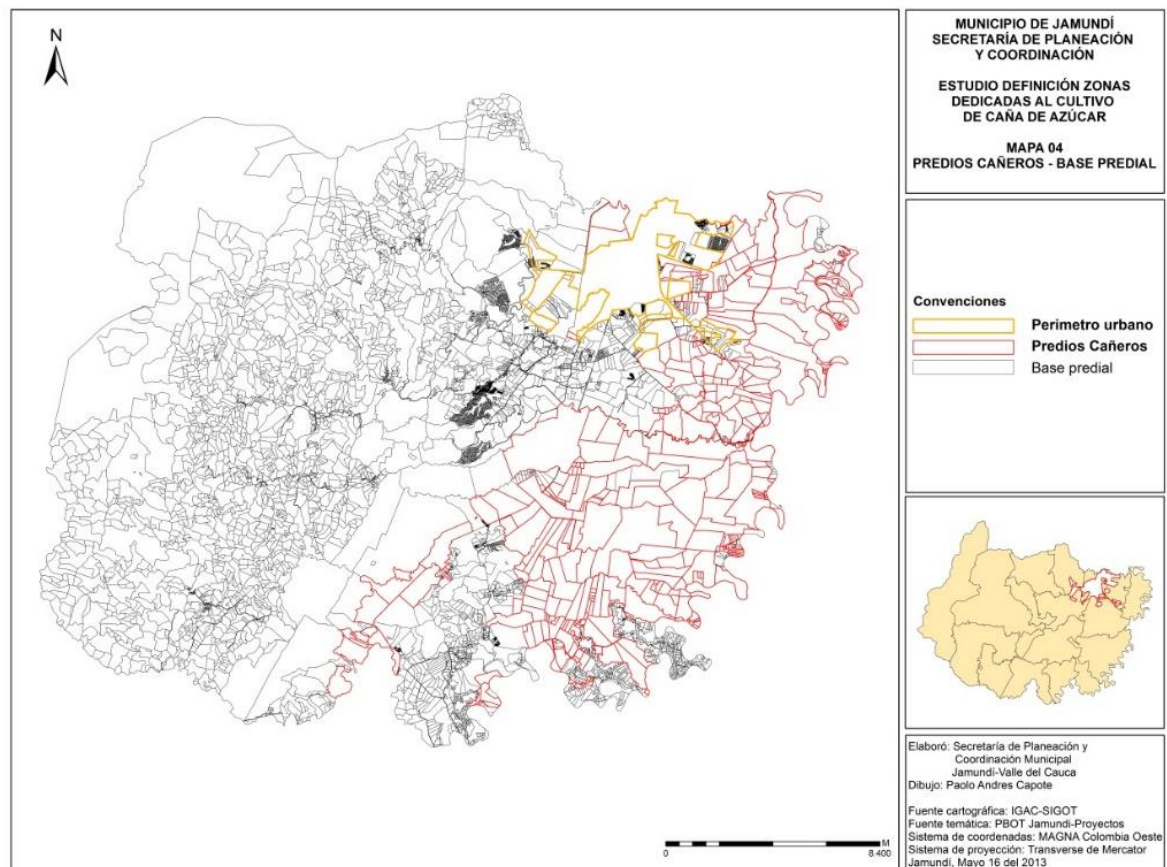


Fuente: Elaboración propia con base en Estudio de coberturas de la zona plana del municipio de Jamundí para determinar la línea base de los predios destinados al monocultivo de la caña de azúcar, 2012

13 La situación de los predios identificados en la cartografía catastral, pero no relacionadas en la base predial para la vigencia 2013, expresa el desfase entre la información cartográfica y el registro catastral, propia de la dinámica de la formación catastral y su conservación, razón por la cual pese a su identificación, estos no pueden ser considerados para el cobro del impuesto predial al no tener las conexiones necesarias de los procesos de mutación, inscripción o cancelación por parte Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC quien como autoridad catastral es el responsable de dicha información.

De los resultados obtenidos, el corregimiento con el mayor número de predios dedicado al cultivo de caña de azúcar correspondió a Paso de la Bolsa con el 20,2% seguido de Bocas del Palo y Villa Paz con el 18% cada uno (ver gráfico 6), corregimientos estos con un fuerte predominio de lo rural y propiedades de grandes extensiones, mientras el que menos predios presentó fue el corregimiento de Potrerito con un 0,3% de participación, explicable esto último considerando su topografía plana, a la definición de este corregimiento como zona suburbana del municipio con una importante presencia de parcelaciones y desarrollos de segunda residencia.

Mapa 12: Predios Dedicados a la Siembra de Caña de Azúcar



Fuente, Secretaría de Planeación y Coordinación, 2012

Conforme la identificación de estos predios, desde el año 2013, el municipio empezó a realizar el cobro de impuesto predial unificado de forma diferencial a aquellos predios sembrados en caña de azúcar y clasificados como C-1: Destinados a cultivo de caña de azúcar; lo anterior considerando que cuando entra en vigencia el Acuerdo No. 018 de 2012 las tarifas se establecieron considerando como base el estrato socioeconómico fijado por el municipio a los predios, y esta al tratarse de

una clasificación de predios residenciales excluye como predios no estratificables¹⁴ aquellos dedicados a otras actividades, debiéndose agrupar los predios rurales dentro de la clasificación según la explotación agrícola y/o pecuario y extensión o dedicación al cultivo de Caña de Azúcar según las tarifas definidas, no obstante, derivado de procesos de reclamación y revisión, dicha base se ha ido depurando, terminando en el año 2013 con 255 predios, siendo que el número de los predios clasificados como C-1 se ha ido modificando en el transcurso del tiempo, como puede apreciarse en la tabla 26.

Tabla 26: Predios Clasificado Como C-1 por Vigencia				
Vigencia	Predios rurales	Predios C-1	%	Área catastral m ² *
2012	13.574	0	0	79.691.932**
2013	11.371	255	2,21	61.955.404
2014	11.436	244	2,13	78.435.464
2015	12.026	246	2,05	78.375.174
2016	13.499	233	1,73	73.270.763
2017	16.810	254	1,51	73.002.187
2018	16.836	233	1,38	71.881.222

*calculada a partir de la sumatoria de áreas de terreno conforme el registro R1

**Área calculada con base en el registro catastral para la vigencia 2012

Fuente: Cálculos propios con base en información catastral

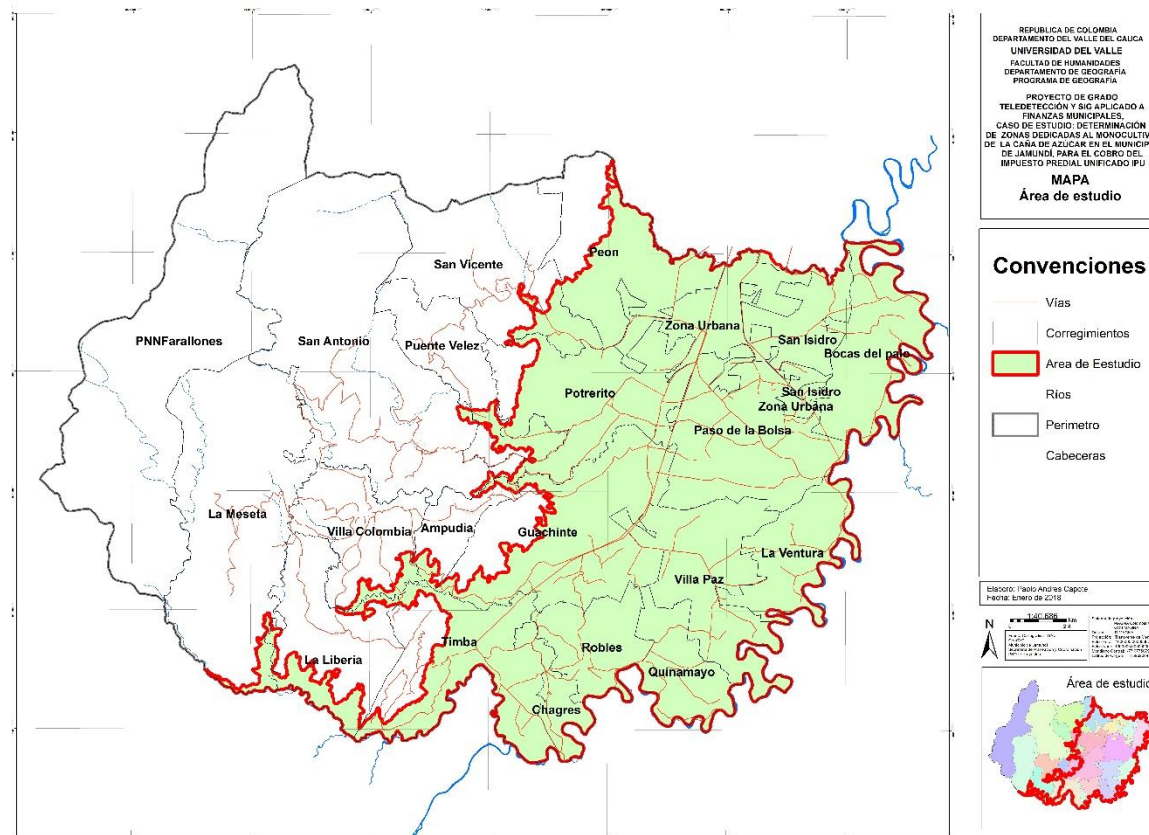
6 Área de estudio

6.1 Definición del área de estudio

Dado que el desarrollo de la actividad cañera en el Valle del Cauca se realiza en el valle geográfico del río Cauca, y que el presente trabajo se centra en la identificación del cultivo agroindustrial de la caña de azúcar en jurisdicción del municipio de Jamundí frente a otras actividades agrícolas, el área de estudio se corresponde con la zona plana del municipio de Jamundí localizada por debajo de la cota de los 1200 msnm, en un área 30.068,58 Has, correspondiente al valle aluvial del Río Cauca (ver mapa 13).

¹⁴ Conforme las metodologías de estratificación vigentes adoptadas para el municipio, en la zona rural, la unidad de observación y estratificación es el predio con vivienda, la vivienda independiente o la mejora; siendo que no se estratifica edificaciones como Fabricas, ingenios, bodegas, establos, clubes etc. en las cuales habitan o no hogares de personas que se encargan de la vigilancia, ni tampoco viviendas colectivas, es decir, las edificaciones en donde residen grupos de personas que comparten el techo y ordinariamente los alimentos por razones de trabajo, disciplina, religión, salud, castigo o recreación, tales como cuarteles, escuelas, conventos, cárceles, estaciones de investigación, colegios etc

Mapa 13: Área de Estudio



Fuente: Elaboración propia

6.2 Características generales del área de estudio

La zona de estudio se corresponde con la zona plana del municipio localizada dentro del Valle geográfico del río Cauca, entre los 980 y 1200 msnm, presentando un relieve conformado por pendientes bajas entre 7 y 12 % cortas y regulares, en donde se presenta un predominio de pastos y tierras cultivadas con cultivos de caña, arroz, maíz, sorgo y soya y frutales, así como por la presencia de relictos de vegetación arbórea natural y guaduales y el desarrollo urbano con proyectos residenciales y de parcelación.

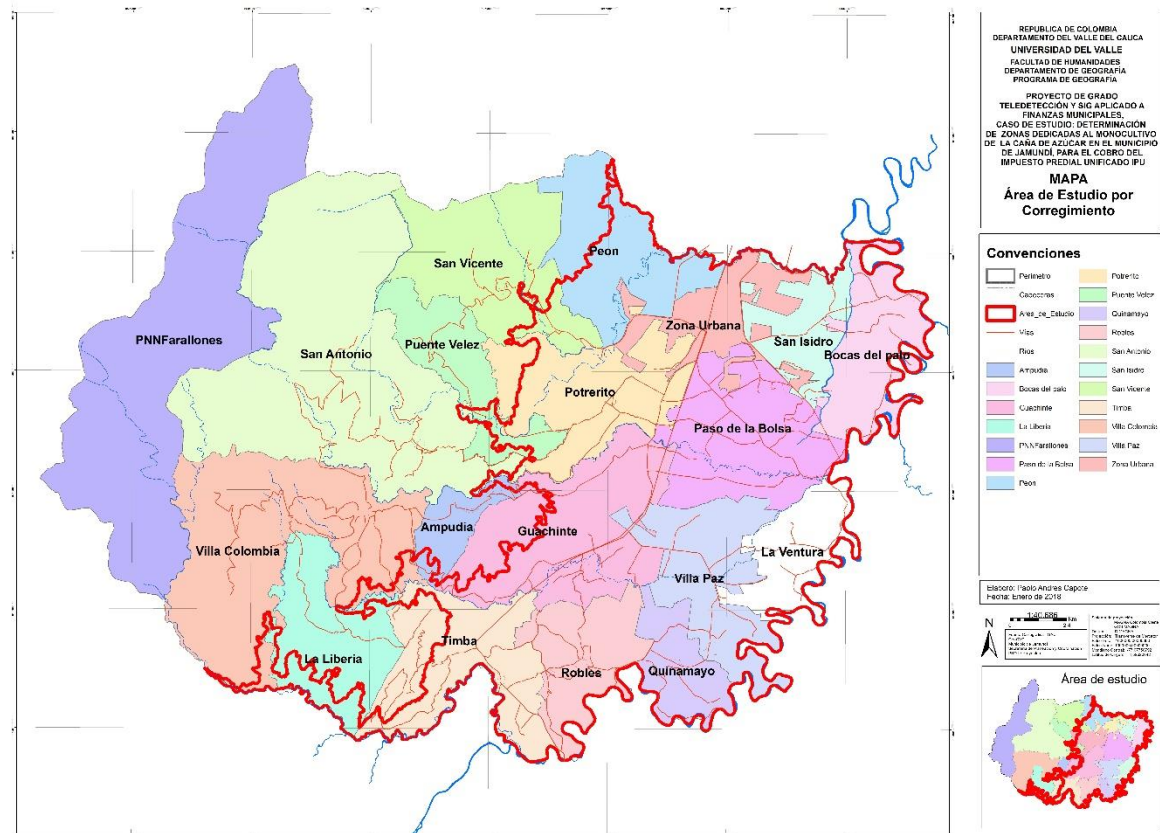
La temperatura promedio en esta zona oscila entre 24 y 28 °C; en cuanto a la precipitación, esta zona presenta lluvias generalmente inferiores a los 1500mm anuales, distribuidos en un régimen de lluvias bimodal el cual es representado por dos periodos de lluvias (que va entre los meses de marzo, abril y mayo y luego entre

octubre, noviembre y diciembre; por su parte el periodo seco corresponde con el resto de meses restantes (CVC, 2004).

Esta zona está bañada por los ríos Jamundí, Claro y Timba, los cuales drenan en sentido Oeste-Este hacia el río Cauca, acompañados de una importante red de tributarios compuesta por ríos, quebradas, zanjones, canales y acequias artificiales.

Territorialmente, la zona de estudio se encuentra en jurisdicción de los corregimientos de peón, San Isidro, Bocas del Palo, Paso de la Bolsa, Potrerito, Guachinte, La ventura, Villa Paz, Chagres, Robles, Timba, e incluyendo la zona de expansión urbana (Ver mapa 14, tabla 27), toda vez que algunos predios en desarrollo o por desarrollarse en zona urbana presentan superficies cultivadas en caña, pero no es aplicable el cobro de la tarifa por su condición urbana.

Mapa 14: Área de estudio por corregimiento



Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Área de estudio por corregimiento en has	
Corregimiento	Área - Has
Ampudia	142,80
Bocas del palo	2.301,43
Guachinte	3.557,52
La Liberia	574,34
Paso de la Bolsa	3.541,27
Peon	1.946,78
Potrero	2.861,25
Puente Velez	358,15
Quinamayo	1.393,25
Robles	2.108,16
San Antonio	90,59
San Isidro	1.462,62
San Vicente	495,89
Timba	2.483,20
Villa Colombia	404,19
Villa Paz	4.553,53
Zona Urbana	1.792,67
Total	30.067,67

Fuente: Elaboración propia

7 Materiales y métodos

7.1 Materiales

7.1.1 Imágenes de satélite

Debido a que el presente trabajo busca realizar un análisis de cobertura para la discriminación del cultivo de caña de azúcar, se optó por utilizar imágenes de satélite Landsat debido a la resolución espacial y temporal, disponibilidad de imágenes para el área de estudio y al ser de libre acceso, si bien por condiciones de calidad de las imágenes (nubes, fallas técnicas, etc.) hacen que las opciones para fechas recientes sean reducidas, contándose solo con algunas imágenes óptimas para el desarrollo del presente estudio.

Así, para el caso del área de estudio, se seleccionó una (1) imagen Landsat 8 OLI/TRS del año 2017 (ver tabla 29), correspondiente al Path 09 Row 58, la cual fue descargada del Earth Resources Observation and Science Center - EROS a través del visualizador EarthExplorer (ver tabla 28).

Tabla 28: Descripción de la imagen utilizada			
Característica	Descripción		
Path	09		
Row	58		
ID	LC80090582017352LGN00		
Producto	LC08_L1TP_009058_20171218_20171224_01_T2		
Fecha	2017/12/18		
Sensor	Landsat 8 OLI TIRS		
Dimensiones	Bandas	líneas (L)	columnas (S)
	Pancromática	15.481	15.181
	Reflectiva	7.741	7.591
	Termal	7.741	7.591
DATUM	WGS84		
Proyección	UTM 18		

Fuente: Elaboración propia con base en metadatos

Las imágenes tomadas por el satélite Landsat 8 OLI/TRS presentan nueve bandas espectrales, las cuales cubren un rango espectral que va desde el espectro visible hasta el infrarrojo cercano y el infrarrojo térmico junto con una banda pancromática, así como dos bandas térmicas (ver tabla 29), con una cobertura por escena de 170 km x 185 km.

Tabla 29: Bandas Landsat 8 OLI/TIRS			
Banda	Región	Rango	Resolución
B1	Visible	0.43 - 0.45 μm	30m
B2	Visible	0.450 - 0.51 μm	30m
B3	Visible	0.53 - 0.59 μm	30m
B4	Rojo	0.64 - 0.67 μm	30m
B5	Infrarrojo cercano	0.85 - 0.88 μm	30m
B6	SWIR	1.57 - 1.65 μm	30m
B7	SWIR	2.11 - 2.29 μm	30m
B8	Pancromática	0.50 - 0.68 μm	15m
B9	Cirrus	1.36 - 1.38 μm	30m
B10	TIRS	10.6 - 11.19 μm	30m
B11	TIRS	11.5 - 12.51 μm	30m

Fuente: Elaboración propia con base en metadatos

Una vez definida la imagen y considerando que para el satélite Landsat 8 OLI/TRS se cuenta con imágenes de nivel superior correspondiente a “Landsat Surface Reflectance Level-2 Science Products” los cuales se distribuyen desde 2013, se solicitó dicho producto a través del EROS Science Processing Architecture (ESPA) seleccionando las opciones de reflectancia en el techo de la atmósfera (TOA), reflectancia de la superficie (SR), temperatura de brillo en el techo de la atmósfera,

así como índices espectrales basados en reflectancia de superficie, correspondientes con:

- Original input metadata
- Original input products
- Brightness temperature
- Surface reflectance
- Top of atmosphere
- Sr_msavi
- Sr_evi
- Sr_ndvi
- Sr_savi
- Sr_ndmi

7.1.2 Material cartográfico

Dado que el presente estudio se orienta a la identificación de predios dedicados al cultivo de caña de azúcar, se utilizó la cartografía predial catastral del municipio dispuesta por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en formato vectorial shapefile (.shp) mediante el geoportal de datos abiertos <http://datosabiertos-geoportal-igac.opendata.arcgis.com/pages/catastro>, con corte al 30 de Noviembre de 2017, la cual se corresponde con:

- Predios: Terreno (Rural)) y Terreno (Urbano)
- Construcción urbano y rural
- Manzanas urbanas y cabeceras
- Nomenclatura vial
- Nomenclatura domiciliaria
- Veredas (Corregimientos)

Respecto a la información del municipio, se contó con cartografía básica y temática obtenida de la Secretaría de Planeación y Coordinación del municipio, obtenida del Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT y de proyectos en formato vectorial shapefile (.shp) y raster, la cual se corresponde con

- Perímetro
- Corregimientos
- Ejes Viales
- Red Hídrica
- Áreas de Actividad
- Uso y Tratamiento del Suelo
- Acuerdos Modificatorios PBOT
- Predios cañeros 2012
- Cobertura de caña 2012
- Usos y cobertura 2012

Es de referir que la base cartográfica se empleó en formato vectorial shapefile (.shp) y raster (.TIFF) en el sistema de referencia MAGNA Colombia Oeste, esta información es suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en formato vectorial shapefile (.shp) disponible en el geoportal de datos abiertos, con corte al 30 de noviembre de 2017, la cual se corresponde con los registros catastrales R1 y R2.

7.1.3 Datos estadísticos

Se obtuvo la base predial estratificada del municipio para las vigencias 2012 a 2018, filtrada de manera que solo se contara con el número predial, estrato socioeconómico y avalúo catastral por cada vigencia, en donde toda vez que para el presente estudio no se requiere contar con información jurídica o de propiedad de los predios, se omitieron dichos datos con el ánimo de garantizar la reserva de la información en consideración de lo establecido en Ley Estatutaria 1266 de Diciembre 31 de 2008 “Por la cual se dictan las disposiciones generales del hábeas data y se regula el manejo de la información contenida en bases de datos personales, en especial la financiera, crediticia, comercial, de servicios y la proveniente de terceros países y se dictan otras disposiciones” que establece que los datos personales se encuentran protegidos.

Así mismo se contó con el inventario de predios cañeros identificados mediante el estudio realizado por la administración municipal en el año 2012, en formato Excel.

7.1.4 Software

Dado que en el presente estudio se plantea el uso de una imagen de satélite Landsat, a partir de la cual derivar información temática de uso y cobertura de la tierra, se requiere un software para procesamiento digital de imágenes, para lo cual se empleó el software Geomatica 2017 de la firma PCI GEOMATICS, el cual tiene aplicaciones en teledetección, fotogrametría digital, análisis de imágenes y producción de mapas, siendo compatibles con ArcGIS.

Así mismo, se empleó un sistema de información geográfica como medio para el procesamiento y análisis de la información geográfica derivada de la imagen de satélite y la cartografía base, el cual para el caso se corresponde con ArcGIS Desktop 10.5 de ESRI, el cual es un software comercial que cuenta con un variado conjunto de herramientas de análisis espacial, para modelo vectorial y raster, que permite además el trabajo con imágenes de satélite.

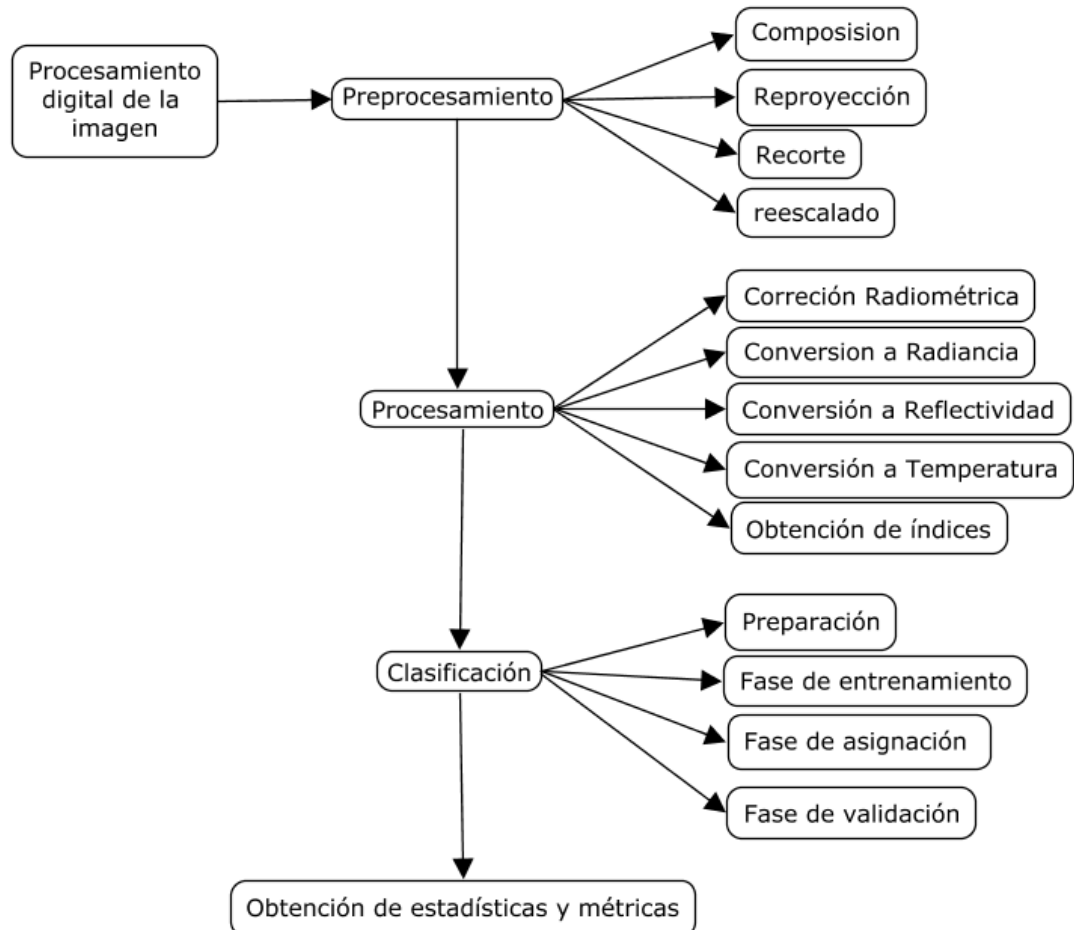
7.2 Metodología.

7.2.1 Pre procesamiento de las Imágenes

Las imágenes de satélite como el caso de la imagen Landsat 8 OLI/TRS usada, se encuentra afectados por condiciones atmosféricas, por lo cual su utilización requiere de aplicar medidas para corregir o atenuar los efectos atmosféricos, como el caso de las correcciones atmosférica o radiométrica y el transformar los valores digitales de radiancia en reflectancia.

De lo anterior, antes de comenzar cualquier análisis sobre la información recogida desde un sensor remoto es necesario un tratamiento previo de los datos en cuestión, lo cual puede resumirse en la figura 12.

Figura 12: Esquema conceptual procesamiento digital imagen de satélite Landsat



Fuente: elaboración propia

No obstante esto, los productos Landsat se encuentran disponibles con diferentes niveles de preprocesamiento, siendo que para el satélite Landsat 8 OLI/TRS se cuenta con imágenes con datos científicos de nivel superior (Landsat Surface Reflectance Level-2 Science Products) corregidas por la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio - NASA, generados del Landsat Surface Reflectance Code (LaSRC) mediante el algoritmo L8SR (Landsat 8 Surface Reflectance), obteniéndose productos de reflectancia en el techo de la atmósfera (TOA), reflectancia de la superficie (SR), temperatura de brillo en el techo de la atmósfera, así como índices espectrales basados en reflectancia de superficie como (NDVI, NDMI, NBR, SAVI, EVI), los cuales pueden solicitarse a través del USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center del Servicio Geológico de los Estados Unidos – USGS, accediendo por medio de la interfaz del EROS Science Processing Architecture (ESPA) (USGS, 2015).

Estos productos permiten su uso inmediato para el cálculo de índices espectrales, clasificación de coberturas, análisis multitemporales, etc., ya que cuentan con los algoritmos de calibración radiométrica y de corrección atmosférica aplicados para compensar la dispersión y absorción atmosférica, eliminando la necesidad de realizar ciertos pasos del preprocesamiento (Young et al, 2017), siendo además que estos productos presentan una correlación alta con productos generados a partir de valores de reflectancia al tope de atmósfera (TOA) (CONAE, 2016) y similitud con valores espectrales obtenidos por el método DOS (Kurnia & Trisakti, 2016)

Por lo anterior, y considerando que el presente estudio no considera el análisis multitemporal, sino la clasificación de uso y cobertura para la identificación de sitios sembrados en caña, se procedió a emplear los productos ya procesados a reflectancia de superficie y Temperatura de brillo, obtenidos de la imagen "LC08_L1TP_009058_20170524_20170614_01_T1" (Ver tabla 31).

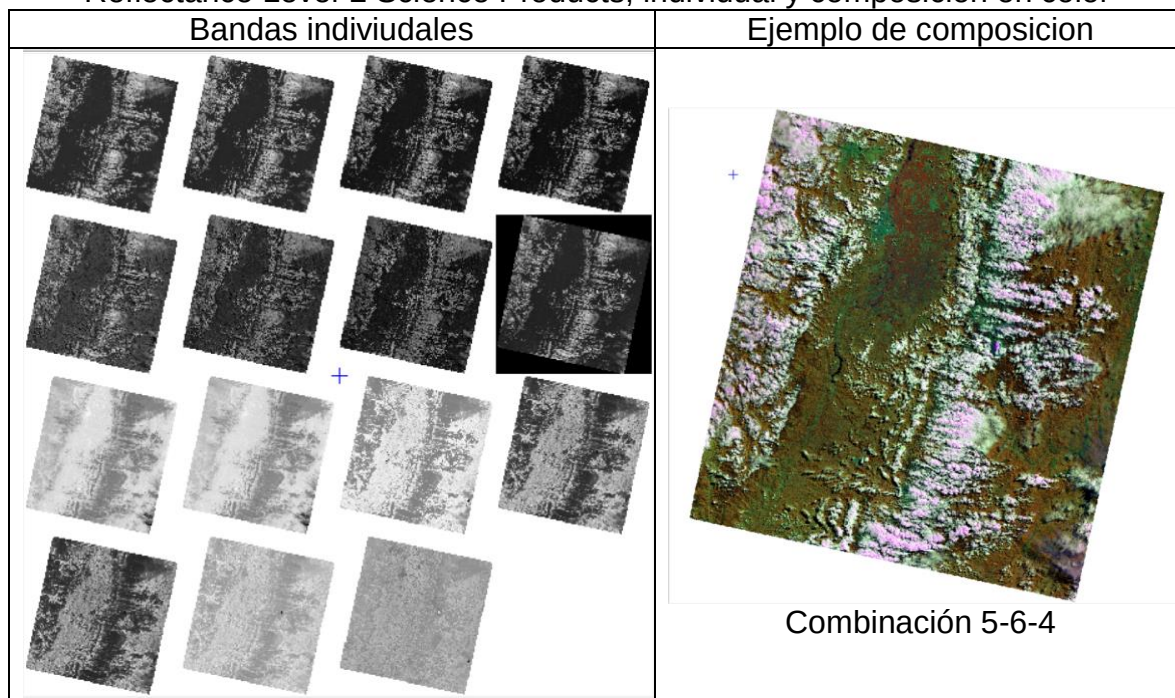
Tabla 30: Productos corregidos Landsat 8 OLI/TRS	
Producto	Bandas
Reflectancia en el Techo de la Atmósfera (Top of Atmosphere Reflectance TOA)	Bandas 1–7, 9
Temperatura de brillo en el Techo de la Atmósfera (Top of Atmosphere Brightness Temperature) Convertida a grados Kelvin	Bandas 10 - 11
Reflectancia de la superficie (SR) Surface Reflectance	Bandas 1–7
Índices espectrales ➤ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ➤ Enhanced Vegetation Index (EVI) ➤ Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) ➤ Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI) ➤ Normalized Difference Moisture Index (NDMI)	

Fuente: Elaboración propia con base en NASA, 2017

7.2.1.1 Composición en color de la imagen

Una vez obtenidos los producto mencionados de la imagen de satélite Landsat, como bandas individuales en formato GeoTIFF (Georeferenced Tagged Image File Format) con el ánimo de combinarlas e importarlas en el formato .pix (PCI Geomatics Database File) utilizado por el programa Geomatica, creando una imagen multispectral compuesta (ver figura 13), la cual contiene las bandas e índices excepto la banda 9 que no es de interés para el presente estudio.

Figura 13. Aspecto de la imagen de satélite Landsat 8 OLI/TRS - Landsat Surface Reflectance Level-2 Science Products, individual y composición en color



Fuente: Elaboración propia con base en NASA, 2017

7.2.1.2 Reescalado

Una vez revisada y considerando que las bandas obtenidas del Landsat Surface Reflectance Level-2 Science Products, presentan un factor de escala multiplicativo para sus niveles digitales, se procedió a la normalización de las bandas térmicas, toda vez que estas se encontraban expresadas en grados kelvin °K, siendo necesario convertir esas a grados centígrados °C, con el ánimo de emplear las mismas en la obtención de índices y su empleo en el proceso de clasificación y obtención de información; con el ánimo de normalizar los niveles digitales, se tuvo en cuenta el factor de escala indicado para los productos Landsat 8 OLI/TIRS, conforme la tabla 31.

Tabla 31: Factor de Escala Productos e Índices Landsat 8 OLI/TIRS			
Bandas	Región	Factor de escala*	Factor de conversión**
B1	Azul	0.0001	
B2	Azul	0.0001	
B3	Verde	0.0001	
B4	Rojo	0.0001	
B5	Infrarrojo cercano	0.0001	
B6	SWIR	0.0001	
B7	SWIR	0.0001	
B8	Pancromática	0.0001	
B9	Cirrus	0.0001	
B10	TIRS	0.1	273.15
B11	TIRS	0.1	273.15
Índices	NDVI	0.0001	
	SAVI	0.0001	
	MSAVI	0.0001	
	EVI	0.0001	
	NDMI	0.0001	

*Obtenidos con base en Landsat 8 Surface Reflectance Code (LASRC) Product y Landsat Surface Reflectance-Derived Spectral Indices

** Considera el factor de conversión de grados Kelvin (°K) a Celsius (°C) como $c = K - 273.15$

Fuente: Elaboración propia con base en NASA, 2017

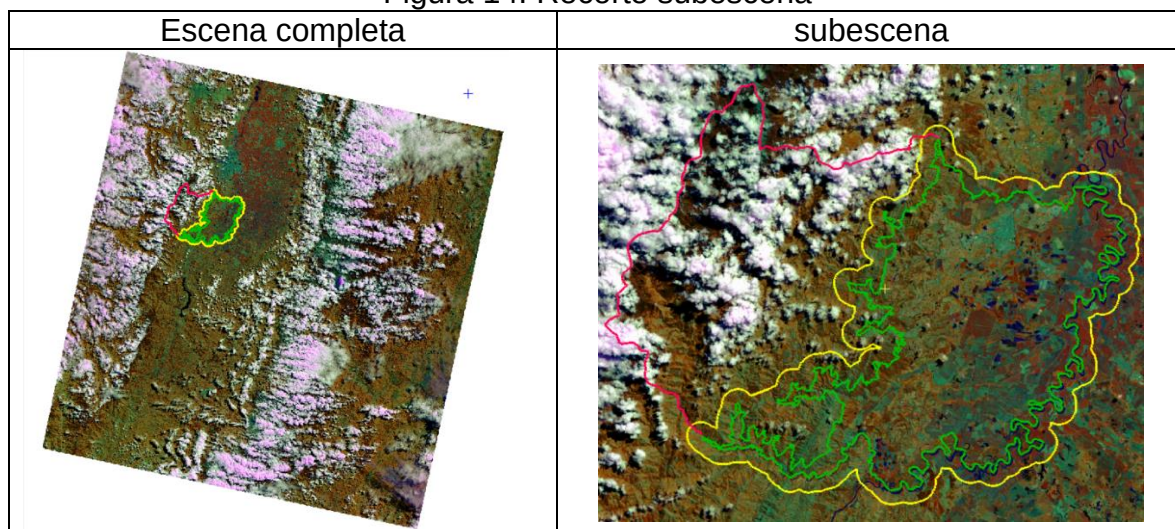
7.2.1.3 Recorte de la Imagen

Una vez obtenida la imagen compuesta, se procedió a revisar las características geográficas de la misma, de donde se halló que la imagen se encontraba bajo el sistema de referencia WGS84 proyección UTM - Zona 18, aquí por medio de la herramienta clipping/subsetting del modulo focus, se procedió a realizar un recorte de la imagen original creando una sub-escena con un bufer de 1km a partir del área de estudio (ver tabla 32 y figura 14), utilizando para ello una capa vectorial que sirvió de mascara de corte.

Tabla 32: Tamaño de las Imágenes						
Bandas	Dimensiones					
	Original		Composición		Subescena	
	Líneas (L)	Columnas (S)	Líneas (L)	Columnas (S)	Líneas (L)	Columnas (S)
Pancromática	15481	15181	7751	7591	910	1088
Reflectiva	7741	7591				
Termal	7741	7591				

Fuente: Elaboración propia en base al reporte de recorte y reescalado PCI Geomatic

Figura 14: Recorte subescena



Combinación 5-6-4 / Polígono en rojo el perímetro del municipio, en verde área de estudio y en amarillo capa para recorte de la subescena

Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Obtención de Índices

Para la caracterización de tipos de usos y coberturas de la tierra de acuerdo a respuestas espectrales específicas y su posterior uso en la clasificación de las imágenes, se prosiguió a realizar la creación de índices a partir de las bandas convertidas a reflectividad.

En el presente estudio se ha planteado emplearse en el proceso de clasificación y determinación de la cobertura de caña índices de vegetación, humedad, agua y suelo, debido a que estos han sido ampliamente usados en los estudios de uso y cobertura, así como para discriminación de variedades de caña, de diferentes tipos de pasturas y diversas coberturas forestales (Murillo, 2006) y considerando la correlación entre índices como el caso de los índices de vegetación y humedad, suelo desnudo superficie construida y temperatura (Santana et al, 2010) y la correlación inversa entre índices de vegetación e índices de suelo desnudo (Duy et al, 2012), lo cual permite una mejor discriminación de coberturas, dado que cada uno acentúa una u otra variable según el caso.

Si bien, el producto Landsat 8 OLI/TRS - Landsat Surface Reflectance Level-2 Science Products obtenido ya cuenta con los índices NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) y NDMI o NDWI (Normalized Difference Moisture (Water) Index) (ver la figura 15), para para su cálculo se consideran los aspectos:

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), el índice de vegetación de diferencia normalizada (Fung y Siu 2000; Voogt y Oke 2003; Susaki et. al, 2005; Rodriguez et al, 2012), permite discriminar la diferencia en el vigor vegetal de las distintas cubiertas, su resultado expresa la máxima (+1) y mínima (-1) cobertura de vegetación y reflectividad clorofílica; este índice se obtiene a partir de la ecuación 1:

$$NDVI = (IRC - R) / (IRC + R) \quad (1)$$

Donde IRC corresponde a la banda del infrarrojo cercano, y R corresponde a la banda del rojo, lo cual para el caso de la imagen Landsat 8 corresponde con:

$$NDVI = \frac{(Banda\ 5 - Banda\ 4)}{(Banda\ 5 + Banda\ 4)}$$

- SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index). El índice de vegetación ajustado al suelo (Huete et al., 1992; Chuvieco, 2003; Gonzaga, 2015) busca disminuir las alteraciones del valor del NDVI incluyendo un parámetro de ajuste con el fin de minimizar el efecto del suelo en áreas con baja densidad de vegetación, el cual es hallado mediante la ecuación 2:

$$SAVI = ((IRC - R) / (IRC + R)) * (1 + L) \quad (2)$$

Donde IRC corresponde a la banda del infrarrojo cercano, R a la banda roja y L a la constante para justar la línea de la vegetación que para el caso fue de 0.5, lo cual para el caso de la imagen Landsat 8 corresponde con:

$$SAVI = \left(\frac{(Banda\ 5 - Banda\ 4)}{(Banda\ 5 + Banda\ 4 + 0.5)} \right) * (1.5)$$

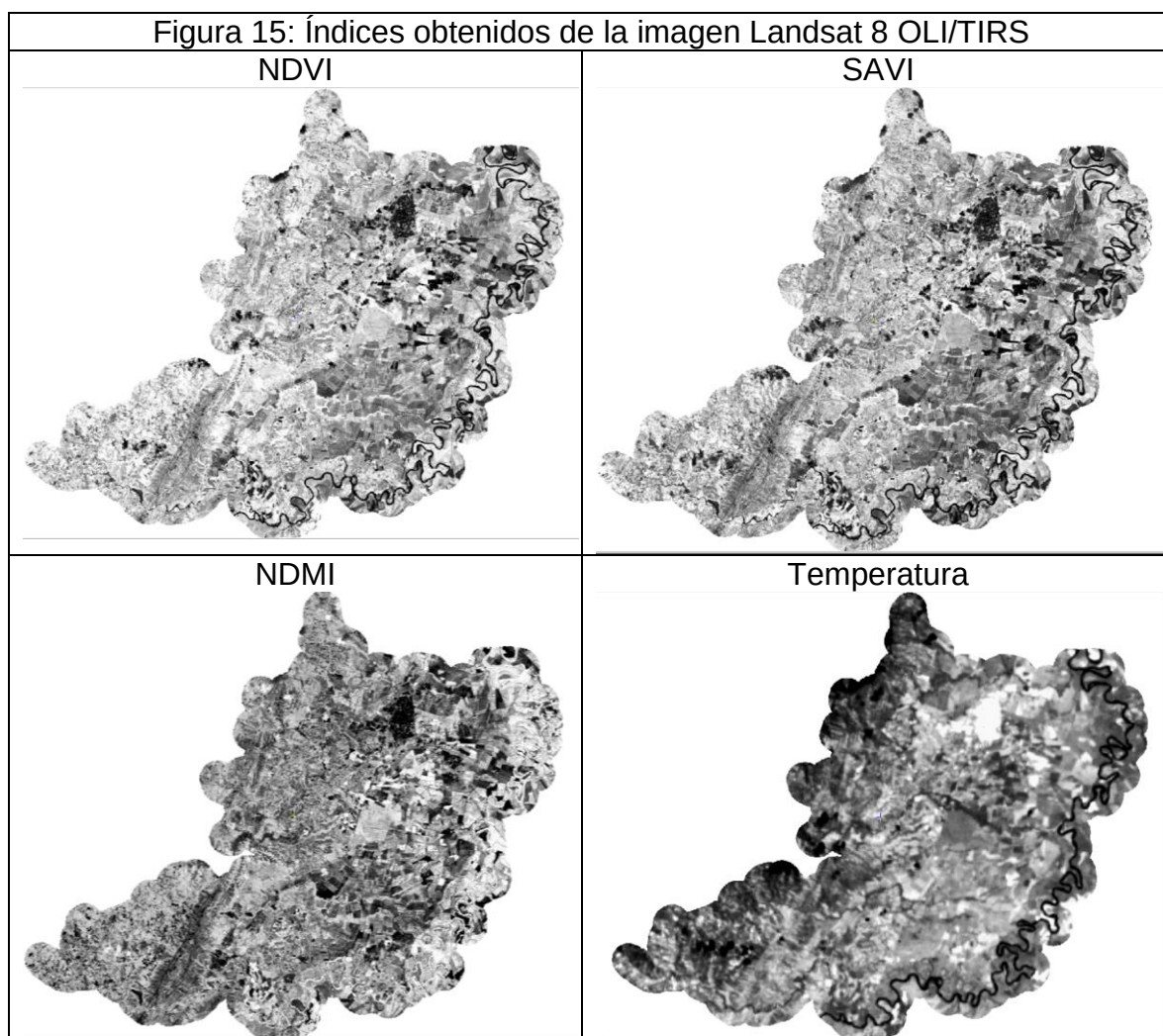
- NDMI o NDWI (Normalized Difference Moisture (Water) Index). El índice de humedad de diferencia normalizado o índice diferencial de agua normalizado fue desarrollado como un índice de contenido de agua en la vegetación (Gao, 1996) el cual se aplica para identificar masas de agua como lagos y embalses junto con zonas de alta saturación de humedad, sus valores describirán superficies de agua y vegetación con contenido en agua (+1) o zonas terrestres y con ausencia de humedad (-1); este índice se obtiene a partir de la ecuación 3:

$$NDWI = (IRC - SWIR) / (IRC + SWIR) \quad (3)$$

Donde IRC corresponde al infrarrojo cercano, SWIR a la banda infrarroja, lo cual para el caso de la imagen Landsat 8 corresponde con:

$$NDWI = \frac{(Banda\ 5 - Banda\ 6)}{(Banda\ 5 + Banda\ 6)}$$

Estos índices se representan por medio de una imagen con valores adimensionales de -1 a +1 o de -10,000 – 10,000 para el caso de los índices espectrales derivados del LANDSAT SURFACE REFLECTANCE obtenidos junto con la imagen, en todo caso en ambos los rasgos a resaltar (vegetación, humedad, suelo) se expresan en valores positivos, mientras que otros tipos de coberturas tienden hacia valores de 0 o negativos.



Fuente: elaboración propia con base en la imagen

7.2.3 Clasificación Digital de la Imagen

Si bien, el presente trabajo emplea el método de clasificación supervisado a través de la herramienta Image Classification del módulo Focus del programa Geomatica, para lo cual se consideran las fases de preparación, entrenamiento, asignación y validación (ver figura 16)

Figura 16: Clasificación digital de la imagen



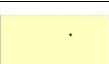
Fuente: elaboración propia

7.2.3.1 Preparación

Corresponde a los preparativos para la realización de la clasificación de la imagen; aquí se considera la creación de las bandas en donde se dispondrá la información de la fase de entrenamiento y el resultado de la clasificación, Así mismo se considera la definición de las categorías temáticas o clases que se esperan obtener del proceso de clasificación.

Dichas clases se definieron en base al conocimiento que se tiene sobre la zona de estudio y los tipos de usos y coberturas presentes en esta, las características de la imagen y la consideración de algunos esquemas de clasificación utilizados en otros trabajos de este tipo (Murillo, 2006; Santana et al, 2007; Santana et al. 2010, Murillo, 2012; etc.)

De lo anterior se utiliza un sistema de clasificación simplificado de 14 clases temáticas (ver tabla 3), con las cuales se busca identificar no solo la cobertura con caña de azúcar, sino también los tipos de uso y cobertura presentes en la zona.

Tabla 33: Clases temáticas (uso y cobertura)			
Clase	ID	Simb.	Descripción
Urbano Denso	1		Superficies construidas e impermeables propias de construcciones concentradas, esta clase se corresponde con la cabecera urbana y centros poblados, e infraestructura vial.
Urbano disperso	2		Superficie construida asociada a construcciones dispersas, parcelaciones y condominios.
Otros cultivos	3		Áreas agrícolas heterogéneas conformadas por usos agrícolas asociados a cultivos permanentes, misceláneos, semipermanentes y transitorios.
Caña de azúcar	4		Monocultivo de la Caña de Azúcar.
Pastos	5		Conformada por cubiertas vegetales asociadas a pastos y grama natural.
Rastrojo	6		Vegetación arbustiva, rastrojo bajo.
Bosque natural	7		Comprende manchas asiladas de cobertura forestal asociada al bosque nativo, secundario o intervenido.
Bosque de galería	8		Comprende el bosque de galería asociado a los ríos y quebradas así como mata de guaduas aisladas.
Suelo arado	9		Superficies desnudo sin cobertura vegetal, asociados a áreas cosechadas y/o labradas, suelo erosionado y afloramientos rocosos.
Suelo inundado	10		Superficies sin cobertura vegetal, asociados a áreas cosechadas y/o labradas con riego o saturados de humedad.
Cuerpos de Agua	11		Masa de agua de carácter artificial o natural lenticos (lagunas naturales y lagos y lagunas).
Corrientes Superficiales	12		Cuerpos de agua superficial o loticos (ríos y quebradas, zanjones y acequias).
Nubes y sombras	13		Zonas con presencia de nubes y sombras .

Fuente: Elaboración propia

7.2.3.2 Fase de entrenamiento

Para la fase de entrenamiento, se procedió a la toma de un número significativo muestras de los diferentes tipos de las coberturas definidas con anterioridad para el presente estudio (ver tabla 34), mediante la digitalización manual de polígonos de diverso tamaño dispersos por el área de estudio, de manera que se pudieran definir cada una de las clases elegidas.

Así mismo, para la diferenciación de clases se tuvo en cuenta el coeficiente de separabilidad Bhattacharyya Distance durante el proceso de entrenamiento, la cual permite evaluar estadísticamente la similitud entre 2 distribuciones, valorando la discriminación entre dos coberturas y buscando que la diferencia entre estas estén lo más cercano posible a 2, toda vez que los resultados cercanos a los límites superiores permite concluir que las firmas son totalmente separables con menor posibilidad de confusión entre ellas, mientras que si por el contrario los valores se acercan a 0 éstas tienden a ser inseparables.

7.2.3.3 Fase de asignación (Clasificación)

Una vez culminada la fase de entrenamiento y realizado los ajustes a las clases y a los valores de la matriz de separabilidad de las mismas se prosiguió con la realización de la clasificación de las imágenes, empleando en este caso el algoritmo de máxima probabilidad (Maximum Likelihood), para ello se consideraron las bandas e índices relacionadas a continuación (tabla 34):

Tabla 34: Bandas e índices utilizadas (input) en la clasificación			
Banda	Región		Resolución M
B2	0.450 - 0.51 μm	Visible - Azul	30
B4	0.64 - 0.67 μm	Visible Rojo	30
B5	0.85 - 0.88 μm	Infrarrojo cercano	30
B6	1.57 - 1.65 μm	Infrarrojo SWIR	30
B7	2.11 - 2.29 μm	Infrarrojo SWIR	30
B10	10.6 - 11.19 μm	Infrarrojo TIRS	30
Índices			
NDVI	Índice de vegetación de diferencia normalizada		30
SAVI	Índice de vegetación ajustado al suelo		30
NDMI	Índice de humedad de diferencia normalizado o índice diferencial de agua normalizado		30

Fuente: Elaboración propia

La clasificación de máxima probabilidad (Maximum Likelihood) se basa en una regla de decisión de máxima probabilidad, a partir del cual se determina la probabilidad de que un pixel pertenezca a alguna de las clases definidas asignándose cada uno a la clase con mayor probabilidad o definiéndose como no clasificado o perteneciente a ella si sus valores no están acordes con un umbral o límites de decisión establecidos por el usuario mediante el cual se separa cada clase dentro de una región en el espacio multispectral (Ahmad & Quegan, 2012), atendiendo para ello:

- La determinación de los tipos de cobertura y sus clases en el área de estudio

- Elección de píxeles para del área de entrenamiento para cada una de las clases definidas
- Estimación de la matriz media de vectores y covarianzas de cada clase a partir de los píxeles de entrenamiento
- Clasificación de cada píxel en cada clase o etiquetamiento como desconocido

7.2.3.4 Fase de Validación y Postclasificación

Obtenida la clasificación final, se procede a revisar grado de fiabilidad de la misma, prestando especial atención en el estadístico Kappa y en el coeficiente de precisión empleando para ello la herramienta Accuracy Assessment la cual a partir de la generación de muestra aleatorias (píxeles) se busca establecer si la clasificación (los píxeles clasificados según cada clase) corresponde con la cobertura real en la imagen

Así mismo, dentro del proceso de postclasificación, y considerando la presencia de píxeles sueltos y ruido, se plantea la posibilidad de emplear un filtro de suavizado que permita reducir la variabilidad entre coberturas y suavizar la imagen frente a su representación gráfica y el objetivo del presente estudio como lo es la discriminación de áreas cultivadas en caña de azúcar.

7.2.4 Obtención de estadísticas y métricas

Realizado el procesamiento de la imagen, la obtención de los índices, la clasificación y su validación, se prosiguió con la extracción de los datos de cada uno de los productos obtenidos, ello se realizó por medio de la función Overlay de la herramienta Analysis, en donde a partir de la superposición de una capa vectorial se extrajeron los valores mínimos, máximos, desviación estándar y promedios de los diferentes índices obtenidos y de la temperatura, así como del porcentaje de cada clase, con los cuales constituir indicadores siguientes:

- Uso y cobertura

Con base en la clasificación de los usos y coberturas, se cuantificó el área por cada uso y cobertura para el área de estudio y a nivel de corregimiento, aplicando para ello la capa vectorial de corregimientos.

- Área dedicada al cultivo de caña de azúcar

Con base en la clasificación de uso y cobertura, se reclasifico con el ánimo de obtener una capa temática correspondiente solo al uso discriminado como caña de azúcar y suelo (desnudo y húmedo), dentro del área de estudio para determinar la superficie asociada a este cultivo, bien por estar sembrado (en diferentes estadios)

o por presentar condiciones asociadas a este tipo de cultivo (suertes, patrones de siembra, riego, etc.).

➤ Predios dedicados a siembra de caña de azúcar

A partir de la capa de cobertura en caña de azúcar y suelo desnudo y húmedo, mediante el cruce con la base predial rural, se establecieron los predios dedicados a siembra de caña de azúcar, a partir de la cual consolidación de la base de datos una vez cruzada con los registros.

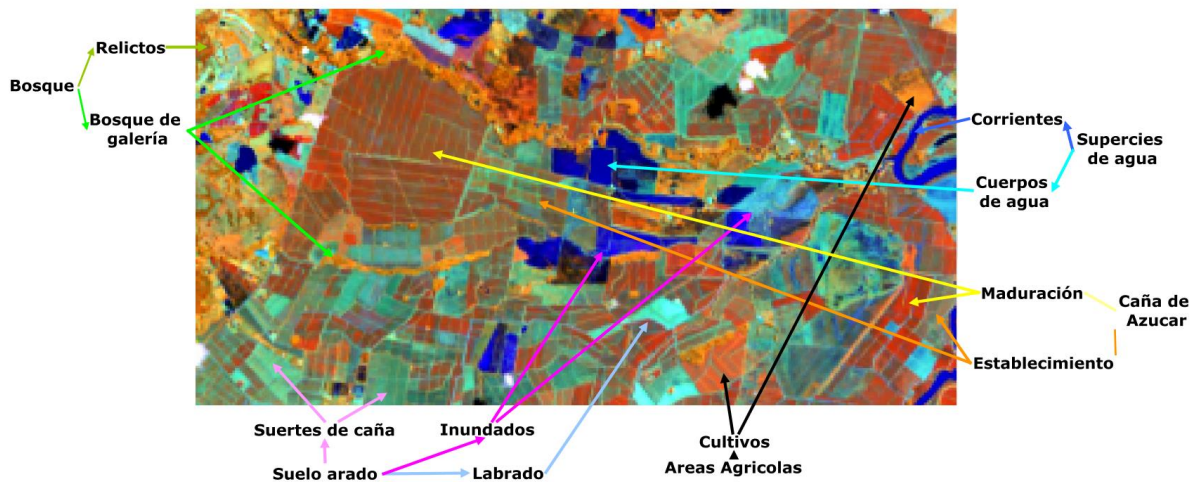
8.Resultados y Discusiones

8.1 Procesamiento Digital de la Imagen

A partir del procesamiento y clasificación digital de la imagen de satélite Landsat 8 OLI/TIRS, se obtuvo una capa temática de uso y cobertura de la tierra para el área de estudio, cuyos resultados se consideraron satisfactorio conforme la búsqueda de la discriminación de coberturas y cultivos de caña de azúcar conforme el sistema de clasificación simplificado de 14 clases temáticas (ver tabla 34).

Para ello se partió de la selección de muestra por clase en la fase de entrenamiento, considerando la interpretación visual de la imagen, el conocimiento previo de la zona de estudio (ver figura 17), lo cual permitió seleccionar y tomar las muestras para cada clase (ver tabla 35).

Figura: 17 Identificación de coberturas para selección de clases



Combinación 5-6-4

Fuente: Elaboración propia con base en el programa en PCI Geomatica

Tabla 35: Muestras por clase para entrenamiento			
Clase	ID	Píxeles por clase	Área calculada has
Urbano Denso	1	269	2,421
Urbano Disperso	2	19	0,171
Otros cultivos	3	430	3,87
Caña de Azúcar	4	435	3,915
Pastos	5	231	2,079
Rastrojo	6	43	0,387
Bosque natural	7	121	1,089
Bosque de galería	8	253	2,277
Suelo arado	9	724	6,516
Suelo inundado	10	207	1,863
Cuerpos de agua	11	109	0,981
Corrientes superficiales	12	85	0,765
Nubes y sombras	13	708	6,372

Fuente: Elaboración propia con en el entrenamiento en PCI Geomatic

De lo anterior y considerando el proceso de entrenamiento, se logró obtener un promedio de separabilidad relativamente alto, como se muestra en la matriz de separabilidad arrojado por el programa Geomatica (ver tabla 47):

Tabla 36 Matriz de Separabilidad

Clases	Urbano denso	Urbano disperso	Otros cultivos	Caña de azúcar	Pastos	Rastrojo	Bosque	Bosque de galería	Suelo arado	Suelo inundado	Cuerpos de agua	Corrientes superficiales	Nubes
Urbano disperso	1,9998												
Otros cultivos	2,0000	2,0000											
Caña de azúcar	2,0000	2,0000	2,0000										
Pastos	2,0000	1,9988	2,0000	2,0000									
Rastrojo	2,0000	2,0000	1,9991	2,0000	1,9999								
Bosque	2,0000	2,0000	1,9930	1,9745	2,0000	2,0000							
Bosque de galería	2,0000	2,0000	1,9643	1,9999	2,0000	1,9665	1,9815						
Suelo arado	1,9820	2,0000	2,0000	2,0000	1,9982	2,0000	2,0000	2,0000					
Suelo inundado	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,9973				
Cuerpos de agua	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,9972			
Corrientes superficiales	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,9994		
Nubes	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	
Sombras	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,9984	2,0000	2,0000

Separability Measure: Bhattacharyya Distance

Average separability: 1.998570

Minimum separability: 1.964316

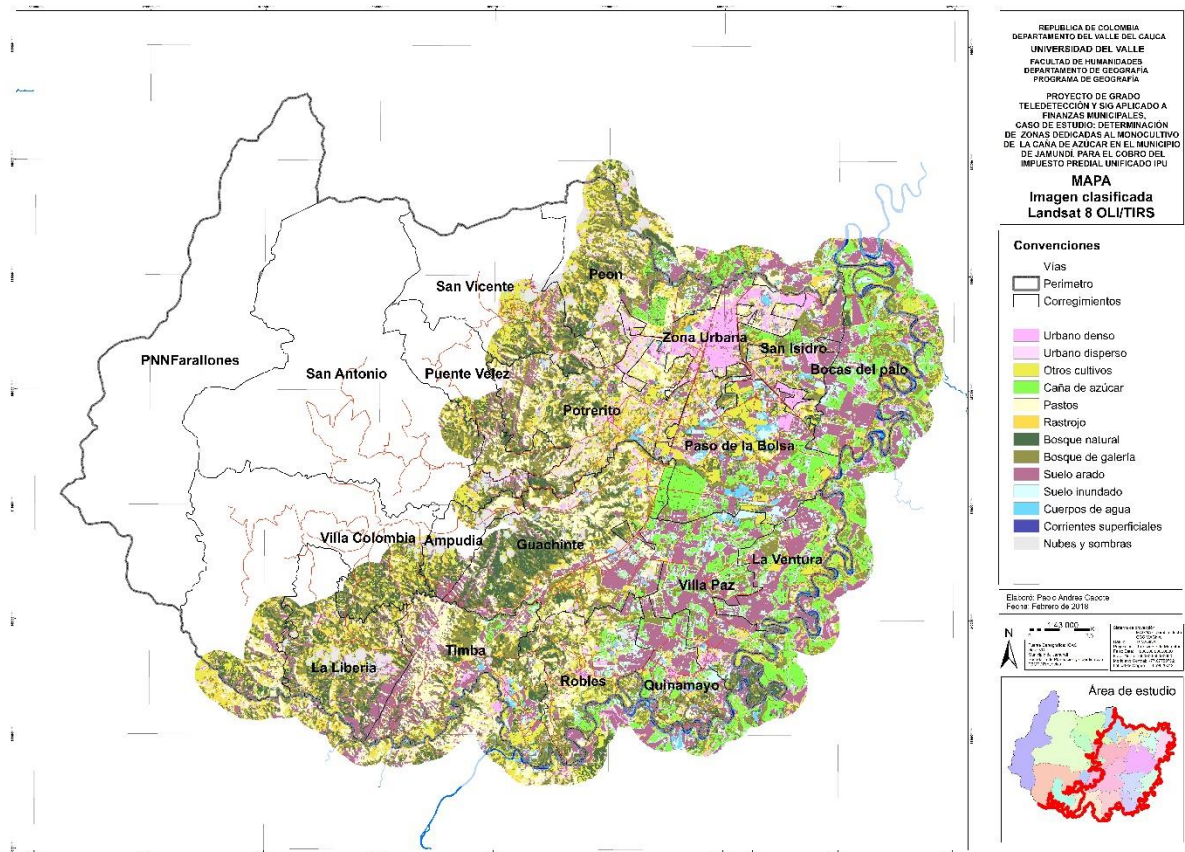
Maximum separability: 2.000000

Fuente: Elaboración propia con base en reporte datos de la imagen obtenidos mediante el programa Geomatica

Estos indicadores permitieron concluir que al presentarse valores tan cercanos a 2, se cuenta con una buena discriminación espectral de las coberturas a clasificar, reduciendo la posibilidad de confusión entre clases a la hora de realizar la clasificación de la imagen. Conforme lo anterior se procedió a realizar la clasificación siguiendo el método seleccionado a través del algoritmo de máxima probabilidad (Maximum Likelihood), contenido en la herramienta Image Classification del módulo

Focus del programa Geomatica, a partir de lo cual se obtuvo una imagen clasificada compuesta por 523.694 píxeles y un área calculada de 47.132,46 has conforme la capa de recorte de la subescena (ver mapa 15),

Mapa 15: Imagen Landsat 8 OLI/TIRS Clasificada



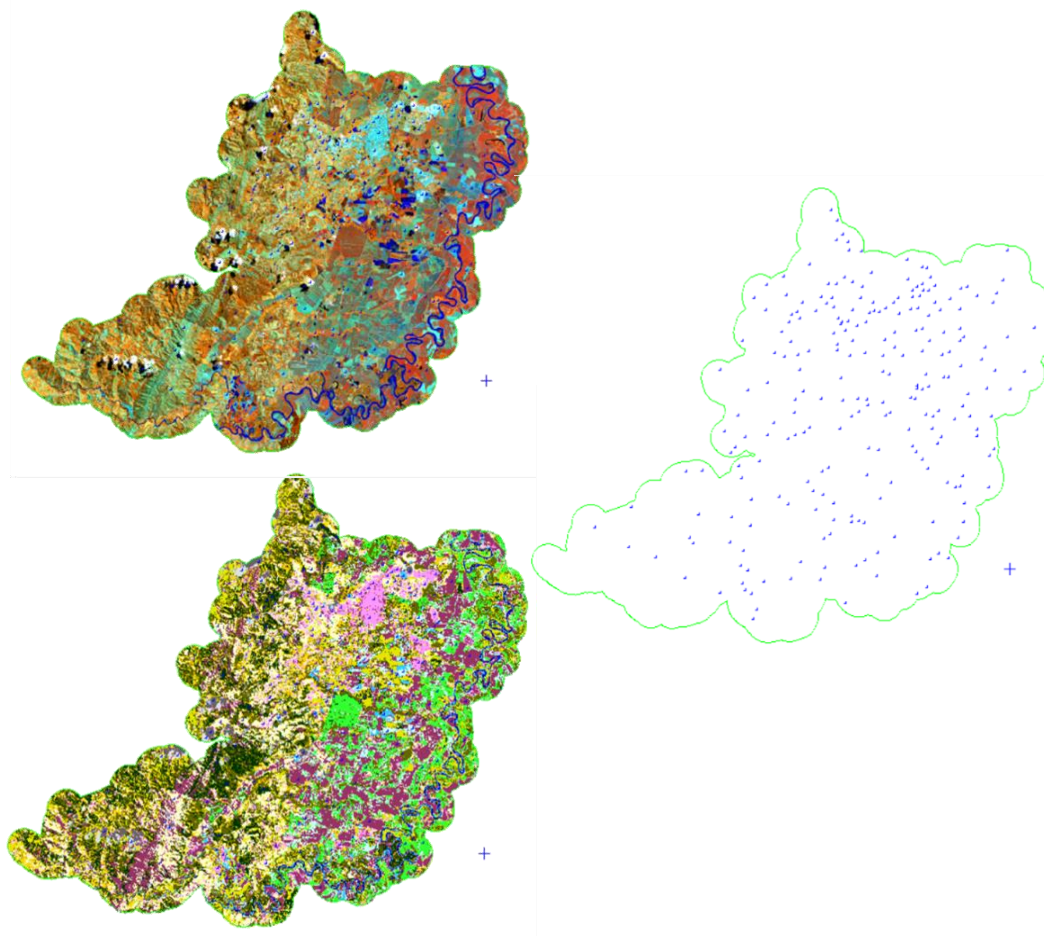
Fuente: Elaboración propia

De la imagen clasificada, se encontró que la mayor proporción de píxeles se correspondían con suelo desnudo y bosque de galería ambas con poco más del 18% de los píxeles clasificados.

Por su parte la clase cultivos de caña obtuvo el 8,04% considerando que parte de las zonas dedicadas a este se encontraban en preparación o cosechadas y fueron clasificadas dentro de las categorías como suelo desnudo o suelo húmedo, así mismo si bien existen corrientes superficiales por toda el área de estudio estas abarcaron solo un 0,99% toda vez que algunos son cauces y canales los cuales no pueden ser detallados con el nivel de resolución de la imagen o por presencia de vegetación y bosque de galería sobre sus riberas que como se anoto fue la segunda mayor cobertura clasificada (ver tabla 38)

Así, una vez obtenida la imagen clasificada, se prosiguió a revisar el grado de fiabilidad de la clasificación, mediante la herramienta Accuracy Assesment del módulo focus, a partir de 245 sitios de verificación seleccionados previamente conforme el conocimiento de la zona de estudio, y dispuestos dispersos por el área de estudio (ver figura 18), mediante los cuales busca establecer si la clasificación (los pixeles clasificados según cada clase) corresponde con la cobertura real en la imagen.

Figura 18: Identificación de sitios de verificación para fase de validación



Fuente: Elaboración propia

De lo anterior, se encontraron resultados consistentes y suficientemente confiables para la determinación de las coberturas seleccionadas (ver tabla 48), en tanto el producto obtenido arroja buenos resultados considerando la matriz de confusión (ver tabla 48) y los estadísticos derivados de ella como el caso del estadístico Kappa que al estar en 0.793, se permite considerar el grado de exactitud de la clasificación satisfactorio, presentándose así como un bien ejercicio de clasificación y discriminación de las coberturas,

Tabla 37: Matriz de confusión - clasificación supervisada

		Urbano denso	Urbano disperso	Otros cultivos	Caña de azúcar	Pastos	Rastrojo	Bosque natural	Bosque de galería	Suelo arado	Suelo inundado	Cuerpos de agua	Corrientes superficiales	Nubes	Sombras	Exactitud usuario	Errores de comisión
	Datos de referencia	20	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0,29
	Urbano denso	20	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0,29
	Urbano disperso	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0,00
	Otros cultivos	0	0	15	0	1	7	1	2	0	0	0	0	0	0	26	0,42
	Caña de azúcar	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0,00
	Pastos	0	3	0	0	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0,21
	Rastrojo	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0,00
	Bosque natural	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	19	0,00
	Bosque de galería	0	0	4	1	0	4	0	20	0	0	0	0	0	0	29	0,31
	Suelo desnudo	0	0	0	0	3	0	0	0	24	0	0	0	0	0	27	0,11
	Suelo húmedo	0	0	0	0	0	1	0	0	0	9	2	1	0	0	13	0,31
	Cuerpos de agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3	0	5	19	0,42
	Corrientes superficiales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0,00
	Nubes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	12	0,00
	Sombras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0,00
	Exactitud productor	20	20	19	19	19	20	20	22	24	9	13	14	12	14	245	
	Errores de omisión	0,00	0,55	0,21	0,05	0,21	0,65	0,05	0,09	0,00	0,00	0,15	0,29	0,00	0,36		0,808

Overall Accuracy= 80.816%

95% Confidence Interval (75.682% 85.951%)

Overall Kappa Statistic= 0.793

Overall Kappa Variance = 0.001

Fuente: Elaboración propia con base en reporte datos de la imagen obtenidos mediante Geomatica

No obstante, y considerando la presencia de píxeles aislados o píxeles clasificados en otras coberturas debido a similitud espectral, se consideró la aplicación de un filtro que permitiera eliminar los valores anómalos y píxeles aislados, para ello se utilizó el filtro de Mediana con una ventana de 3 x 3, al considerar que este filtro permite una menor modificación de los valores originales, al ser menos sensible a valores extremos; así de su aplicación se obtuvo un mapa de uso y cobertura filtrado para el área de estudio, como puede apreciarse en el mapa 17.

Una vez aplicado el filtro de mediana, a la clasificación derivada de la imagen Landsat 8 OLI/TIRS, se obtuvo una capa raster de uso y cobertura para el área de estudio, la cual se utilizó para la determinación del mapa de uso y cobertura y la identificación de los predios cultivados en caña de azúcar.

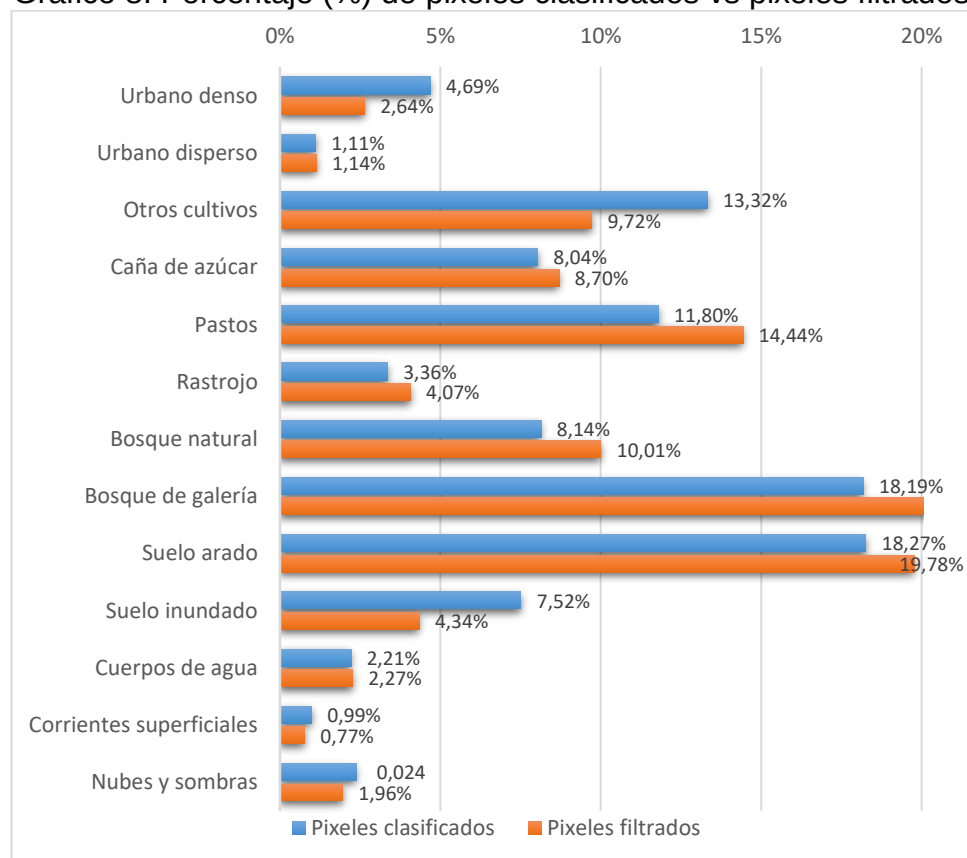
Frente a esta situación se encontró que las coberturas con mayor superficie luego de aplicar el filtro de mediana se correspondieron con el Bosque de galería con un 20,18%, mientras que la cobertura de caña de azúcar aumento a 8,70% del área de estudio, lo cual puede apreciarse en el grafico 8.

Tabla 38: Píxeles por clase según clasificación y filtro de mediana

Name	Cod	Píxeles Clasificados			Píxeles filtrados		
		Píxeles	%	Área has	Píxeles	%	Área has
Urbano denso	1	24.539	4,69	2.208,51	13803	2,64	1.242,27
Urbano disperso	2	5.827	1,11	524,43	5951	1,14	535,59
Otros cultivos	3	69.780	13,32	6.280,20	50915	9,72	4.582,35
Caña de azúcar	5	42.094	8,04	3.788,46	45583	8,70	4.102,47
Pastos	6	61.797	11,80	5.561,73	75607	14,44	6.804,63
Rastrojo	7	17.570	3,36	1.581,30	21307	4,07	1.917,63
Bosque natural	8	42.614	8,14	3.835,26	52422	10,01	4.717,98
Bosque de galería	9	95.236	18,19	8.571,24	105683	20,18	9.511,47
Suelo arado	11	95.685	18,27	8.611,65	103572	19,78	9.321,48
Suelo inundado	12	39.362	7,52	3.542,58	22726	4,34	2.045,34
Cuerpos de agua	13	11.573	2,21	1.041,57	11865	2,27	1.067,85
Corrientes superficiales	14	5.188	0,99	466,92	4045	0,77	364,05
Nubes y sombras	15	12.429	2,37	1.119	10.247	1,96	922
Total		523.694		47.132,46	523.726		47.135,34

Fuente: Elaboración propia con base en reporte datos de la imagen obtenidos mediante el programa Geomatica

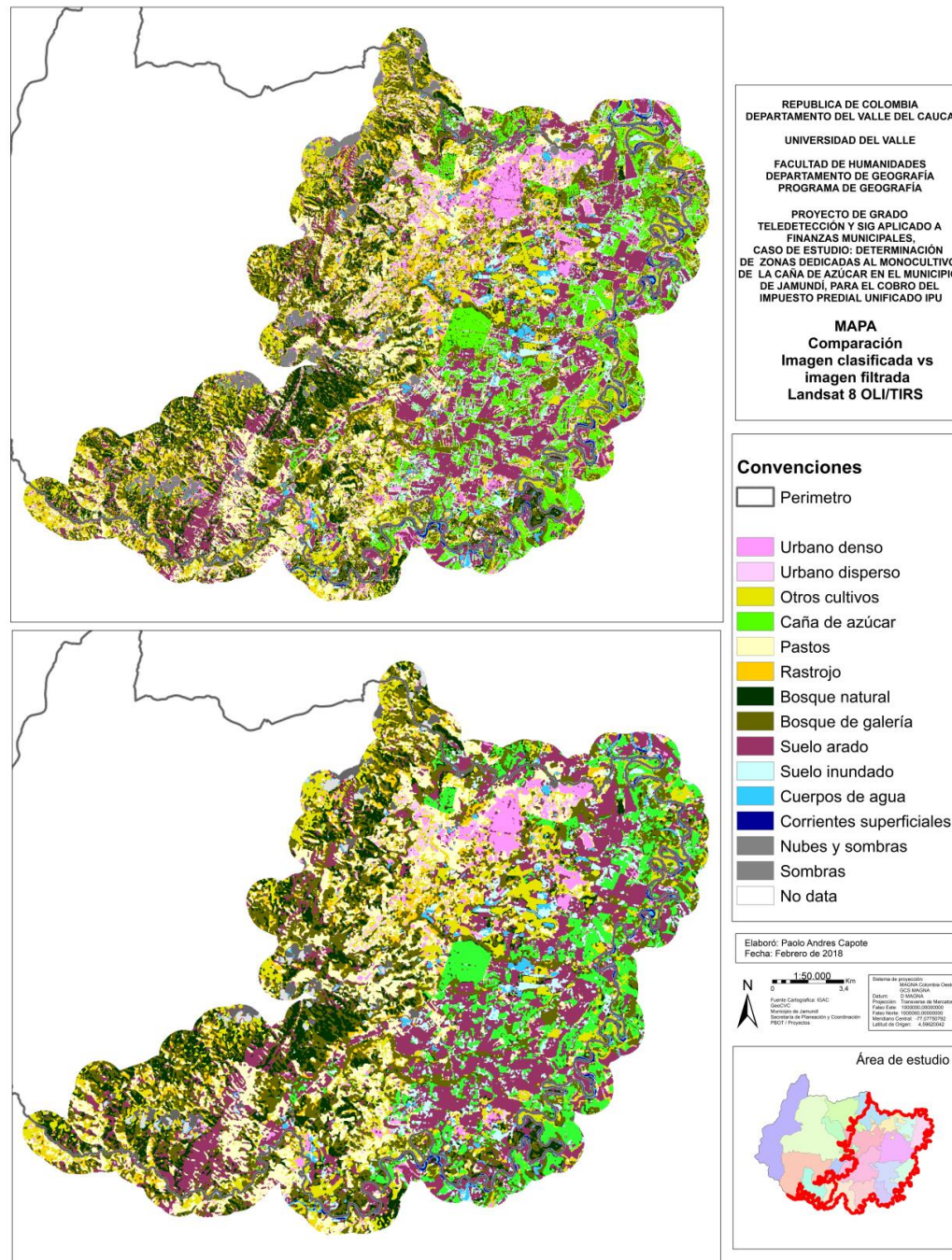
Grafico 8: Porcentaje (%) de píxeles clasificados vs píxeles filtrados



Fuente: Elaboración propia

Al observar el mapa 16, se encuentra visualmente que la imagen filtrada es mucho más homogénea respecto a la imagen clasificada originalmente, con lo cual buscó una representación óptima de las coberturas presentes en el área de estudio al suavizar el ruido ocasionado por pixeles aislados manteniendo el detalle.

Mapa 16: Comparación imagen clasificada e imagen filtrada

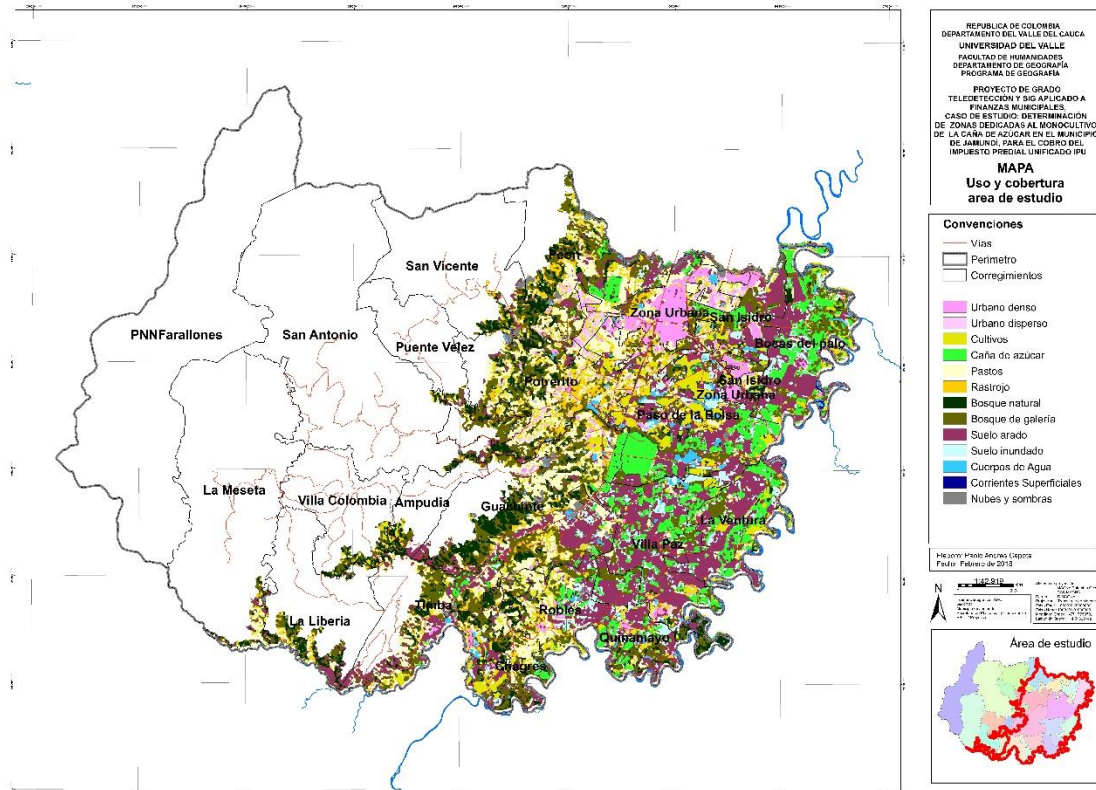


Fuente: Elaboración propia

8.2 Uso y cobertura de la tierra

A partir del proceso de clasificación de la imagen Landsat 8 OLI/TIRS y la aplicación del filtro de mediana al resultado del mismo, se obtuvo una capa raster de uso y cobertura para el área de estudio (ver mapa 17), considerando las 14 clases empleadas en la fase de entrenamiento, mediante las cuales se pudo no solo identificar la superficie sembrada en caña de azúcar sino otro tipo de coberturas.

Mapa 17: Uso y Cobertura Zona de Estudio



Fuente: Elaboración propia

Esta nueva capa correspondió a un recorte de la subescena, abarcando los corregimientos de Chagres, Bocas del Palo, Guachinte, La Ventura, Paso de la Bolsa, Potrerito, Puente Velez, San Isidro Timba y Villa Paz así como la Zona Urbana localizados hacia la zona plana del municipio y La Liberia, Peon, Quinamayo, Robles, San Antonio, San Vicente y Villa Colombia hacia la zona de piedemonte.

8.2.1 Obtención de estadísticas y métricas

Es de advertir que debido la heterogeneidad y duplicidad de fuentes de información y ante la ausencia de información temática actualizada y homologada, así como diferencias en los niveles de disgregación y detalle temáticos y geográficos del

municipio, se encontró una disparidad asociadas a la información referencial y cartográfica; por un lado, el presente trabajo conforme la imagen raster clasificada tiene una área de estudio de correspondiente a un área de 30.068,19 has toda vez que la subescena está compuesta por 334.091 pixeles, la cual al ser convertida a formato vectorial .shapefile arrojo una superficie de 29.993,70, suponiendo una pérdida de 74,49 hectáreas al convertir los datos de superficie de raster a vector mediante el SIG (ver tabla 39).

Tabla 39. Superficie de estudio por corregimiento

Corregimiento	Área total*	Área de estudio**	%
Ampudia	902	153,80	17,05
Bocas del palo	2.300	2.133,26	92,74
Chagres	651	612,50	94,15
Guachinte	4.409	3.621,63	82,15
La Liberia	2.745	523,55	19,07
La Meseta	6.207	216,95	3,50
La Ventura	1.743	1.623,10	93,13
Paso de la Bolsa	3.414	3.744,52	109,68
Peón	2.955	1.996,00	67,54
Potrerito	3.253	2.868,85	88,19
Puente Vélez	2.027	355,04	17,51
Quinamayo	1.392	1.322,77	95,00
Robles	1.456	1.410,60	96,87
San Antonio	8.144	127,97	1,57
San Isidro	1.349	1.347,27	99,86
San Vicente	3.691	543,78	14,73
Timba	3.351	2.395,22	71,49
Villa Colombia	2.228	259,82	11,66
Villa Paz	2.808	2.731,25	97,27
Zona Urbana	2.006	2.005,84	99,98
PNNFC	9,142	0	0
Total	57.030	29.993,70	52,59

*Cálculos obtenidos con base en información referencial y cartografía vectorial disponible en el municipio

**Cálculos obtenidos con base en mapa de uso y cobertura en shapefile derivado de la imagen clasificada

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, toda vez que el presente estudio abarca la totalidad de la jurisdicción de algunos de los corregimientos, al comparar los datos referenciales suministrados por el municipio, con los datos calculados, se encontraron diferencias por debajo o incluso por arriba del área esperada, como el caso de Paso de la Bolsa en donde el área calculada con base en la imagen clasificada dio una diferencia de más de

330,54 hectáreas respecto al área de referencia para el corregimiento; por lo cual el estudio se base en las estadísticas obtenidas de la imagen clasificada y la capa vectorial obtenida de la conversión de la misma a formato vectorial .shapefile.

8.2.2 Superficie por cobertura

A nivel general, la imagen clasificada permitió conocer la distribución y extensión de las diferentes coberturas conforme las clases definidas para el procesamiento de la imagen de lo cual se obtuvieron el número de pixeles por clase, para calcular las superficies correspondientes (ver tabla 40 y grafico 10).

Tabla 40 Pixeles por Clase para el Área de Estudio

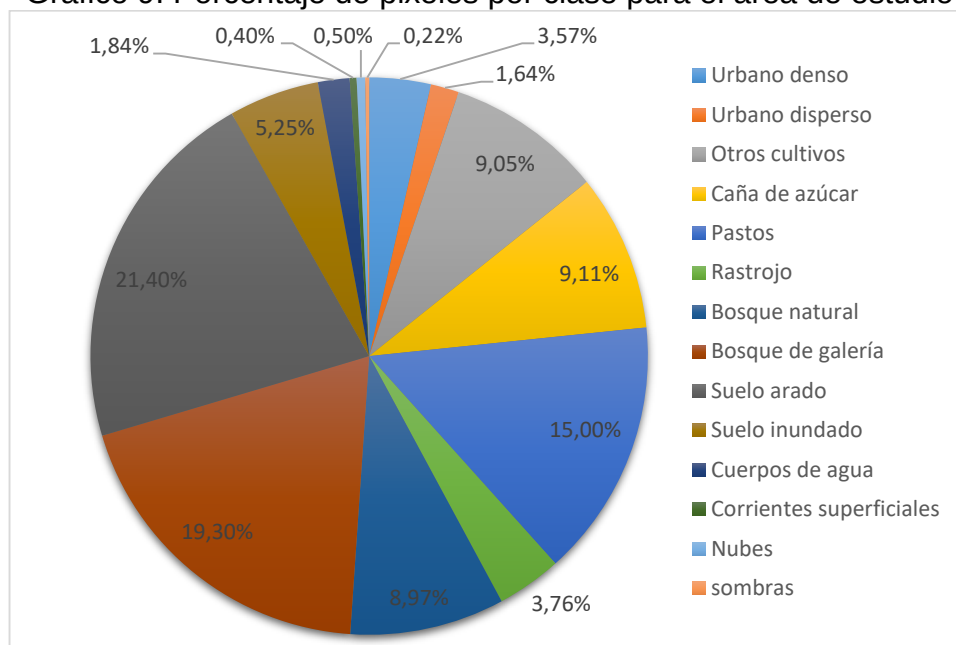
Nombre	Cód	Pixeles*	%	Área calculada has
Urbano denso	1	11.911	3,57	1.071,99
Urbano disperso	2	5.478	1,64	493,02
Otros cultivos	3	30.231	9,05	2.720,79
Caña de azúcar	5	30.423	9,11	2.738,07
Pastos	6	50.097	15,00	4.508,73
Rastrojo	7	12.570	3,76	1.131,30
Bosque	8	29.972	8,97	2.697,48
Bosque de galería	9	64.480	19,30	5.803,20
Suelo arado	11	71.505	21,40	6.435,45
Suelo inundado	12	17.550	5,25	1.579,50
Cuerpos de agua	13	6.131	1,84	551,79
Corrientes superficiales	14	1.335	0,40	120,15
Nubes y sombras	15	2.408	0,72	216,72
Total		334.091	100	30.068

* El área del pixel corresponde a 900m² toda vez que la resolución es de 30m

Fuente: Elaboración propia con base en reporte datos de la imagen obtenidos mediante el programa Geomatica.

Aquí la cobertura con mayor representatividad se correspondió con el Suelo Desnudo con el 21,4%, lo anterior debido en parte al desarrollo de actividades agrícolas sobre la el valle del río Cauca correspondiéndose algunas con zonas en preparación o cosechadas algunas asociadas al cultivo de la caña de azúcar, por su parte y con el Bosque de Galería ocupa el segundo lugar con el 19,3% situación que se refleja en algunos casos por la presencia de corrientes superficiales (ríos, quebradas y zanjones) que atraviesan la zona plana en sentido este oeste hacia el río cauca y sus tributarios que no fueron clasificados como tal debido a la presencia de vegetación ribereña que no permitió la discriminación de la superficie del agua como tal.

Grafico 9: Porcentaje de pixeles por clase para el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Para determinar la ocurrencia-aparición de las coberturas a nivel de corregimiento, conforme el mapa de uso y cobertura (ver mapa 18), este fue transformado a una capa vectorial en formato shapefile, a partir de lo cual se encontró la superficie por cada clase de uso y cobertura defendida a nivel de corregimiento (ver tabla 52).

Tabla 41: Uso y coberturas por corregimientos

	Urbano denso	Urbano disperso	Otros cultivos	Caña de azúcar	Pastos	Rastrojo	Bosque natural	Bosque de galería	Suelo arado	Suelo inundado	Cuerpos de agua	Corrientes superficiales	nubes	sombras
Ampudia	0,00	0,00	36,57	0,00	6,08	9,11	36,57	42,89	22,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bocas del Palo	19,62	3,94	145,57	522,87	53,82	2,86	65,48	356,31	652,48	196,98	65,11	47,73	0,36	0,12
Chagres	2,63	5,23	60,23	29,89	148,44	13,28	105,50	171,68	48,75	13,09	10,63	2,21	0,93	0,00
Guachinte	44,72	25,07	201,09	143,06	852,18	173,18	526,09	925,97	537,79	87,67	37,68	0,00	49,71	17,43
La Liberia	0,00	0,90	21,95	0,00	53,02	50,58	149,64	143,17	96,01	0,96	1,29	0,00	0,00	6,02
La Meseta	0,00	0,39	15,87	0,18	65,95	15,16	33,33	47,81	36,89	0,52	0,56	0,00	0,29	0,00
La Ventura	9,68	2,44	112,08	390,09	62,97	1,80	33,98	144,55	684,10	138,78	26,31	16,30	0,00	0,00
Paso de la Bolsa	39,61	21,29	628,29	611,15	204,31	418,22	153,15	418,39	800,95	300,44	137,82	0,00	8,19	2,69
Peon	22,09	29,83	113,83	117,27	489,60	148,13	240,92	574,24	188,87	30,39	6,62	0,00	23,54	10,66
Potrerrito	79,06	100,48	330,41	5,56	829,07	320,47	305,43	623,58	194,13	31,99	33,97	0,00	5,14	9,55
Puente Velez	1,21	2,36	10,42	0,00	73,38	26,21	64,01	150,47	24,69	1,09	0,54	0,00	0,31	0,36
Quinamayo	16,83	6,31	77,44	191,52	54,90	7,54	65,16	250,74	485,20	136,09	26,28	4,67	0,00	0,09
Robles	33,51	12,10	169,37	81,47	349,49	38,94	73,53	268,24	254,22	107,52	10,02	1,44	9,55	1,21
San Antonio	1,51	0,00	4,18	0,00	15,00	11,82	38,43	31,31	23,85	0,21	0,47	0,00	1,00	0,18
San Isidro	85,32	36,16	164,13	85,96	156,72	11,41	42,40	259,45	406,21	83,45	15,41	0,00	0,53	0,13
San Vicente	11,05	7,01	45,60	0,27	83,82	26,73	161,68	138,55	38,57	1,30	2,50	0,00	15,94	10,77
Timba	24,60	5,61	215,24	47,99	479,91	97,83	296,52	601,37	491,24	88,08	34,17	0,45	8,54	3,68
Villa Colombia	0,00	0,00	29,33	0,00	14,16	25,09	99,02	87,22	5,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Villa Paz	25,70	18,90	103,67	469,56	154,79	8,20	130,92	345,02	1142,11	264,71	56,58	9,60	1,21	0,27
Zona Urbana	649,94	208,78	190,37	27,38	350,61	53,62	34,42	162,96	230,47	50,54	27,91	0,00	18,85	0,00
Total	1067,09	486,81	2675,63	2724,23	4498,23	1460,19	2656,20	5743,92	6364,08	1533,80	493,88	82,40	144,08	63,16

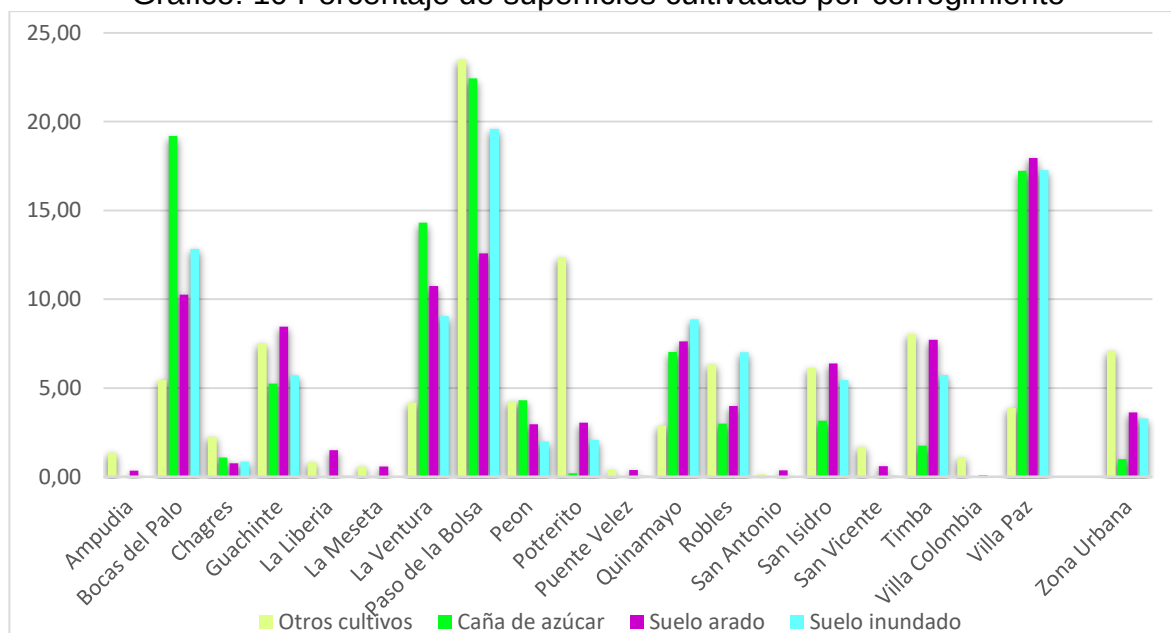
Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la superficie sembrada en caña, esta clase se calculó sobre los 2.724,23 has, que si bien es una cifra muy por debajo de las 9.315,90 has referidas en las Evaluaciones Agropecuarias Municipales - Agronet para el año 2016 (ver tabla 10) responde en medida a que además de dicha superficie, parte del área dedicada a este cultivo se clasificó como suelos arado (6.364,08 has) y en algunos casos como suelo inundado (1.533,80 has), superficies que sumadas alcanzan las 7897,88 has y que junto a la de caña superan las 10.600 has, en donde sí se descontarán las áreas dedicadas a otros tipos de cultivos como el caso del arroz dentro de la cobertura de suelo inundado, podrían estar dentro del margen reportado por dichas evaluaciones,

No obstante, es de referir también que esta diferencia se puede reflejar gracias al desarrollo urbanístico de áreas anteriormente dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, las cuales en el marco de la aplicación de acuerdos municipales para vivienda como el caso de las viviendas VIS y VIP en el marco de la Ley 1537 de 2012 y ley 1753 de 2015 incorporaron al perímetro urbano cerca de 711,65 hectáreas que dentro de las estadísticas agrícolas mantenían la vocación agroindustrial.

De lo anterior, encontramos que la zona con mayor número superficies cultivadas en caña de azúcar a nivel de corregimiento se correspondió con Villa paz con el 31,56% seguido de Paso de la Bolsa con 22,48% y Bocas del Palo con el 19,19%, todos ellos corregimientos con vocación agroindustrial, siendo que estos mismos corregimientos presentaron las mayores áreas clasificadas como suelo arado y suelo inundado, como puede apreciarse en el grafico 10.

Gráfico: 10 Porcentaje de superficies cultivadas por corregimiento



Fuente: elaboración propia

Por su parte las superficies construidas urbano denso y urbano disperso, se concentró en la zona urbana del municipio, con una participación de 60,91% para la cobertura de urbano denso y el 42,89% para urbano disperso, lo anterior debido a que la cabecera del municipio no solo cuenta con un núcleo densificado, sino también una estructura dispersa reflejo de la existencia de parcelaciones y condominios campestres considerados como urbanos como el caso de La Morada, La Parcelación Campestre Las Mercedes o la Parcelación Campestre Privilegio (ver tabla 42).

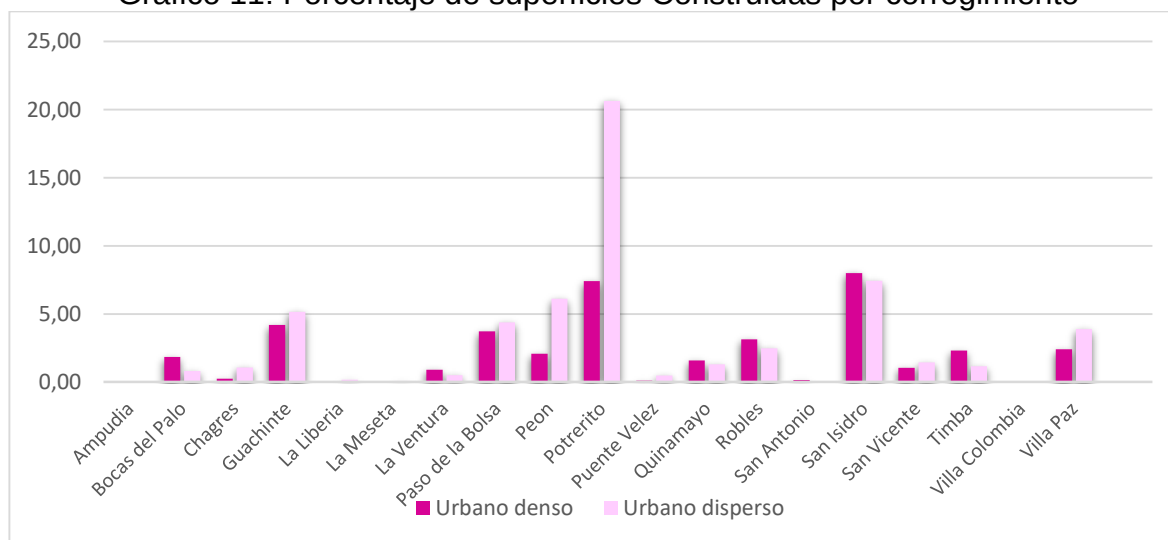
Tabla 42: Porcentaje de superficies Construidas para la cabecera principal

Urbano Denso		Urbano Disperso	
Área has	%	Área has	%
649,94	60,91	208,78	42,89

Fuente: elaboración propia

A nivel de corregimiento, estas coberturas del suelo presentaron un valor significativamente alto hacia el corregimiento de Potrerito; esto en respuesta a que en dicha zona se localiza la zona suburbana del municipio y se han venido desarrollando proyectos residencias tipos parcelación y condominios en los últimos años, así como una presencia importante de viviendas dispersas lo cual también es posible encontrar en los corregimientos de Paso de la Bolsa, Peón y Guachinte; para el caso del corregimiento de San Isidro encontramos el efecto asociado a la localización de la zona de expansión urbana El Rodeo, la cual al contar con plan parcial aprobado, se ha venido desarrollando gradualmente. Por su parte los corregimientos de Paolo de la Bolsa, Robles y Potrerito cuentan con las cabeceras corregéntales consolidadas lo cual expresa la participación porcentual de la clase Urbano denso para ellos.

Grafico 11: Porcentaje de superficies Construidas por corregimiento

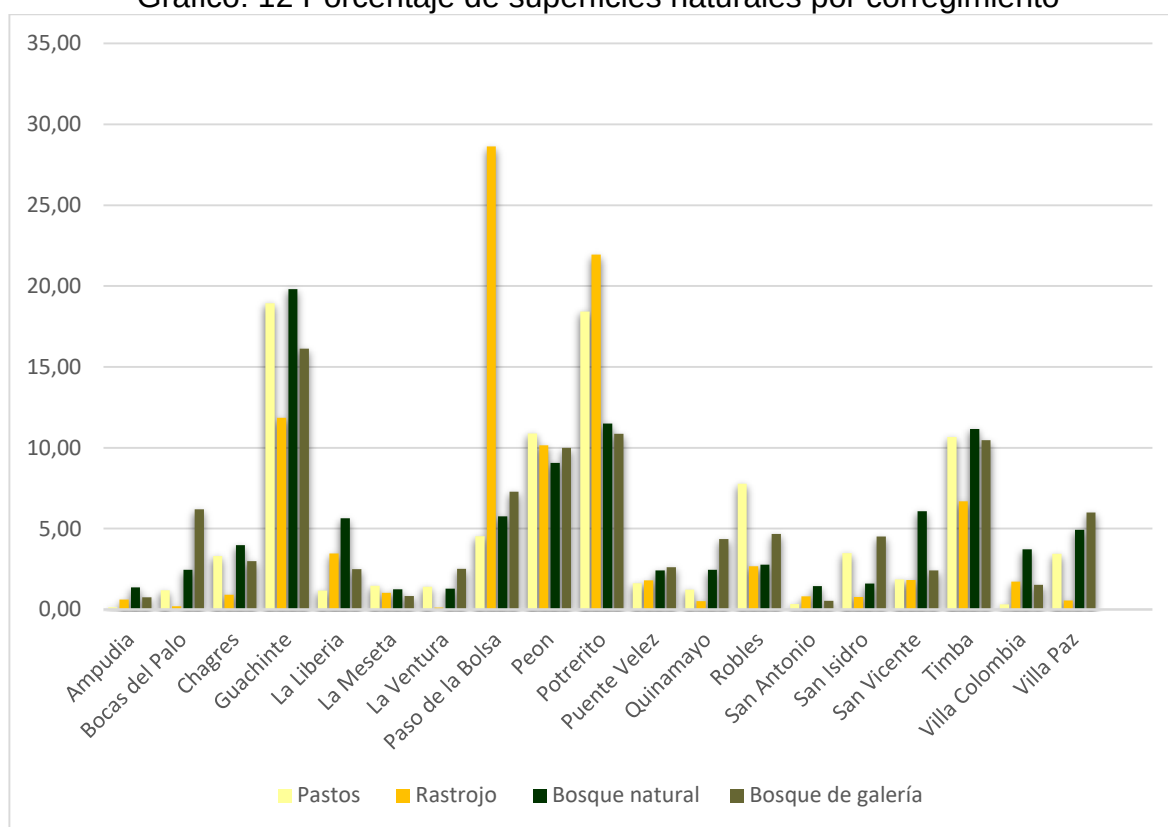


Fuente: elaboración propia

Respecto a coberturas naturales como pastos, rastrojos, bosque y bosque de galería, se encontró que los corregimientos con mayor porcentaje de dichas coberturas se corresponden con aquellos localizados en la zona de transición de la zona plana a zona de ladera del municipio, como el caso de Potrerito, Guachinte y Peón (ver gráfico 12)

Por su parte, la cobertura de bosque y bosque de galería, al ser representativa de cobertura arbórea y por la presencia de diferentes relictos de bosque y mateguaduas en la zona plana, así como por la presencia de corrientes de aguas con vegetación ribereña significativa y los bosques de galería asociados, permite que para casi todos los corregimientos se hayan registrado dichas coberturas.

Gráfico: 12 Porcentaje de superficies naturales por corregimiento



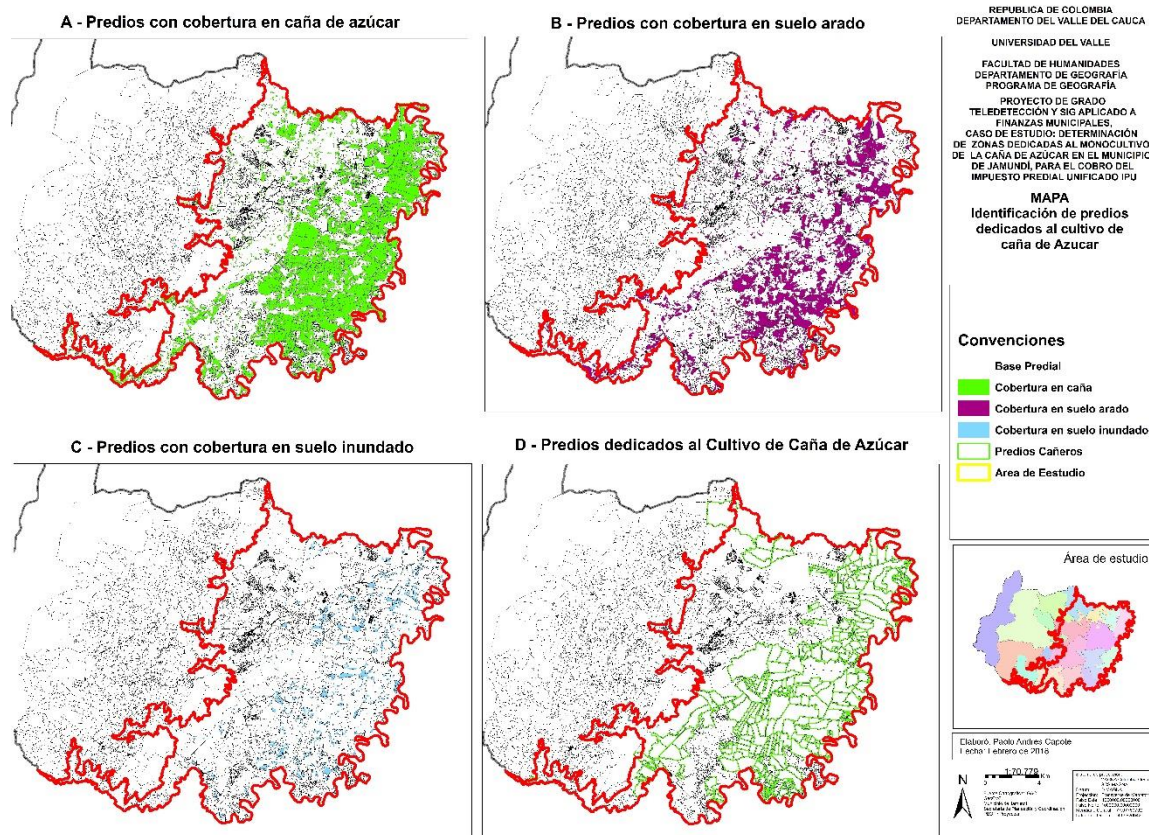
Fuente: elaboración propia

8.3 Identificación de predios dedicados al cultivo de caña

A partir de la imagen clasificada de uso y cobertura, y la determinación del área cultivada en caña de azúcar, se procedió a identificar los predios dedicados al cultivo de la caña de azúcar a partir del cruce de la información predial catastral con la información de cobertura de caña de azúcar considerando las coberturas de suelo arado y suelo inundado (ver mapa 18) conforme la disposición de suertes, patrones

de siembra y/o riego, suelo arado o en preparación, etc.), para lo cual se procedió a transformar la imagen raster a una capa vectorial en formato shapefile.

Mapa 18: Identificación de predios dedicados al Cultivo de Caña de Azúcar según clase o cobertura



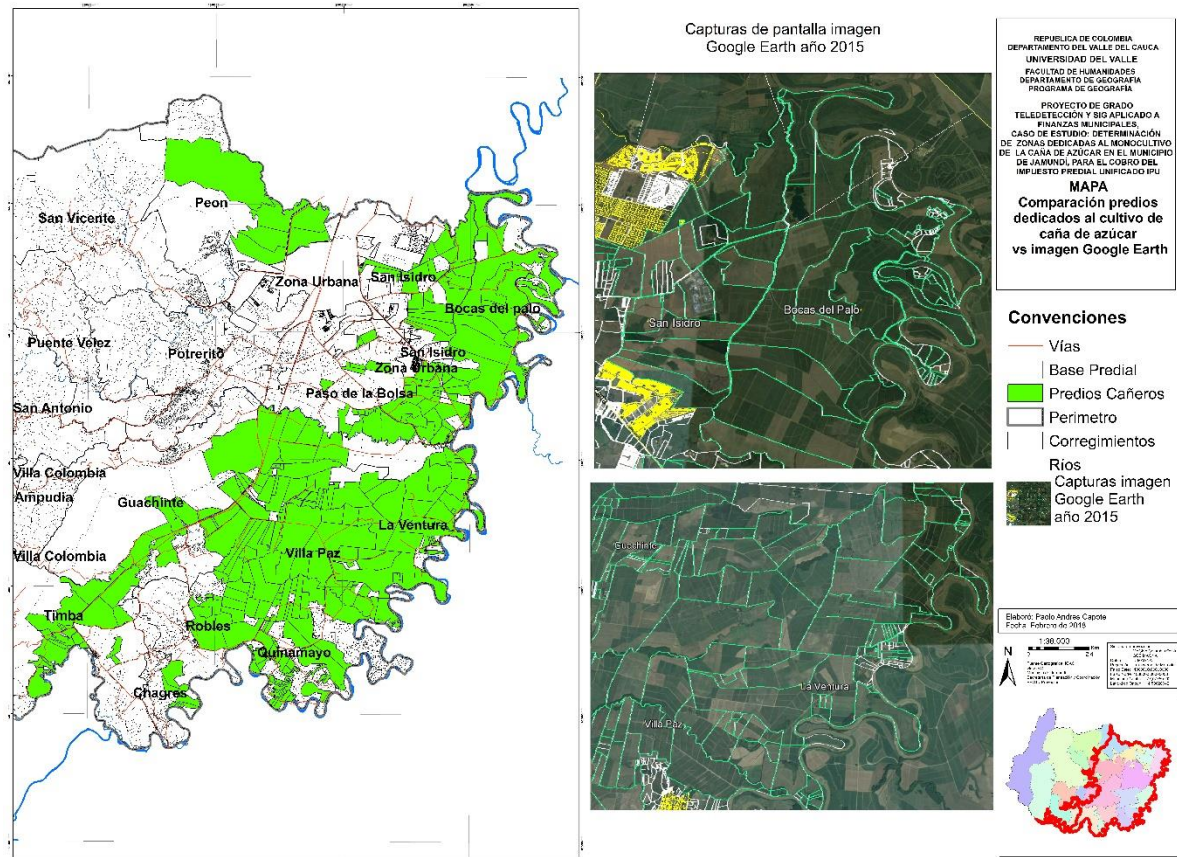
Fuente: elaboración propia

Partiendo de lo anterior se identificaron los predios que respondieran a la clase o cobertura de caña de azúcar, de lo cual se obtuvieron 692 predios (ver tabla 43), no obstante esto, dada la existencia de píxeles aislados y de predios en donde el cultivo de la caña había sido cosechado o se encontraba en preparación o rebrote, se emplearon las clases suelo desnudo y suelo humero (ver mapa 18B y 18C) los cuales junto con la interpretación visual y de contexto, permitieron depurar la base, excluyendo predios pequeños o situaciones derivadas de píxeles aislados o mal clasificados.

Esto permitió identificar 397 predios dedicados a actividades propias del cultivo de la caña de azúcar mediante cartografía (ver mapa 22), con los cuales estructurar una base de datos para el cobro Tarifa C-1 “Destinados al cultivo de caña de azúcar”, no obstante debido a la desactualización de la base cartográfica y la dinámica de la conservación catastral, 22 de ellos no se encontraron relacionados

en la base predial para la vigencia 2018 por lo cual no puede ser considerados dentro de la base de datos.

Mapa 19: Comparación de predios identificado dedicados al cultivo de caña de azúcar frente a imagen Google Earth año 2015



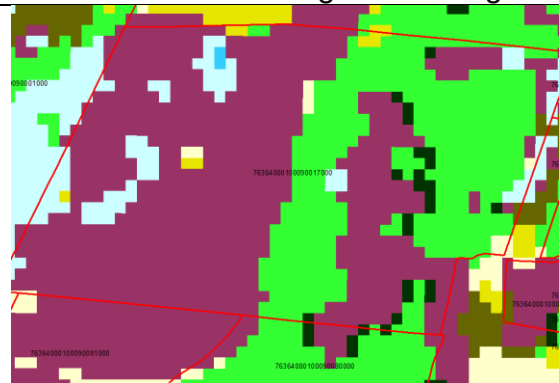
Fuente: elaboración propia

Una vez definida la base de datos de los predios dedicadas al cultivo de caña de azúcar, se realizó una comparación de los resultados obtenidos en la clasificación digital de la imagen Landsat 8 OLI/TIRS, con el ánimo de evaluar visualmente la correspondencia entre las coberturas de estos predios y las clases y coberturas clasificadas en cada uno, al contrastar con la imagen disponible de Google Earth, al cual si bien es del año 2015, permite identificar por contexto la pertenencia o no de la clase obtenida respecto al cultivo de caña de azúcar (ver mapa 19), tomando para ello algunos predios como ejemplo, lo cual se puede apreciar en la figura 19:

Figura 19: Comparación clasificación imagen Landsat 8 OLI/TIRS frente a imagen Google Earth año 2015

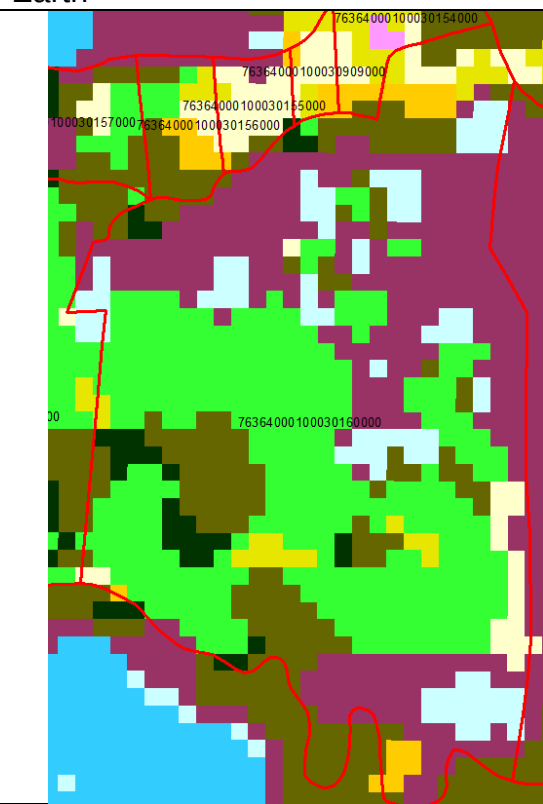
Predio 76364000100090017000 Corregimiento de La Ventura

Presencia de coberturas de suelo arado, suelo húmedo y cuerpos de agua así como caña de azúcar en el occidente, manteniendo la tendencia del cultivo de caña conforme la imagen de Google Earth

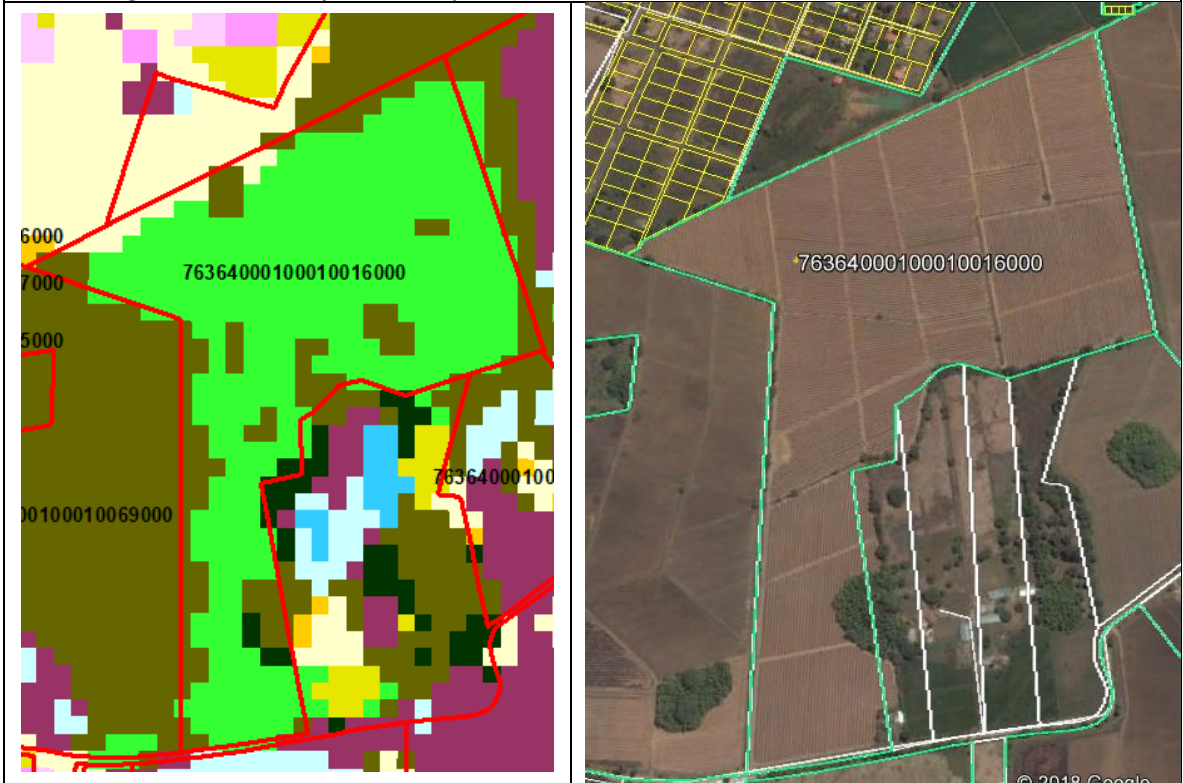


Predio 76364000100010016000 - Corregimiento de San Isidro

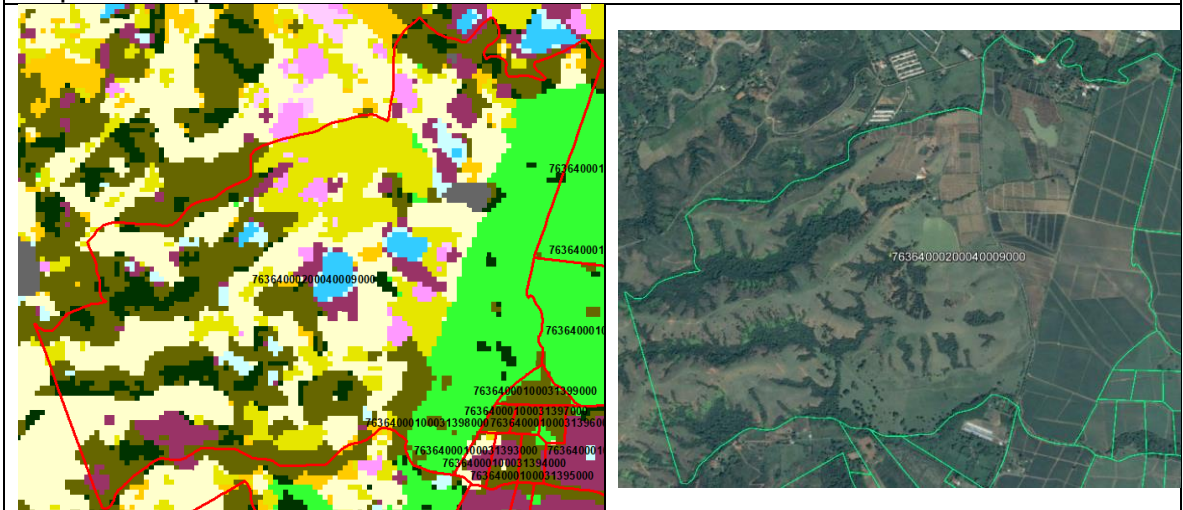
Clasificado con cobertura predominante de caña de azúcar, y la presencia de coberturas de suelo arado y suelo inundando propios de áreas cosechadas o en preparación, así mismo se observa la presencia de la cobertura de bosque natural correspondiente a relictos boscosos, situación conforme con la imagen de Google Earth

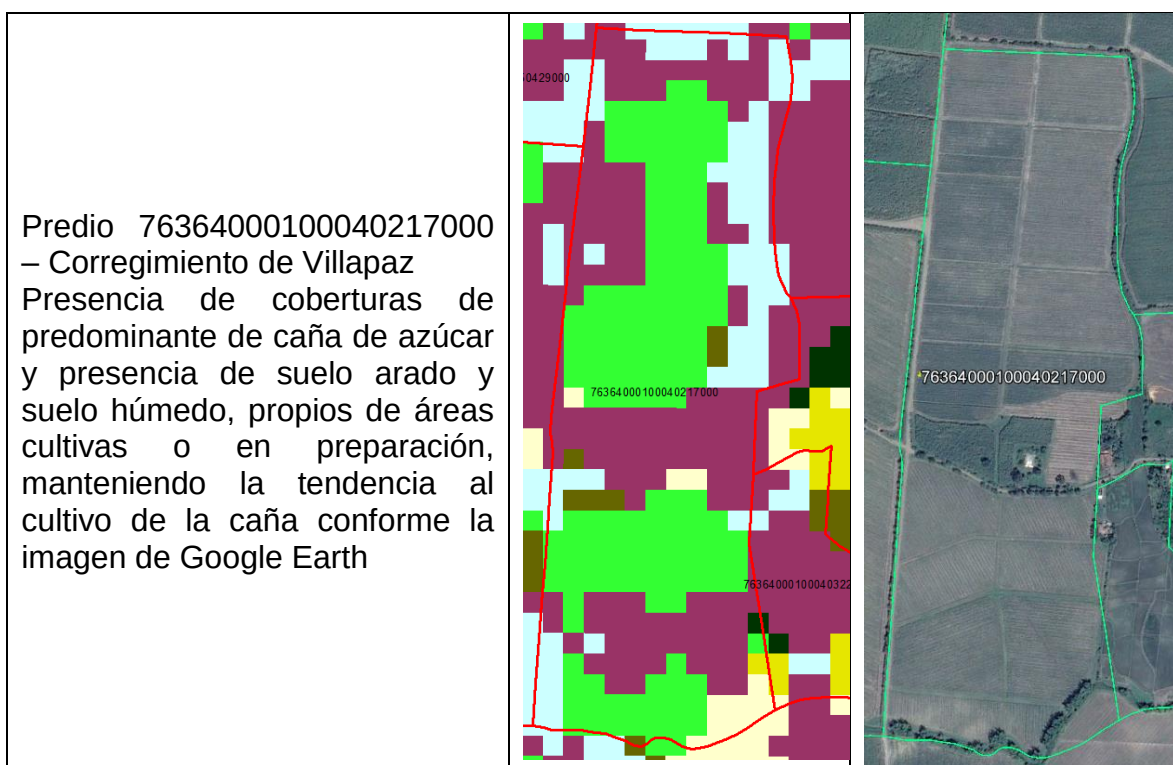


Predio 76364000100010016000 - Corregimiento de San Isidro
Clasificado con cobertura predominante de caña de azúcar, conforme la imagen de Google Earth se aprecia el patrón de suertes de caña



Predio 76364000200040009000 – Corregimiento de Guachinte
Presencia de coberturas de Bosque natural, pastos, suelo arado, cuerpos de agua, parcialmente en caña de azúcar hacia el oriente manteniendo la tendencia conforme la imagen de Google Earth, es de referir que pese al existencia de construcciones en el predio la presencia de clases urbano denso y urbano disperso responde una confusión con suelo arado





Fuente: elaboración propia

Conforme lo anterior, se depuro la base inicial (ver tabla 43), quedando un registro de 386 predios (ver mapa 20 y anexo 2) identificados con cultivo de caña de azúcar o coberturas asociadas al mismo como puede ser suelo arado o suelo inundando propio de áreas cosechadas o en preparación, de los cuales solo 214 presentan la Tarifa C-1 “Destinados al cultivo de caña de azúcar”,

Tabla 43: Predios dedicados al cultivo de caña por clase o cobertura

Cobertura	N° de predios
Caña de azúcar	692
Suelo arado	2.591
Suelo inundado	818
Predios identificados	414
Predios depurados	386

Fuente: Elaboración propia

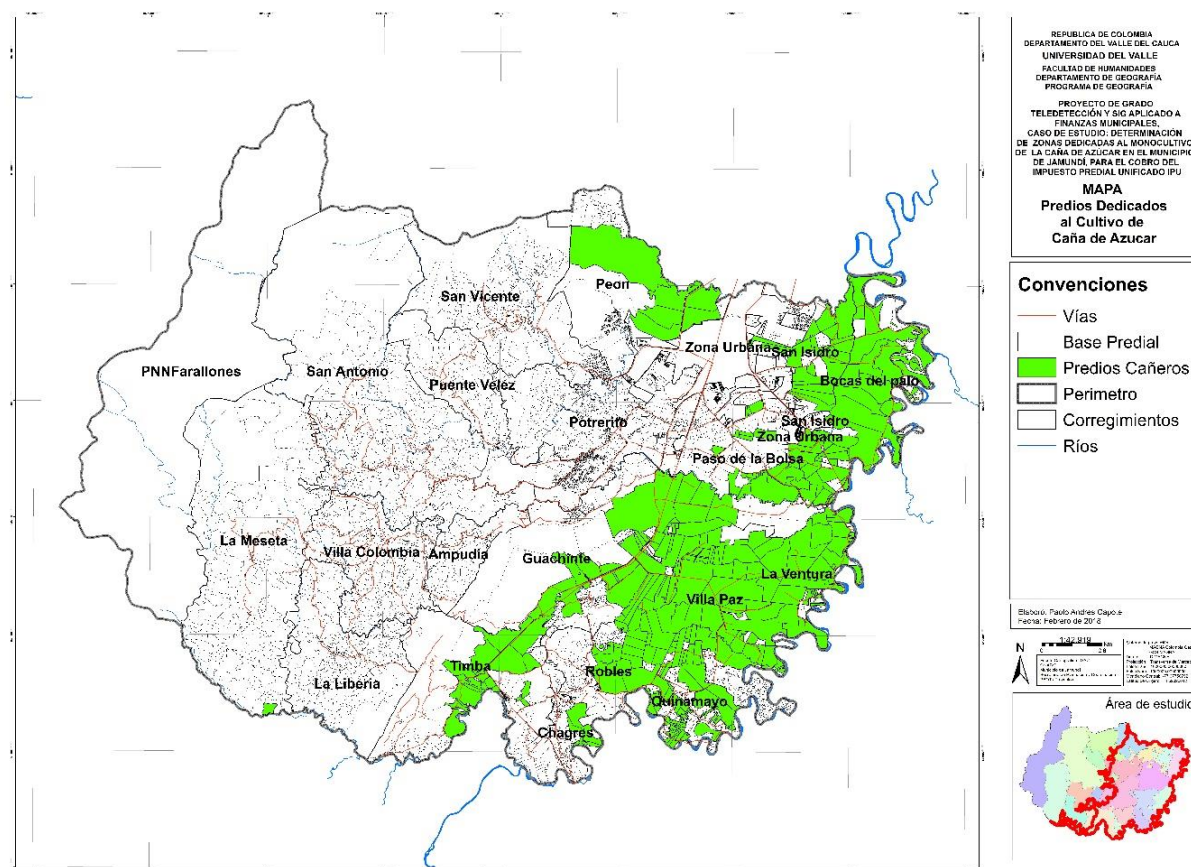
Así mismo, se encontró que frente a los 386 predios identificados como dedicados al cultivo de la caña de azúcar, 214 se encuentran definidos en la base para el cobro del IPU como pertenecientes a la categoría C1-Destinados al cultivo de caña de azúcar, mientras los 172 restantes se encuentran con un estrato asignado u otra categoría para el cobro del IPU y que por tanto deberán ser actualizados (ver tabla 44).

Tabla 44: Predios dedicados al cultivo de caña de azúcar identificadas por estrato o categoría

Tarifa	Predios	Área
1	6	110.156
2	45	3.936.449
3	11	5.962.662
4	30	1.287.873
S1	3	824.402
P1	35	3.377.218
P2	9	2.993.748
P3	33	23.875.518
C1	214	82.237.299
Total	386	124.605.325

Fuente: Cálculos propios con base en información catastral

Mapa 20: Predios dedicados al cultivo de la caña de azúcar identificados



Fuente: elaboración propia

8.4 Impuesto Predial Unificado IPU y Caña de Azúcar

8.4.1 Actualización Catastral e Impuesto Predial Unificado IPU

El municipio de Jamundí realizó en el año 2012 la actualización de la formación catastral, la cual entró en vigencia el 1 de enero del año 2013, conforme la Resolución No. 6022-000-090-2012 de Diciembre 26 de 2012 expedida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, mediante la cual se ordenó la inscripción en el Catastro de los predios formados y/o actualizados en el municipio tanto para el sector urbano como rural, así mismo mediante la Resolución No. 6022-000-087-2012 de Diciembre 26 de 2012, por la cual se aprobó el estudio de las zonas homogéneas físicas y geoeconómicas de la zona rural, urbana y núcleos urbanos del municipio; dicho proceso, actualizo la información jurídica y de áreas, así como de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas, situación que generó que la base gravable del municipio aumentara, permitiendo definir la base gravable del impuesto predial unificado en el municipio sobre 40.307 predios al año 2013 (ver tabla 45), de los cuales el 71,79% se correspondieron con predios urbanos.

Tabla 45: Comparación predios por vigencia y actualización catastral 2012 - 2013				
vigencia	Actualización	Urbano	Rural	Total
2012	2006	7.223	3.864	11.087
2013	2012	28.936	11.371	40.307

Fuente: IGAC, 2012; IGAC, 2013;

Situación que no solo se reflejó en un aumento en la liquidación del impuesto predial unificado, sino también de su recaudo, siendo que presentó un incremento del 48,47%, pasando de \$ 7.983.727.000 para el año 2012 a \$ 11.853.291.000 para el año 2013 (ver tabla 36), pese a que se estableció un límite al incremento del impuesto, de modo que el cobro no podría exceder del doble del monto liquidado por el mismo concepto en el año inmediatamente anterior.

Tabla 46: Recaudo predial y límite al incremento del IPU		
Año	Puntos porcentuales*	Recaudo predial
2012		7.983.727.000
2013	25	11.853.291.000
2014	30	14.188.000.000
2015	35	17.713.000.000
2016	40	ND
2017		ND

*Límite al incremento predial entre vigencias Acuerdo 018 de 2012

Fuente. Elaboración propia con base en informes de gestión Municipio de Jamundí 2012-2016

8.4.2 Tarifa C-1 “Destinados al cultivo de caña de azúcar” e IPU

De la mano con el proceso de actualización catastral realizada en el año 2012 con vigencia 2013, mediante los Acuerdos Municipales 018 de Diciembre 2012 “Por el cual se reestructuran y modifican las tarifas de cobro del impuesto predial unificado en el municipio de Jamundí”, Acuerdo 013 de Diciembre 20 de 2015 “Por medio del cual se establece el estatuto tributario municipal y se dictan otras disposiciones” y Acuerdo No 020 de noviembre 27 de 2017, el municipio de Jamundí ajustó las tarifas para el cálculo, determinación y liquidación del Impuesto Predial Unificado IPU, en este escenario se definió la categoría C-1 “Destinados al cultivo de caña de azúcar” con una tarifa del 16 por mil, para el cobro diferencial del cultivo agroindustrial de la caña de azúcar frente a otras actividades agrícolas y pecuarias desarrolladas en la zona rural.

Para ello en el año 2012 realizó el “Estudio de coberturas de la zona plana del municipio de Jamundí para determinar la línea base de los predios destinados al monocultivo de la caña de azúcar, para ser incluidos en el cobro del Impuesto Predial Unificado IPU como destino C1” con el cual identificar los predios cultivados en caña en el municipio, identificándose así 326 predios cultivados en caña, de los cuales gracias a las reclamaciones y depuración de la base generada quedó en 255 predios categorizados como C-1.

Conforme estos resultados, y considerando la identificación de los 255 predios con cultivos de caña, se encontró que entre los años 2012 y 2013 se presentó un incremento del 66,08% en el avalúo catastral de los mismos, lo cual refleja, como por si solo la actualización catastral significó un aumento sustancial en cuanto a la base para el cobro del IPU en el municipio, aun cuando se observan reajustes de áreas como en el caso de los predios en estrato 1 (ver tabla 47).

Tabla 47: Comparación Cálculo Avalúo Catastral Predios Cañeros por Estrato Años 2012 -2013					
Estrato	2012		2013		Incremento %
	Área m ² *	Avalúo \$**	Área m ² *	Avalúo \$**	
1	3.386.767	2.475.398.000	1.223.922	2.155.647.000	-12,92
2	24.713.915	17.749.559.000	24.428.021	29.134.487.500	64,14
3	19.315.380	14.098.475.000	13.995.841	29.843.405.000	111,68
4	30.793.229	25.178.771.000	21.311.420	38.165.347.000	51,58
5	1.482.641	1.519.221.000	996.200	2.043.012.000	34,48
Total	79.691.932	61.021.424.000	61.955.404	101.341.898.500	66,08

*calculada con base en la información de terreno de la base catastral

**avalúo calculado a partir de la sumatoria de avalúos individuales por predio

***calculado a partir de la sumatoria de los avalúos multiplicado por la tarifa vigente

Fuente: Cálculos propios con base en información catastral

Tomando como base esta situación, si se compara el IPU calculado por estrato para los predios identificados con caña para las vigencias 2012 y 2013 (ver tabla 49), se evidencia un aumento en el recaudo potencial del IPU para el año 2013, pasando de \$312.485.216 en el año 2012 a \$681.960.278 para el año 2013(ver gráfico 13), toda vez que el ajuste de avalúos junto con las nuevas tarifas definidas para su cobro habría permitido un incremento del 54,18% (ver tabla 48A y 48B).

Tabla 48A: Calculo cobro IPU por Estrato año 2012					
Estrato	Predios	Área m ² *	Avaluó \$**	Tarifa***	IPU Calculado \$****
1	7	3.386.767	2.475.398.000	0,5	1.237.699
2	61	24.713.915	17.749.559.000	1,5	26.624.339
3	75	19.315.380	14.098.475.000	4,5	63.443.138
4	109	30.793.229	25.178.771.000	8,0	201.430.168
5	3	1.482.641	1.519.221.000	13,0	19.749.873
Total	255	79.691.932	61.021.424.000		312.485.216
Tabla 48B: Calculo cobro IPU por Estrato año 2013					
Estrato	Predios	Área m ²	Avaluó \$*	Tarifa**	IPU Calculado \$***
1	7	1.223.922	2.155.647.000	5,0	10.778.235
2	61	24.428.021	29.134.487.500	5,5	160.239.681
3	75	13.995.841	29.843.405.000	5,0	179.060.430
4	109	21.311.420	38.165.347.000	8,0	305.322.776
5	3	996.200	2.043.012.000	13,0	26.559.156
Total	255	61.955.404	101.341.898.500		681.960.278

*calculada con base en la información de terreno de la base catastral

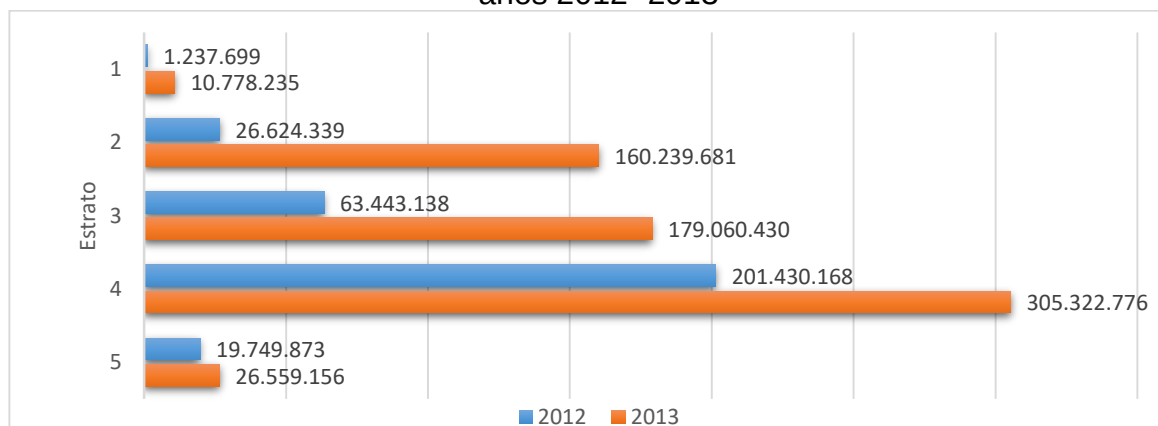
**tarifa por mil conforme el estatuto tributario vigente para la vigencia

***avaluó calculado a partir de la sumatoria de avalúos individuales por predio

****calculado a partir de la sumatoria de los avalúos multiplicado por la tarifa vigente

Fuente: Cálculos propios con base en información catastral

Grafico 13: Comparación IPU calculado predios cañeros por estrato años 2012 -2013



Fuente: Elaboración propia con base en información catastral

Tabla 49: Comparación IPU calculado predios cañeros por Estrato Años 2012 -2013					
Estrato	2012		2013		Incremento %
	Avaluó	IPU \$**	Avaluó	IPU \$**	
1	2.475.398.000	1.237.699	2.155.647.000	10.778.235	88,52
2	17.749.559.000	26.624.339	29.134.487.500	160.239.681	83,38
3	14.098.475.000	63.443.138	29.843.405.000	179.060.430	64,57
4	25.178.771.000	201.430.168	38.165.347.000	305.322.776	34,03
5	1.519.221.000	19.749.873	2.043.012.000	26.559.156	25,64
Total	61.021.424.000	312.485.216	101.341.898.500	681.960.278	54,18

*avaluó calculado a partir de la sumatoria de avalúos individuales por predio

**calculado a partir de la sumatoria de los avalúos multiplicado por la tarifa vigente

Fuente: Cálculos propios con base en información catastral

Ahora bien, al calcular el IPU que deberían pagar los predios con cultivos de caña aplicando la tarifa diferencial C-1 “Destinados al cultivo de caña de azúcar” la cual se encuentra al 16 por mil para la vigencia 2013 (ver tabla 40), encontramos que el aumento del IPU es todavía mayor entre los años 2012 y 2013 al esperado por estrato (ver grafico 8).

Tabla 50: Calculo IPU Tarifa C-1 predios dedicados al cultivo de caña de azúcar Año 2013				
Predios	Área m ² *	Avaluó \$**	Tarifa***	IPU Calculado \$****
255	61.955.404	101.341.898.500	16,0	1.621.470.376

*calculada con base en la información de terreno de la base catastral

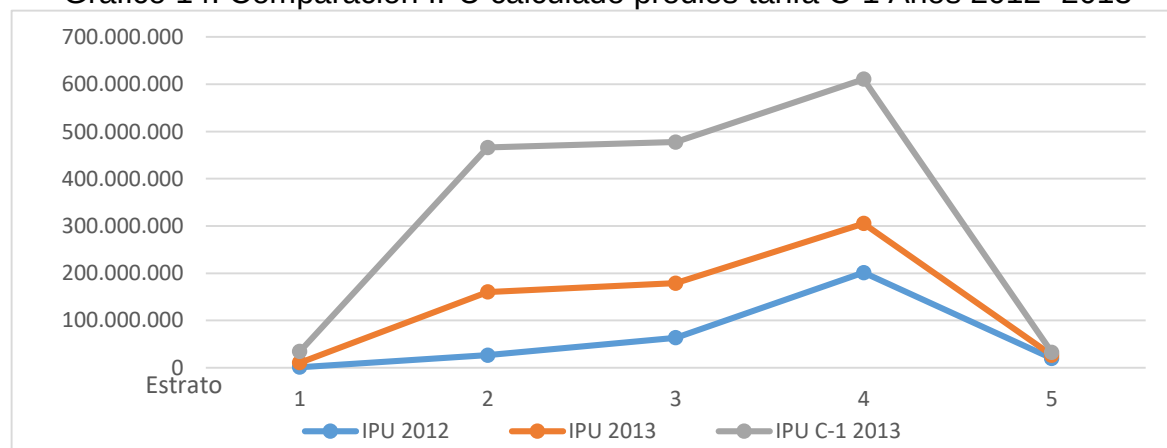
**tarifa por mil conforme el estatuto tributario vigente para la vigencia

***avaluó calculado a partir de la sumatoria de avalúos individuales por predio

****calculado a partir de la sumatoria de los avalúos multiplicado por la tarifa vigente

Fuente: Cálculos propios con base en información catastral

Grafico 14: Comparación IPU calculado predios tarifa C-1 Años 2012 -2013



Fuente: Elaboración propia con base en información catastral

Esto al considerar que al aplicar la tarifa C-1, el cobro potencial del IPU se incrementó en un 80,73% para los mismos predios entre las vigencias 2012 y 2013, pasando de un recaudo potencial de \$681.960.278 a \$1.621.470.376 al año 2013 (ver tabla 41).

Tabla 51: Comparación IPU calculado por estrato y tarifa C-1 para predios dedicados al cultivo de caña de azúcar años 2012 -2013				
	2012	2013		Incremento %
Estrato	IPU*	IPU*	IPU C-1**	2012 -2013 (C-1)
1	1.237.699	10.778.235	34.490.352	96,41
2	26.624.339	160.239.681	466.151.800	94,29
3	63.443.138	179.060.430	477.494.480	86,71
4	201.430.168	305.322.776	610.645.552	67,01
5	19.749.873	26.559.156	32.688.192	39,58
Total	312.485.216	681.960.278	1.621.470.376	80,73

*calculado a partir de la sumatoria de los avalúos multiplicado por la tarifa vigente

** calculado a partir de la sumatoria de los avalúos multiplicado por la tarifa vigente al 16 por mil

Fuente: Cálculos propios con base en información catastral

8.4.3 Estimación del cobro del impuesto predial unificado IPU para los predios dedicados a la siembra de caña de azúcar

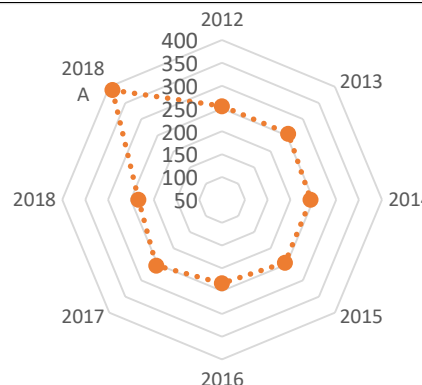
Con base en la información catastral para las vigencias 2013 a 2018, respecto a los predios clasificados bajo la categoría C-1 “Destinados al cultivo de caña de azúcar”, se observa que el número de predios clasificados ha ido variando en el tiempo (ver tabla 42), situación ésta debida entre otros aspectos por cambios de uso de la tierra, mutaciones catastrales (englobes, subdivisiones) y cambio en la clasificación de los predios realizadas por la administración municipal.

Conforme esta dinámica, de los 255 predios identificados en el año 2012, para la vigencia 2018 solo 233 predios se encuentran clasificados como C-1, los cuales representan el 1,38% de los predios rurales del municipio (ver tabla 52), siendo que de los resultados de la clasificación de la imagen de satélite esta se incrementa al 2,46% al identificarse 386 predios, de modo que frente a los 71.881.222 m² calculados en la tabla 42 para la vigencia 2018 según la base estratificada del municipio, el presente estudio amplió la base a 124.605.325 m².

Esta situación es significativa, si observamos que frente al cálculo del impuesto predial unificado para la vigencia 2018 este arroja un valor de \$2.001.311.712, el cual pudo haberse ampliado a \$ 3.381.510.608 si se hubiera contado con una base actualizada como el caso de 386 predios, suponiendo un incremento de \$1.380.198.896 millones de pesos respecto al valor calculado para la vigencia 2018

(ver tabla 43), la cual es una cifra significativa si se considera que solo se estaría grabando el 2,23% de los predios rurales del municipio, y que considerando que los valores calculados para el impuesto predial

Tabla 52: Evolución predios categoría C-1 año 2012 - 2018				
Año	Predios		%	Área m ² *
	Rural	C-1		
2012	13.574	255	1,88	79.691.932
2013	11.371	255	2,24	61.955.404
2014	11436	244	2,13	78.435.464
2015	12.026	245	2,04	78.375.174
2016	13.499	233	1,73	73.270.763
2017	16.810	254	1,51	73.002.187
2018	16.836	233	1,38	71.881.222
2018A**	16.836	386	2,46	124.605.325



*calculada con base en la información de terreno de la base catastral

** 2018A se corresponde con los predios actualizados con base en la identificación realizada

Fuente: Cálculos propios con base en información catastral

Es de referir, que sin la aplicación del cobro diferencial para el cultivo de caña de azúcar, la liquidación del impuesto predial a 2018 vía estrato representaría un 56,77% menos en términos de posibles ingresos al municipio, frente a lo liquidado a 2018 y del 74,41% si se liquidaría con base en los predios identificados toda vez que pasaría de cobrarse \$ 2.001.395.088 según lo calculado para la vigencia 2018 o \$3.381.510.608 si se empleara la base de predios actualizados, a solo \$ 2.984.715.519 sobre la base de la estratificación socioeconómica y tarifaria vigente a 2018. (ver tabla 43).

Tabla 53: Calculo cobro IPU por tarifa C1 2012 - 2018			
Vigencia	Predios	Avaluó \$*	IPU C-1 Calculado \$**
2012	0	N/D	N/D
2013	251	101.341.898.500	1.621.470.376
2014	244	127.207.764.000	2.035.324.224
2015	246	130.474.829.000	2.087.597.264
2016	233	124.320.199.000	1.989.123.184
2017	254	127.508.761.000	2.040.140.176
2018	233	125.081.982.000	2.001.311.712
2018A***	386	211.344.413.000	3.381.510.608

*avaluó calculado a partir de la sumatoria de avalúos individuales por predio

**calculado a partir de la sumatoria de los avalúos multiplicado por la tarifa vigente

*** 2018A se corresponde con los predios actualizados con base en la identificación realizada

Fuente: Cálculos propios con base en información catastral

Tabla 54: Calculo cobro IPU por estrato vigencia 2018 a predios con tarifa C-1				
Estrato	Área	Avaluó \$*	Tarifa	IPU Calculado \$**
1	3.386.767	5.308.717.000	5,0	26.543.585
2	23.234.203	32.244.069.000	5,5	177.342.380
3	16.460.071	32.400.486.000	5,0	194.402.916
4	26.299.940	49.949.358.000	8	399.594.864
5	2.500.241	5.179.352.000	13	67.331.576
Total	71.881.222	125.081.982.000		865.215.321

*avaluó calculado a partir de la sumatoria de avalúos individuales por predio

**calculado a partir de la sumatoria de los avalúos multiplicado por la tarifa vigente

Fuente: Cálculos propios con base en información catastral

Respecto al ingreso obtenido por el municipio al aplicar la tarifa C-1, se tiene que esta ha venido en aumento en los últimos años, conforme el límite al incremento del IPU se ha ido desmontando (ver tabla 46), siendo que a partir del año 2017 el IPU calculado debería ser igual al IPU a recaudarse toda vez que ya no aplica dicha exención; en este escenario se tiene que para el año 2017 se logró recaudar por concepto de IPU por tarifa C-1 \$1.139.982.373 que representa el 55,88% del total calculado siendo para ese año, lo anterior en razón que solo 109 de los 254 predios categorizados con esta tarifa hicieron el respectivo pago.

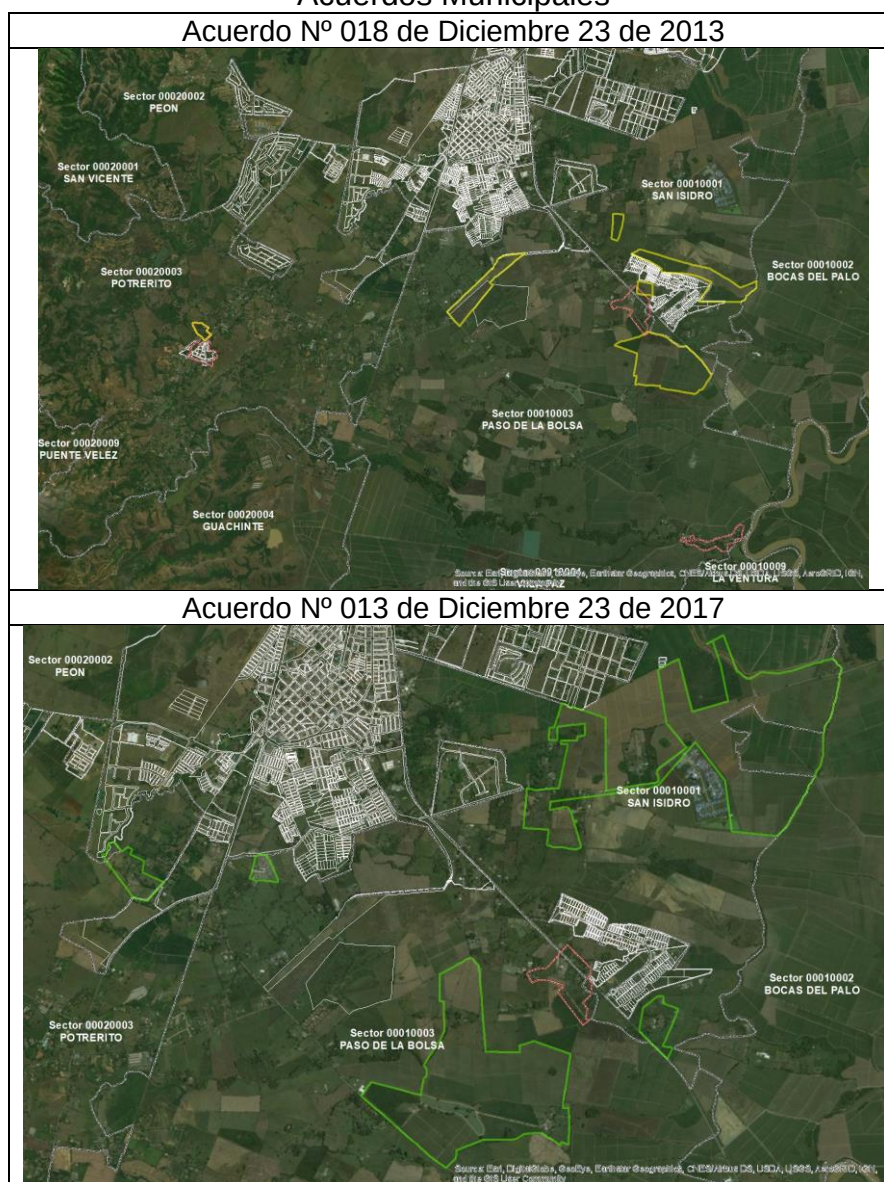
Aquí la situación de recaudo, si bien sobrepasa el valor esperado si solo se aplicaría una tarifa basada en estratos (ver tabla 55), hace necesario una gestión tributaria de parte de la administración municipal para el recaudo eficaz y equitativo de sus impuestos y lograr llegar a lo esperado para cada vigencia y disminuir la cartera del municipio; si bien, a futuro el recaudo del impuesto predial asociado a la tarifa para el cultivo de la caña en el municipio puede variar, gracias a nuevas condiciones urbanísticas y normativas, toda vez que el Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT ha sufrido varias modificaciones entre el periodo 2002 y 2017, incorporando áreas y predios rurales y de vocación agrícola y agroindustrial al perímetro urbano especialmente para el desarrollo de proyectos habitacionales.

Tabla 55: Ingresos IPU C-1 2013 - 2017					
Año	Predios	IPU Calculado C-1	Ingreso IPU C-1	Predios	% Recaudo
2012	0	312.485.216	N/D	N/D	N/D
2013	251	1.621.470.376	627.915.217	156	38,72
2014	244	2.035.324.224	1.011.857.192	156	49,71
2015	246	2.087.597.264	1.390.297.575	154	66,60
2016	233	1.989.123.184	1.270.048.696	129	63,85
2017	254	2.040.140.176	1.139.982.373	109	55,88

Fuente, elaboración propia con base en datos de la Secretaría de Hacienda y tesorería General municipio de Jamundí, 2018

De la anterior situación, se tiene el caso concreto de los Acuerdos N° 018 de Diciembre 23 de 2013 y Acuerdo 013 de Julio de 2017 que incorporan suelo rural, suburbano y de expansión urbana al perímetro urbano para el desarrollo de vivienda de interés social VIS e interés prioritario VIP en el marco de la Ley 1537 de 2013 y Ley 1752 de 2015 (ver figura 17); en donde dichos predios, una vez incorporados si bien en algunos casos siguen desarrollando la actividad agrícola en tanto se urbanizan, por la condición señalada en dichos acuerdos el cobro del impuesto predial se realiza con base en otras tarifas urbanas como el caso de las de lotes especiales E1, E2, y E3

Figura 20: Zonas incorporadas al Perímetro Urbano para VIS y VIP Mediante Acuerdos Municipales



Fuente: Elaboración propia con base en Acuerdos municipales

9 Conclusiones

Mejorar las finanzas públicas del municipio es imperante para una municipalidad frente al cumplimiento de sus funciones misionales y el garantizar fuentes de financiación para la implementación de las políticas en el municipio; la inversión, la atención de la población y el funcionamiento mismo del ente territorial: si bien tributariamente con la expedición de normas y la determinación de impuestos no es suficiente para suplir las necesidades financieras, es necesario contar con herramientas que permitan poner en práctica dichas determinaciones.

Siendo que el cultivo de la caña de azúcar tiene su mayor representatividad en el valle geográfico del río Cauca y que dentro de la gestión tributaria municipal se viene adelantando diferenciaciones para el cobro de impuestos, como el caso concreto del impuesto predial unificado, se hace necesario abordar la gestión de los mismos, más allá de un enfoque financiero, toda vez que las nuevas tecnologías de la información geográfica como los sistemas de información geográfica SIG y la teledetección se vienen presentando como herramientas que permiten una gestión integrada no solo de la información sino también del territorio.

En este contexto, los sistemas de información geográfica SIG o la teledetección y la liberación de sistemas como el Landast, suponen un escenario a partir del cual las entidades como el caso de los municipios puedan acceder a una información más fiable, certera y actualizada; ya que si bien la teledetección o los SIG tienen una fuerte aplicación para temas ambientales y de planificación territorial, estos ofrecen un mundo de posibilidades, las cuales pueden ser aprovechadas interinstitucionalmente al interior de los mismos municipios, al abordar desde un mismo enfoque o situación concreta múltiples situaciones o problemáticas.

Y es así, que el uso de imágenes de satélite Landsat 8 OLI/TIRS, a partir de productos de nivel superior (Landsat Surface Reflectance Level-2 Science Products), permite ahorrar tiempo, toda vez que estos productos permiten su uso casi inmediato considerando que pueden solicitarse sin costo a través del USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center del Servicio Geológico de los Estados Unidos – USGS, accediendo por medio de la interfaz del EROS, al tiempo que suprime la necesidad de realizar ciertos pasos del preprocesamiento de la imagen, frente a aspectos como la conversión a reflectancia, temperatura y el cálculo de índices espectrales.

Esta situación permite que se puedan desarrollar estudios aplicados como la clasificación de coberturas, análisis multitemporales, entre otras aplicaciones, de forma más rápida y dinámica, al contar con productos ya procesados, caso presente del estudio el cual busca a partir de una clasificación de uso y cobertura, con el ánimo de contar con información cartográfica digital actualizada sobre la cobertura del cultivo de caña de azúcar en el municipio de Jamundí.

El uso de la teledetección y los SIG para la discriminación de áreas sembradas en caña de azúcar o asociados a su cultivo condiciones de cosecha o preparación expresados por el suelo arado o suelo inundado en algunos casos, permitió la identificación de 386 predios rurales en el municipio de Jamundí, susceptibles de ser gravados diferencialmente frente al cobro del impuesto predial unificado IPU a partir de la tarifa C-1 “Destinados al cultivo de caña de azúcar”, sino la posibilidad del recaudo efectivo y equitativo del impuesto; lo cual se empezó a evidenciar desde la identificación inicial realizada en el año 2012 por parte de la administración municipal a partir del uso de la teledetección y SIG para determinar predios objeto de la tarifa C-1, situación que supone no solo la aplicación efectiva de las políticas tributarias del municipio, sino también una depuración de la información catastral a nivel municipal, con información actualizada que permita alimentar la base de datos de dicho predios

Lo anterior, al considerar que, del ejercicio realizado, de los 386 predios identificados, de los cuales solo 214 tiene asignada la tarifa C-1, mientras que los 172 predios restantes, no tiene asignada dicha tarifa y su cobro se encuentra basado en un estrato u otra categoría, lo que requiere de una actualización.

Para el municipio de Jamundí la sola inclusión de la tarifa para el cultivo agroindustrial de la caña de azúcar “C1-Destinados al cultivo de caña de azúcar” dentro de su ordenamiento tributario, no significó necesariamente una mejora en el gravamen de predios o un aumento del tributo o del recaudo, toda vez que el municipio, al no contar con las herramientas para la identificación de los predios objeto de dicha tarifa, la aplicación del cobro de dicho impuesto, durante el periodo 2012-2018 ha sido inocuo.

Y es que en tanto no se cuente con una base cartografía actualizada, de los predios cultivado en caña y una interrelación entre esta y la información catastral y tributaria del municipio, la aplicación de las políticas municipales no va a ser eficiente, situación que se evidencia con la implementación de la actualización catastral en el año 2012 con vigencia 2013, la cual al permitir contar con una cartografía predial renovada y avalúos actualizada a partir de la aplicación de los estudios geoeconómicos, reafirmo el potencial financiero que ello implica para el municipio por cómo se vio reflejado en el recaudado del IPU en general.

Si bien fue en este momento cuando se empieza a vislumbrar oportunidades en la gestión tributaria del municipio, frente a herramientas que ya existan como el cobro de la tarifa diferencial para la caña de azúcar, no es sino hasta la implementación del “Estudio de coberturas de la zona plana del municipio de Jamundí para determinar la línea base de los predios destinados al monocultivo de la caña de azúcar, para ser incluidos en el cobro del Impuesto Predial Unificado IPU como destino C1.” realizado en el año 2012, cuando se ve su aplicación efectiva.

Este escenario supone no solo la oportunidad de contar con herramientas efectivas para el debido recaudo del impuesto predial unificado IPU, sino la necesidad de permitir la aplicación de herramientas de gestión de la información que vayan más allá de las herramientas tradicionales para su tratamiento y análisis, y abrirse a nuevos enfoques en el tratamiento de la información a nivel municipal.

Lo anterior considerando, que la actualización de la base de predios afectados por la tarifa C-1 como el caso de los 386 predios identificados, podría entrar a representar un incremento del 49,5% en el cobro del impuesto predial para dichos predios, al poder pasar de un cobro de \$2.001.311.712 a \$ 3.381.510.608 conforme los cálculos realizados, situación que es significativa para el municipio y que confirma no solo los beneficios de la aplicación de dicha tarifa sino del uso de herramientas como la teledetección y los sistemas de información geográfica SIG en temas tributarios, al permitir identificar nuevos predios y consolidar una base de datos de los mismos dedicadas a una u otra actividad.

10. Bibliografía

- AHMAD, Asmala y QUEGAN, Shaun. Analysis of Maximum Likelihood Classification Technique on Landsat 5 TM Satellite Data of Tropical Land Covers. En: 2012 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, 23 - 25 Nov. 2012, Penang, Malaysia https://www.researchgate.net/publication/279541271_Analysis_of_maximum_likelihood_classification_on_multispectral_data
- AGUILAR RIVERA, Noé, et al. Evaluación agroindustrial del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) mediante imágenes SPOT 5 HRV en la Huasteca México. En: Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata (2012) Vol 111 (2): 64-74
<http://revista.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/view/60/36>
- Ficha Técnica del cultivo de Caña de Azúcar. Sistema Potosino de Vigilancia Epidemiológica- sivicaña.
http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CA%C3%91A_DE_AZ%C3%9ACAR,_FICHA_T%C3%89CNICA.pdf
- ARIZA, Alexander. Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission) Versión 1.0. Instituto Geográfico Agustín Codazzi; IGAC. 2013. 46 pag.
<http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>
- BOSQUE SENDRA, Joaquín y GARCÍA, Rosa C. El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial: En : Anales de Geografía de la Universidad Complutense N°20, 2000. Pág.: 49-67.
http://www.geogra.uah.es/joaquin/pdf/SIG_Ordenacion-territorio.pdf
- BRIASSOULIS, Helen. Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches. Web Book of Regional Science, S. Loveridge, ed. Regional Research Institute, West Virginia University, 2000.
<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>
- BRICEÑO, Francisco. Cambios de cobertura de la tierra en el valle del río Momboy, estado Trujillo. EN: Geoenseñanza, año 8 vol. 001 Universidad de los Andes. 2003. Pág. 91-100.
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/20827/1/articulo7.pdf>

- BRIZUELA, Armando B., AGUIRRE, César A. y VELASCO, Inés. Aplicación de métodos de corrección atmosférica de datos Landsat 5 para análisis multitemporal. En : TELEDETECCIÓN - Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional. Pag. 207-214. 2007
<http://dns2.aet.org.es/congresos/xii/arg27.pdf>

- BUZAI, Gustavo D. (2001): "Paradigma Geotecnológico, Geografía Global y CiberGeografía, la gran explosión de un universo digital en expansión". EN:, GeoFocus (Artículos), nº 1, p. 24-48.
<http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/313/180>

Sistemas de información geográfica: aspectos conceptuales desde la teoría de la Geografía. En: Memorias XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica - (XI CONFIBSIG. Buenos Aires, Argentina, Volume: 1. 2007
https://www.researchgate.net/publication/299289863_Sistemas_de_Informacion_Geografica_aspectos_conceptuales_desde_la_teor%C3%ADa_de_la_Geograf%C3%ADa

Geografía y Sistemas de información geográfica Evolución teórico-metodológica hacia campos emergentes. En: Revista Geográfica de América Central Nº Especial. I Semestre 2001.pp. 15-67
<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/4007/3848>

La Geografía ante la automatización digital Tendencias y desafíos teórico-metodológicos para el siglo veintiuno. 20 pag. <http://www.elistas.net/cgi-bin/eGruposDMime.cgi?K9D9K9Q8L8xumopxCdtlozmepCQTYRQCvthCnoqdy-qlhhyCVRRYifb7>

- CAMACHO ET AL. Factores que inciden en el recaudo del Impuesto Predial Unificado en el distrito de Barranquilla. En: Revista Prospect. Vol. 15, No. 1, Enero - Junio 2017, págs. 64-73 2017.
<http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v15n1/1692-8261-prosp-15-01-00064.pdf>
- CHANDER, G. y MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges, IEEE . Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 41, No. 11, 2003 pp. 2674-2677
https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/L5_TM_Cal_2003.pdf

- CHAVEZ, J. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. Remote Sensing of Environment numero 24, Pagina 459-479. 1988.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0034425788900193>

- CHUVIECO SALINERO, Emilio. Teledetección, S.I.G. y Cambio Global. en: Núm. 29 (1992): V Coloquio de Geografía Cuantitativa. Sección. pag 33 -56

<https://papiro.unizar.es/ojs/index.php/geographicalia/article/view/1833>

Introducción a la Teledetección Espacial 2da edicion. Ediciones Rialp SA. 1996

Teledetección Ambiental. Editorial Ariel SA. 2008.

- COLL, Eloina; Et al. Los SIG en la administración local. En: 1er Congreso Internacional de Catastro Unificado y Multipropósito. Universidad de Jaén, España. 16 a 18 de junio de 2010.

<https://planosypropiedad.files.wordpress.com/2010/04/resumen-los-sig-en-la-administracion-local.pdf>

- Comisión Nacional de Actividades Espaciales CONAE. Índices Espectrales derivados de imágenes satelitales Landsat 8 Sensor OLI version 1. Argentina. 2016. 15 pag.

<https://catalogos.conae.gov.ar/landsat8/Docs/IndicesEspectralesDerivadosDeLandsat8.pdf>

- DE GRACIA, Nicolás. La teledetección satelital: su aplicación en el catastro territorial EN: Second Euro-Latin American Space Days, Proceedings of the conference held 9-13 May, 1994 in Buenos Aires, Argentina.

<http://adsabs.harvard.edu/full/1994ESASP.363...51D>

- DÍAZ MONTEJO, Lucas Lizandro y PORTOCARRERO RIVERA, Eduardo Tomás. Manual de Producción de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.). 2002. 148pag. Tesis

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2247/1/CPA-2002-T043.pdf>

- DUQUE ESCOBAR, Gonzalo y ESCOBAR POTES Carlos Enrique. Origen formación y constitución del suelo, fisicoquímica de las arcillas. Universidad Nacional de Colombia. 2016.

<http://bdigital.unal.edu.co/53252/85/introduccion.pdf>

- DUY, Nguyen Ba; et al. Study on vegetation indices selection and changing detection thresholds selection in Land cover change detection assessment using change vector analysis. En: (2012). International Congress on Environmental Modelling and Software 2012. 235.
<https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1884&context=ieemssconference>
- EASTMAN (2004), IDRISI Kilimanjaro, Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes. Clark Labs Clark University, Worcester, MA, USA. 2012. 321 pag.
<https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/IDRISI-Selva-Spanish-Manual.pdf>
- BERMÚDEZ ESCOBAR, Isabel Cristina. La caña de azúcar en el Valle del Cauca. Una historia de desarrollo industrial. 1997.
<http://cvisaacs.univalle.edu.co/la-cana-de-azucar/>
- ESPERANZA F. C. y ZERDA, H. R. Potencialidad de los índices de vegetación para la discriminación de coberturas forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales, Santiago del Estero, 2002. 10pag.
https://www.academia.edu/13450382/POTENCIALIDAD_DE_LOS_%C3%8DNDICES_DE_VEGETACI%C3%93N_PARA_LA_DISCRIMINACI%C3%93N_DE_COBERTURAS_FORESTALES
- ESPINAL, CARLOS; MARTÍNEZ, HÉCTOR; ORTIZ, LILA; BELTRÁN LUZ. La Cadena de Azúcar en Colombia una Mirada Global de su Estructura y Dinámica 1991-2005. Documento de trabajo No. 56. Observatorio Agrocadenas. Marzo de 2005. p.1
http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6377/1/2005112143137_caracterizacion_azucar.pdf
- FERNÁNDEZ-COPPEL, Iganacio Alonso y HERERO LLÓRENTE, Eliecer. El Satelite Landsat. Análisis visual de imágenes de satélite obtenidas del sensor ETM+ Satélite Landsat. Universidad de Valladolid, 2001 - 37 páginas
<http://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>
- FLORES ROSARIO, Ernesto José. Geoinformática e Investigación Geográfica Situación Actual y Perspectiva. En Rev. For. Lat. 36/2004 Págs. 59-81. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24105/2/articulo5.pdf>

- GILMORE, Sean; et al. Effectiveness of DOS (Dark-Object Subtraction) method and water index techniques to map wetlands in a rapidly urbanising megacity with Landsat 8 data.
<https://espace.curtin.edu.au/handle/20.500.11937/43918>

- GONZAGA AGUILAR, Carlos. “Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador”. 2014. 120 pag. tesis.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/34487/Documento_completo.pdf?sequence=1

- GONZAGA AGUILAR, Carlos. Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales para análisis de Coberturas Vegetales en la Provincia de Loja, Ecuador. En: Revista CEDAMAZ 2015 · Vol. 5, No. 1, pp 30 – 41. <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/43>

- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI; IGAC. Mejora de los sistemas de cartografía del territorio colombiano. 104 pag. 2007
Sistemas DE Información Geográfica - SIG
ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/SIG/SIG_Modulo.pdf
Teledetección
ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/Teledeteccion/Teledeteccion_Modulo.pdf

- Resolución 0070 del 4 de febrero de 2011, por la cual se reglamenta técnicamente la formación catastral, la actualización de la formación catastral y la conservación catastral. 2011. 44 pag.
http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/RESOLUCION_70_2011.pdf

- MARTÍNEZ MUÑOZ, Julio. Et al- Percepción remota Fundamentos de teledetección espacial. 2005. 62pag.
<http://siga.cna.gob.mx/SIGA/Percepcion/Fundamentos%20de%20teledetección%C3%B3n%20espacial.PDF>

- MOLINA, Adriana Maria et al. Los sistemas de información geográfica (SIG) en la planificación municipal. En: revista EIA Numero 4 2005 pag. 21-31
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372005000200003

- MURILLO SANDOVAL, Paulo José. Estado del arte en el uso de la percepción remota en el cultivo de la caña de azúcar y posibles usos para el sector azucarero colombiano. caso de aplicación: clasificación de las variedades cc 85-92 y cc 84-75 usando datos Landsat 7 ETM+. Tesis 164 pag. 2006
- MURILLO SANDOVAL, Paulo José y CARBONELL GONZÁLEZ Javier Ali. Principios y aplicación de la percepción remota en el cultivo de la caña de azúcar en Colombia. Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia CENICAÑA. 183 pag. 2012.
ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/projects/BIGDATA_AEPS/DOCUMENTOS/Percepcion_remota/principios-y-aplicaciones_percepcion-remota.pdf
- National Aeronautics and Space Administration – NASA. Landsat Surface Reflectance Data. 2015 <https://pubs.usgs.gov/fs/2015/3034/pdf/fs2015-3034.pdf>

Landsat 8 OLI/TIRS Level-2 Data Products - Surface Reflectance.
<https://lta.cr.usgs.gov/L8Level2SR>

Landsat Surface Reflectance Level-2 Science Products
<https://landsat.usgs.gov/landsat-surface-reflectance-data-products>
- ORTEGA GARCÍA, Álvaro; et al. Estudio de coberturas de la zona plana del municipio de Jamundí para determinar la línea base de los predios destinados al monocultivo de la caña de azúcar, para ser incluidos en el cobro del Impuesto Predial Unificado IPU como destino C1. Municipio de Jamundí 2012. 33 pag. Documento de trabajo
- PINILLA RUIZ, Carlos. Actualizaciones catastrales mediante teledetección. 1er Congreso Internacional de Catastro Unificado y Multipropósito. Universidad de Jaén, España. 16 a 18 de junio de 2010. 4 pag.
http://coello.ujaen.es/congresos/cicum/ponencias/Cicum2010.3.06_Pinilla_Actualizaciones_catastrales_mediante_teledeteccion.pdf
- RAMOS GOMEZ. Oscar Gerardo. Caña de azúcar en Colombia. En: Separata de la Revista de Indias. Instituto de Historia. CSIC. Madrid Vol LXV número 233 Pag. 49-78. 2005.
[http://digital.csic.es/bitstream/10261/83038/9/08%20Colombia%20\(Oscar%20G.%20Ramos\).pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/83038/9/08%20Colombia%20(Oscar%20G.%20Ramos).pdf)

- RODRÍGUEZ RAMOS, Neisy; BELL-LLOCH GARCÍA, Ina; GALANO DUVERGER, Soltan; ESTRADA ESTRADA, Reynaldo y MARTÍN MORALES, Gustavo. Software para corregir los datos inválidos en las imágenes Landsat 7. En: Medio ambiente y Desarrollo; Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente Año 9, No. 17, 2009 ISSN: 1683-8904.
<http://ama.redciencia.cu/articulos/17.07.pdf>

- SATO, H.P. y TATEISHI, R.. Land cover clasification in SE Asia using near and short wave infrared bands. EN: International Journal of Remote Sensing. Vol. 25, Nº 14. 2004. Pág. 2821-2832
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160310001618400>

- SANTANA RODRÍGUEZ, Luis Marino et al. "Dinámica de la ocupación del suelo en la ciudad de Cali, entre 1984 y 2003, usando imágenes Landsat". Revista El Hombre Y La Máquina, Vol.v.33, 2009. p.34 – 44.

- Estimación de un índice de calidad ambiental urbano, a partir de imágenes de satélite. En: Revista de Geografía Norte Grande, Numero 45: Pag. 77-95. 2010
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022010000100006

- SENDRA,V. Et al. Método para la corrección atmosférica de imágenes Landsat. En: Teledetección: Humedales y Espacios Protegidos. XVI Congreso de la Asociación Española de Teledetección. pp. 484-487. Sevilla 21-23 octubre 2015
<http://ocs.ebd.csic.es/index.php/AET/2015/paper/download/234/344>

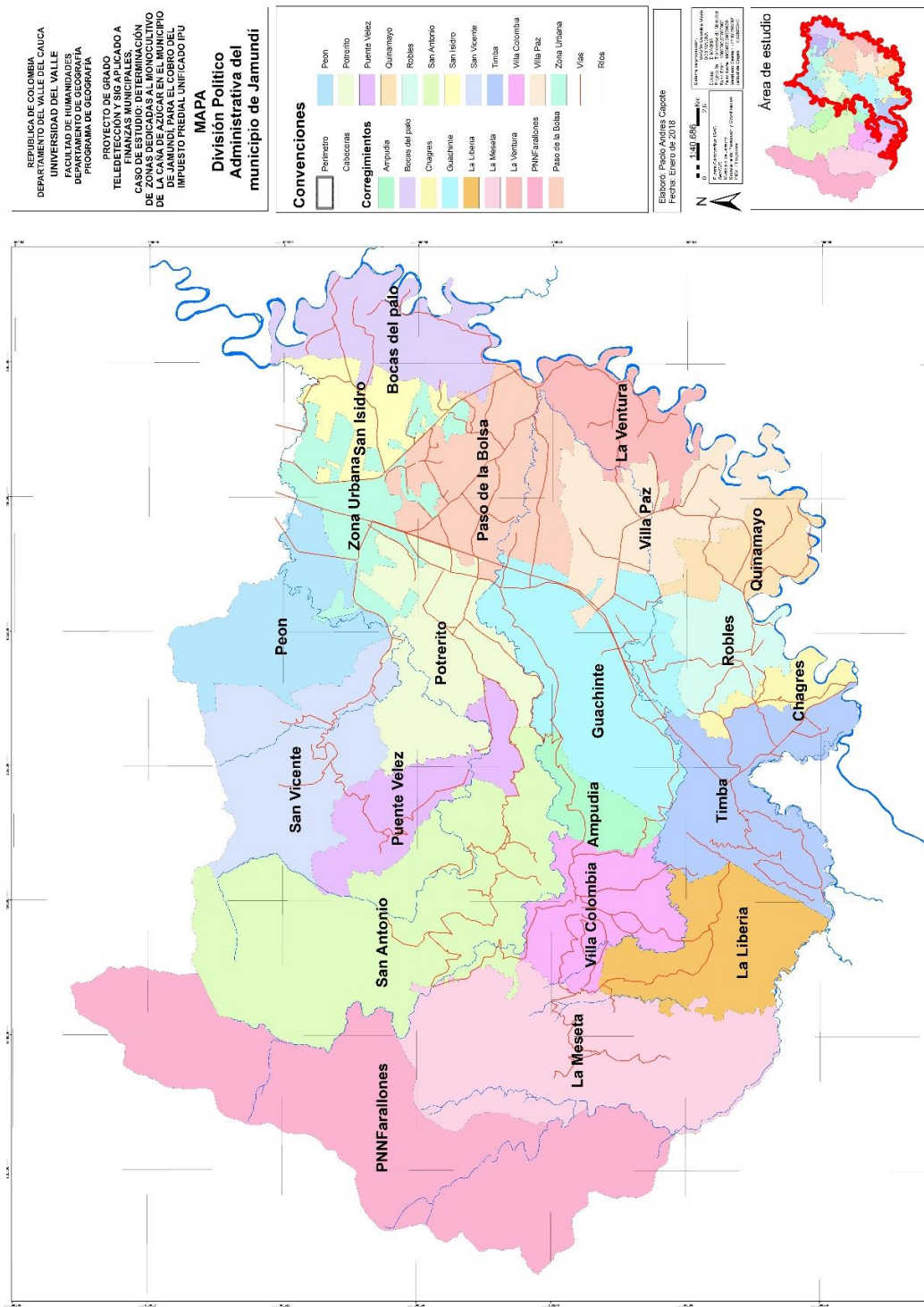
- United States Geological Survey USGSS. Landsat 8 (L8) data users handbook. 2016.
<https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>

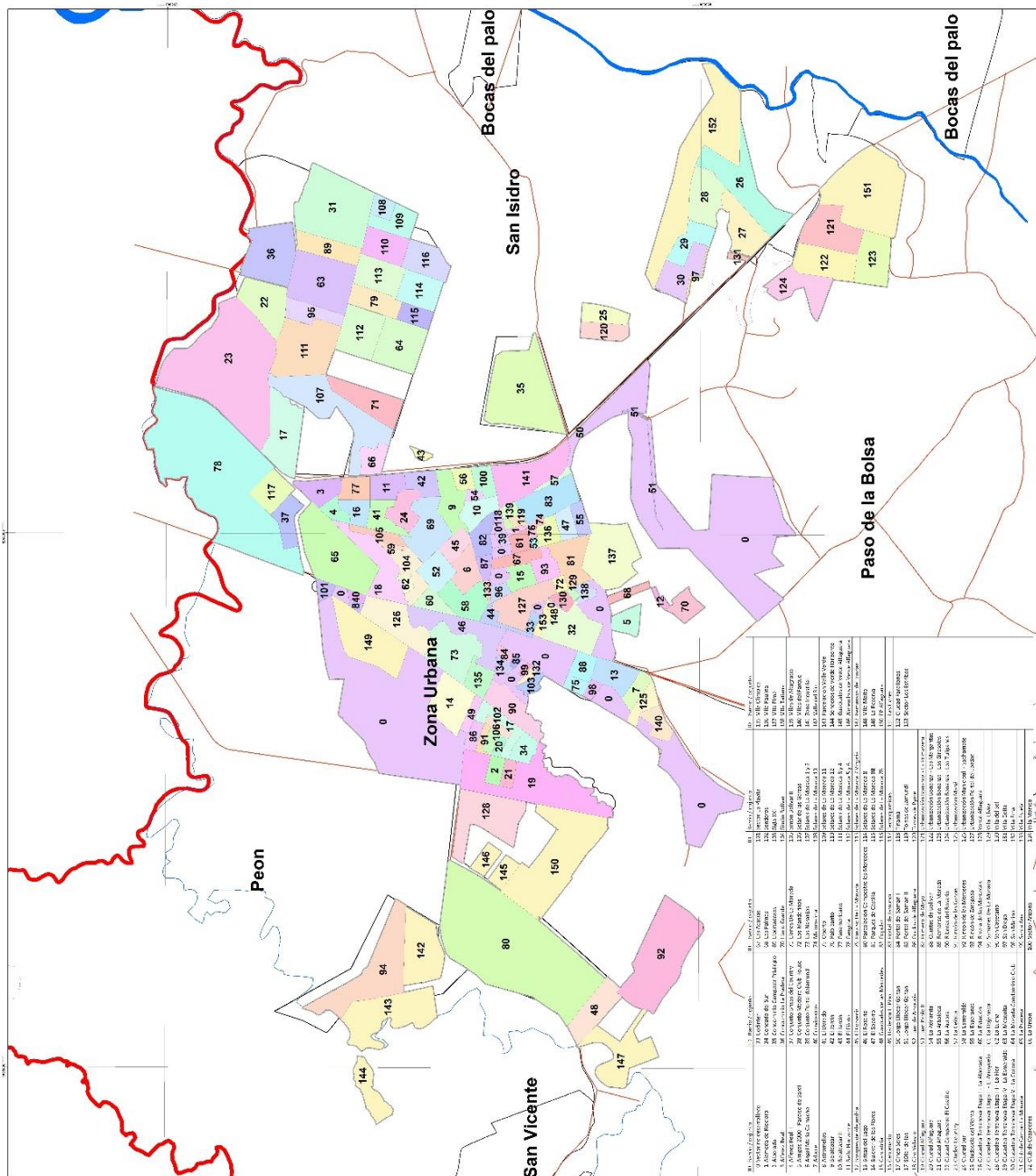
- VICTORIA K. Jorge I. et al. Catálogo de Variedades de Caña de Azúcar. 3 edición. Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia CENICAÑA 2013. 13 pag.
https://www.researchgate.net/publication/277871508_Catalogo_de_variedades_de_cana_de_azucar

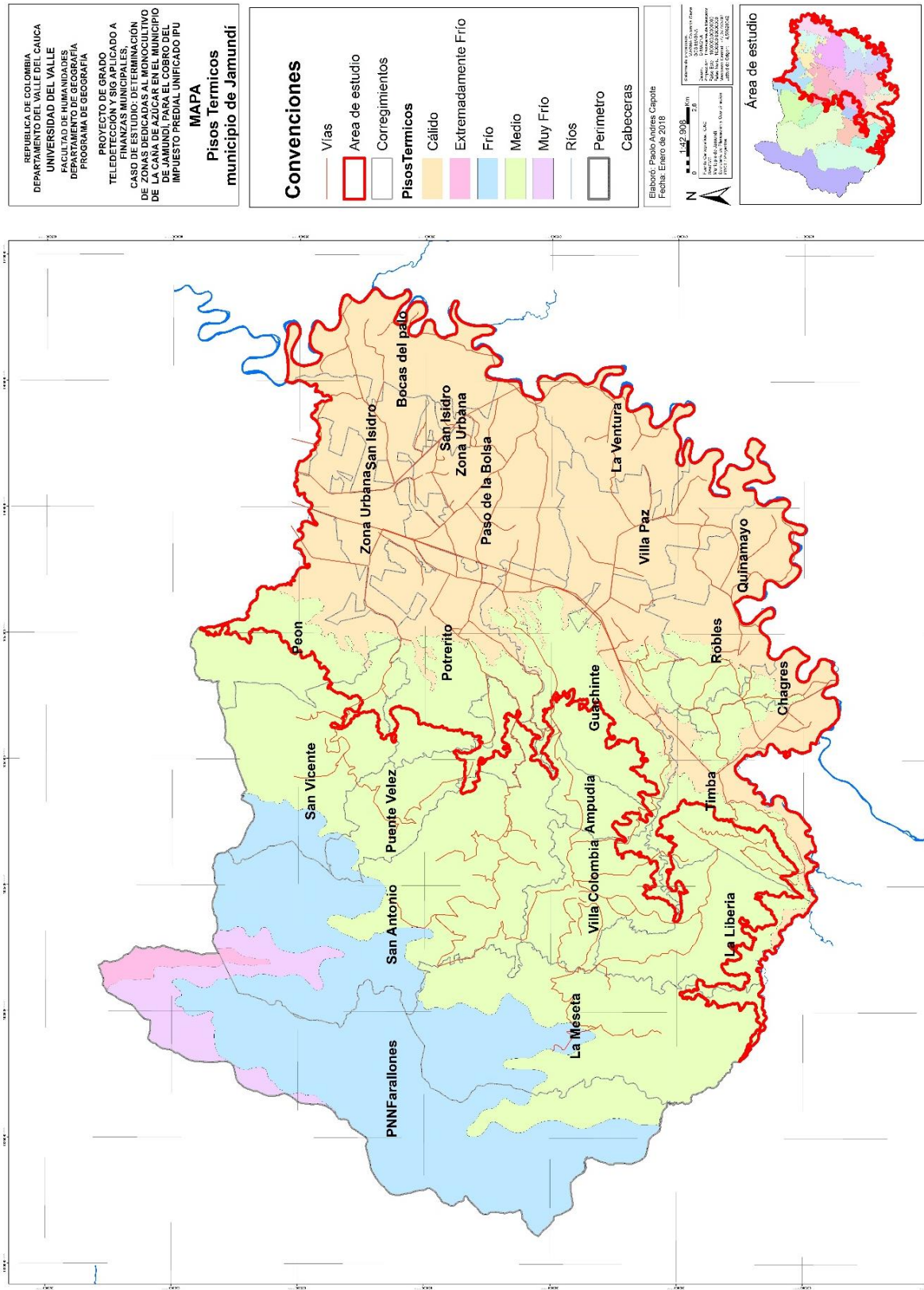
- SONG, Conghe; WOODCOCK, Curtis E.; SETO , Karen C.; PAX LENNEY, Mary y MACOMBER , Scott A. Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects?. EN: Remote Sensing of Environment # 75. Pág. 230–244 (2001).
http://www.unc.edu/courses/2008spring/geog/577/001/www/Song01_RSE.pdf
- ZHAO, Hongmei y CHEN, Xiaoling. Use of Normalized Difference Bareness Index in Quickly Mapping Areas from TM/ETM+. EN: IEEE. 2005. Pag. 1666-1668. <https://ieeexplore.ieee.org/document/1526319/>

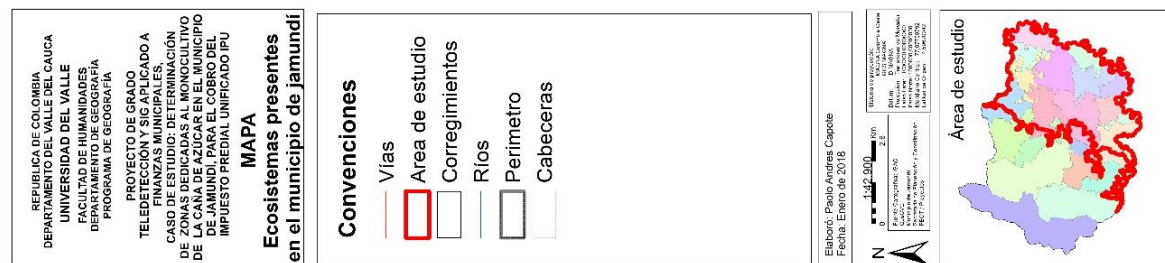
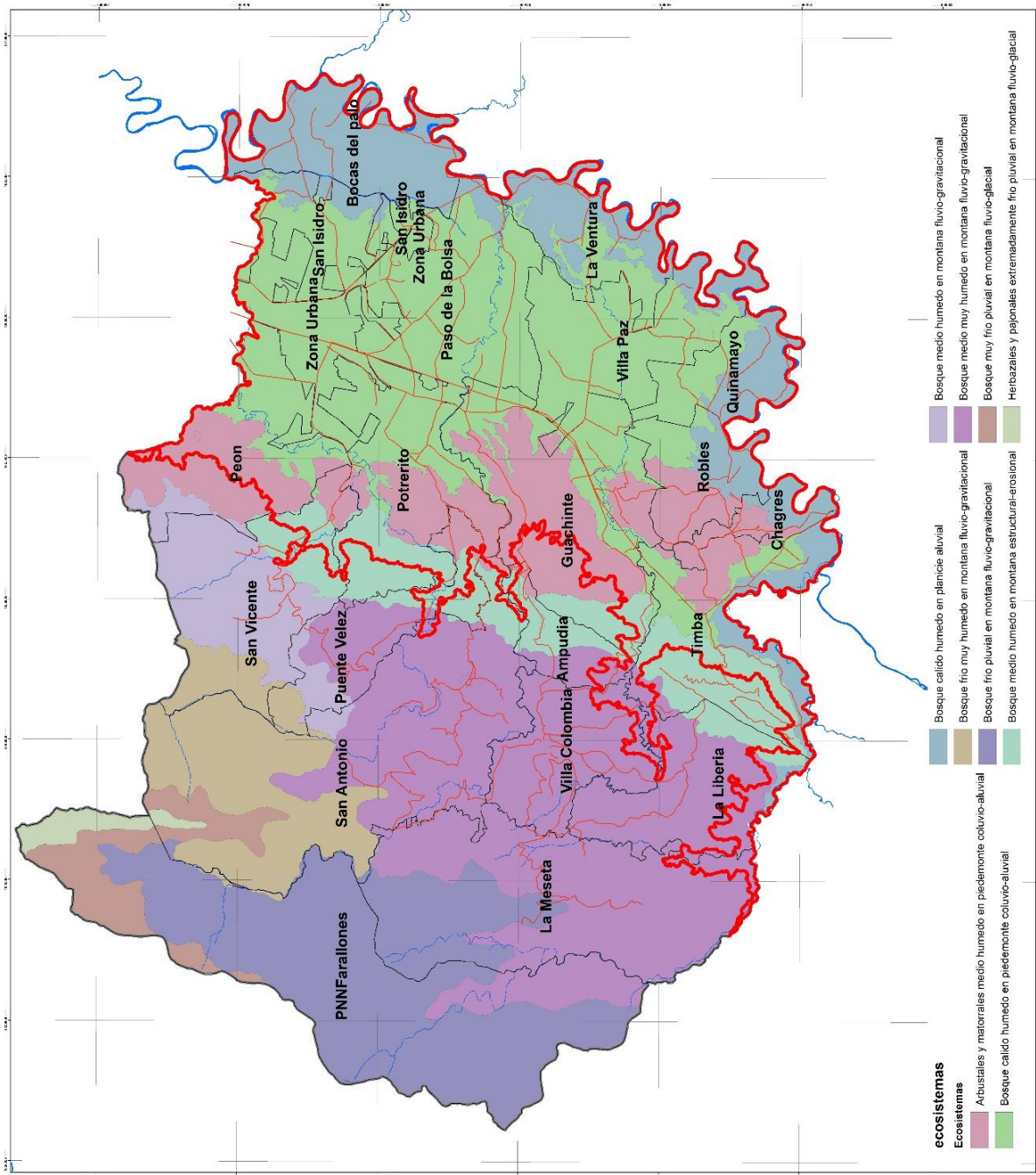
11. Anexos

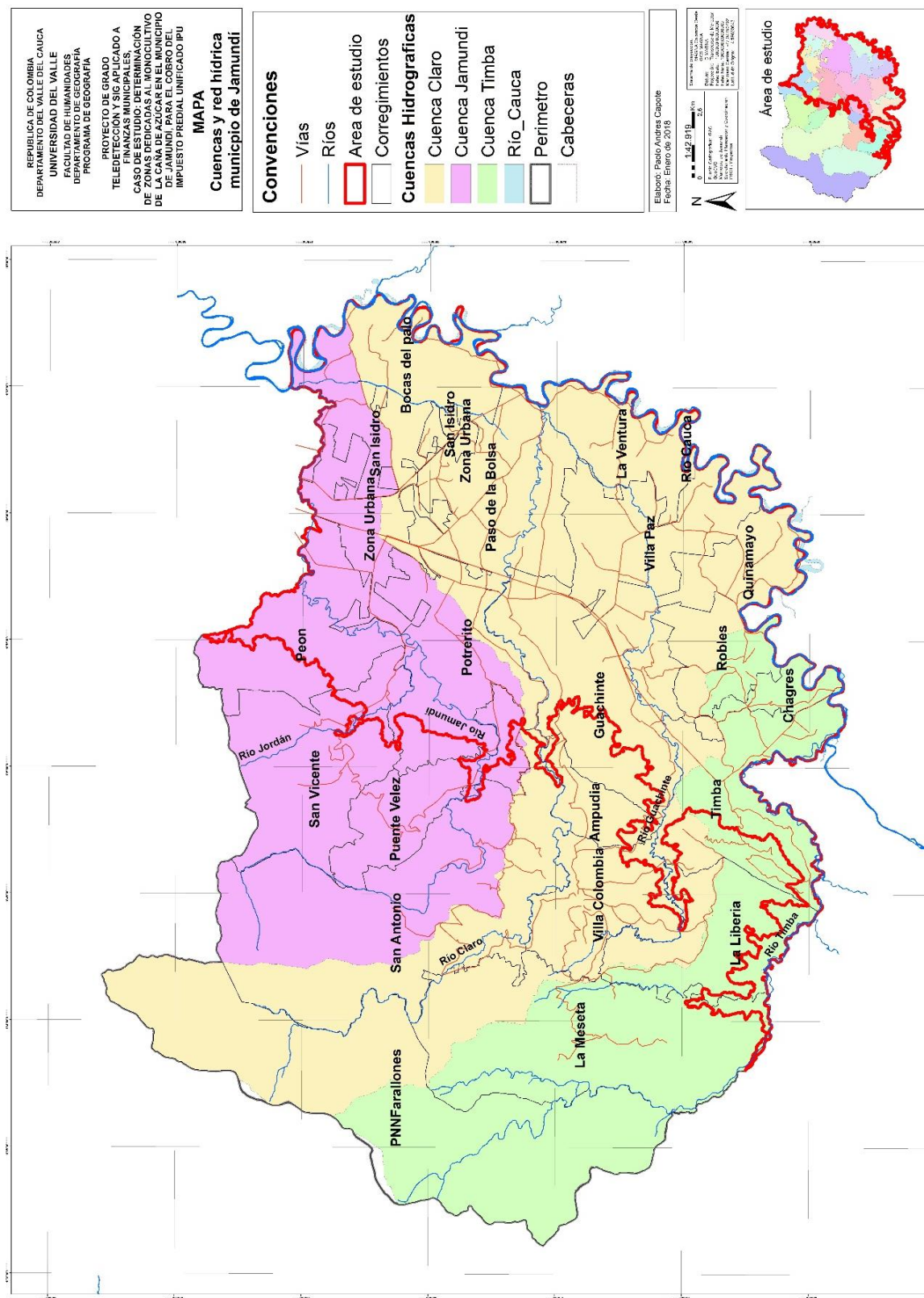
11.1 Anexo 1 Cartografía

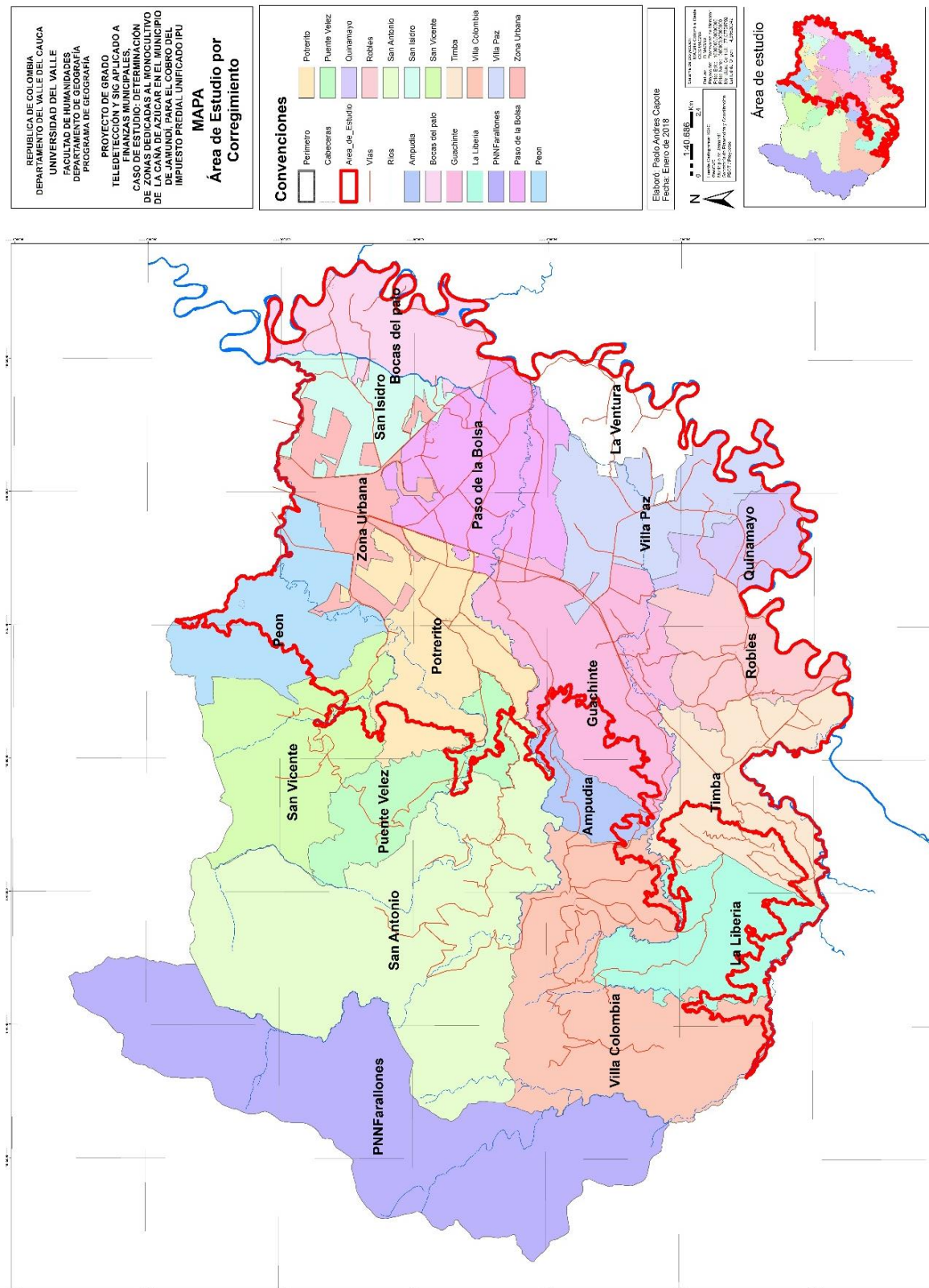


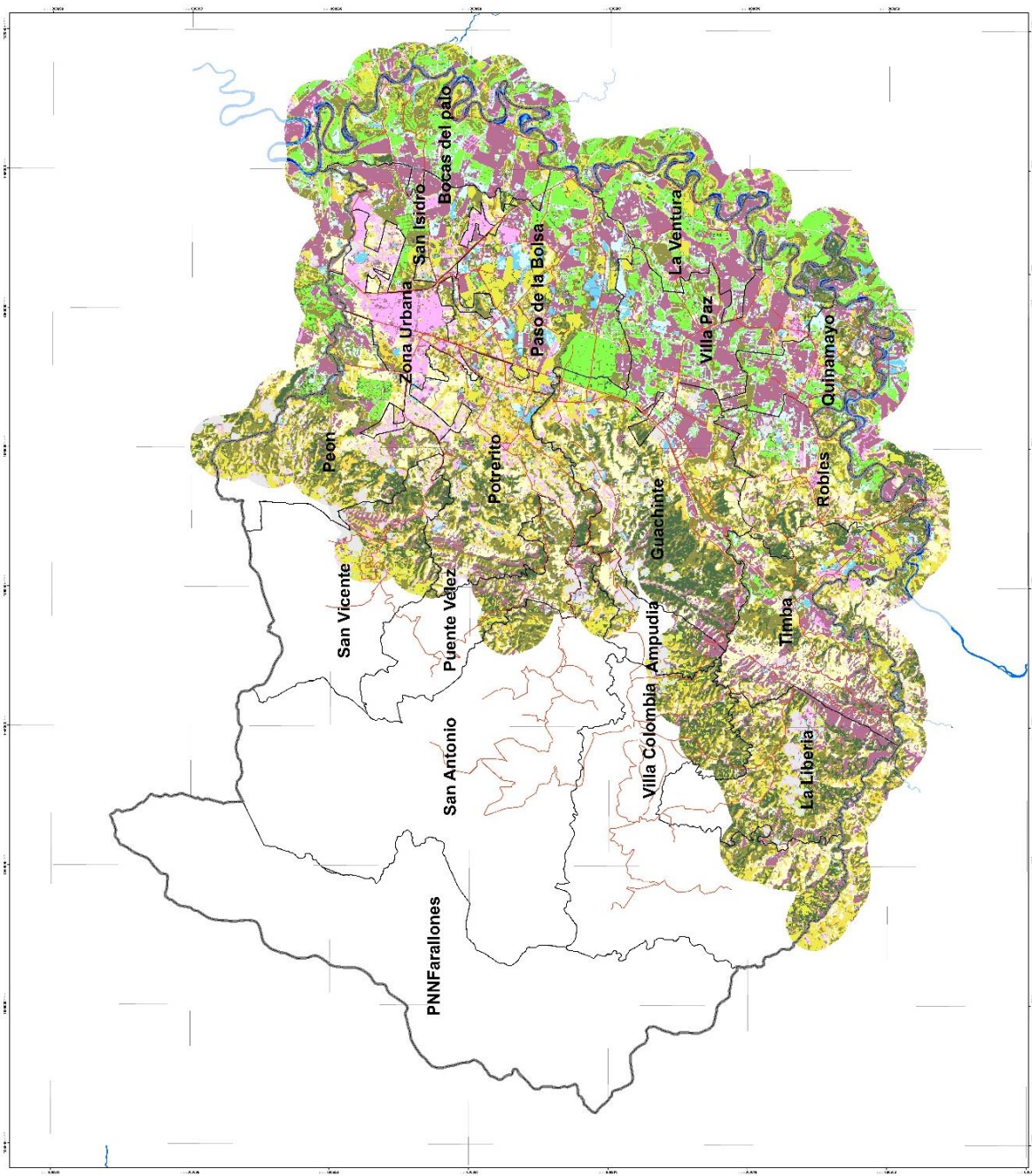










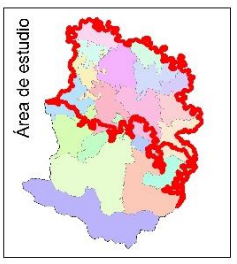


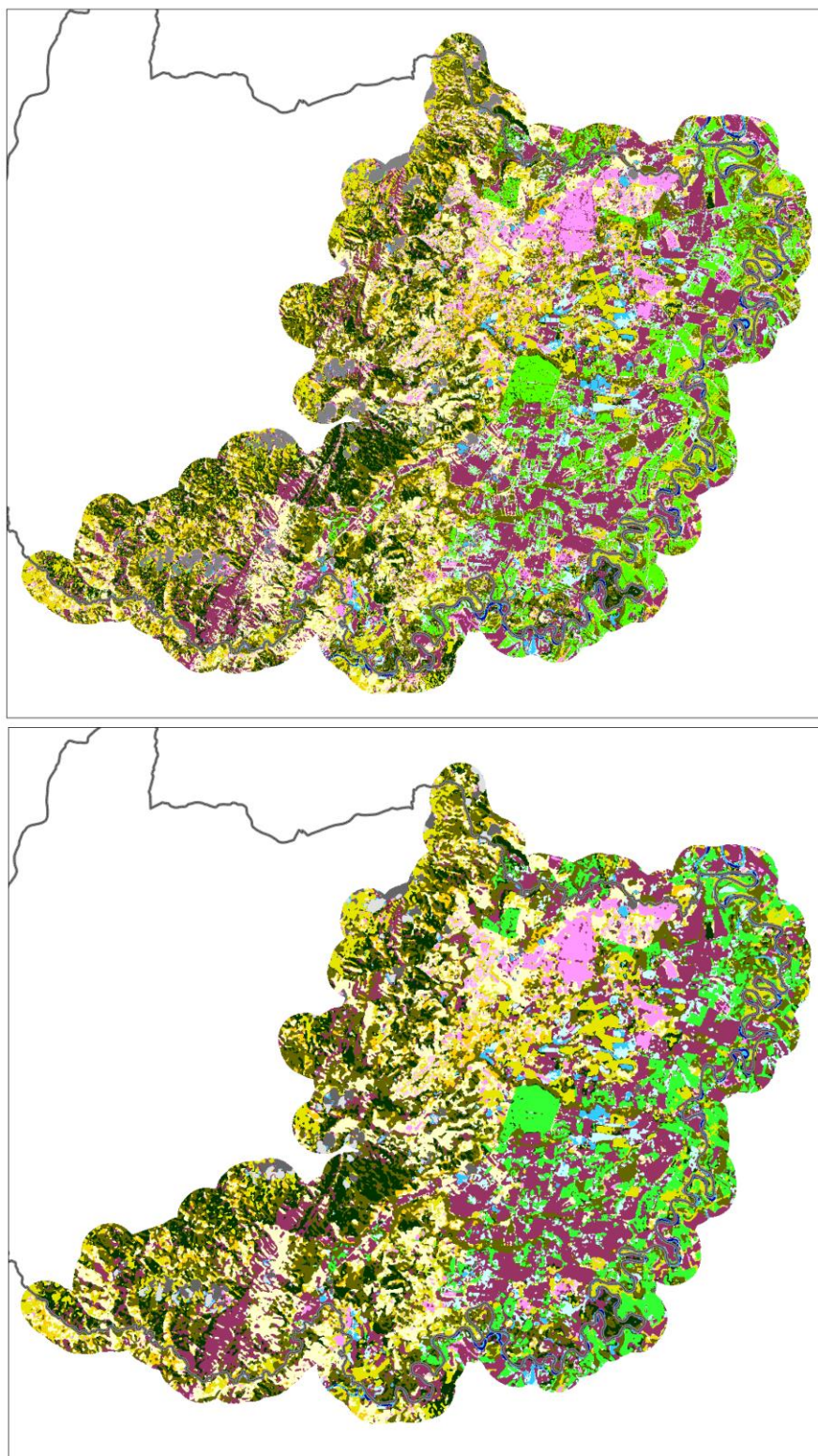
REPUBLICA DE COLOMBIA
 DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 UNIVERSIDAD DEL VALLE
 FACULTAD DE HUMANIDADES
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
 PROGRAMA DE GEOGRAFIA
 PROYECTO DE GRADO
 TELEDETECCION Y SIG APLICADO A
 FINANZAS MUNICIPALES
 CASO DE ESTUDIO: DETERMINACION
 DE ZONAS DEDICADAS AL MONOCULTIVO
 DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO
 DE SAN VICENTE DEL VALLE DEL CAUCA
 IMPUESTO PREDIAL UNIFICADO IPU

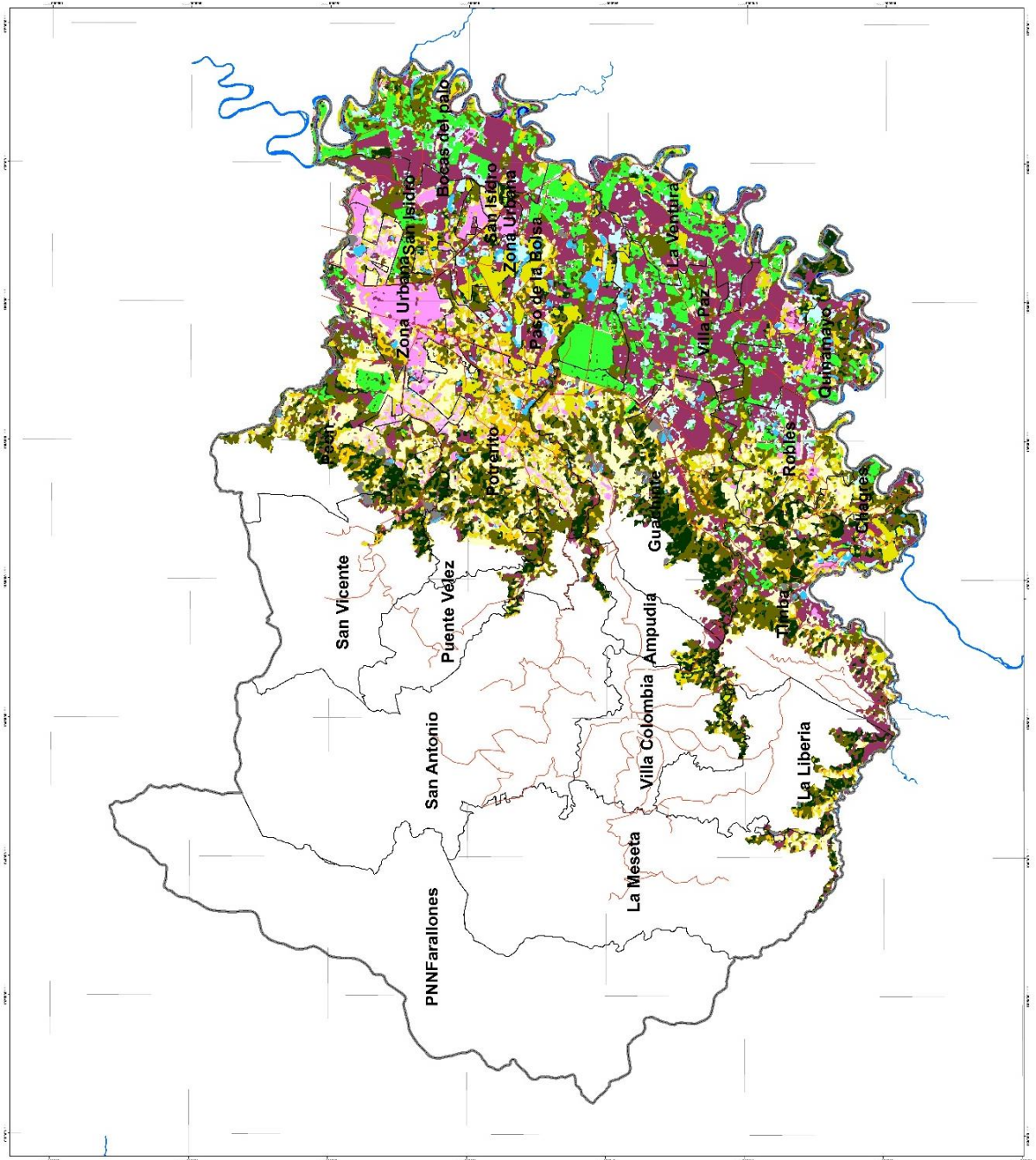
MAPA
Imagen clasificada
Landsat 8 OLI/TIRS

- Convenciones**
- Vías
 - Perímetro
 - Corregimientos
 - Urbano denso
 - Urbano disperso
 - Otros cultivos
 - Caña de azúcar
 - Pastos
 - Rastrojo
 - Bosque natural
 - Bosque de galería
 - Suelo arado
 - Suelo inundado
 - Cuerpos de agua
 - Corrientes superficiales
 - Nubes y sombras

Elaboró: Pablo Andrés Caipote
 Fecha: Febrero de 2018
 Escala: 1:43,100
 Proyección: UTM
 Datum: WGS 84
 Zona: 18N
 Datum: WGS 84
 Zona: 18N
 Datum: WGS 84
 Zona: 18N







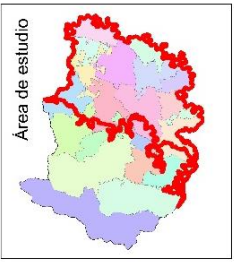
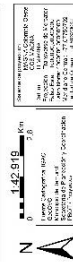
REPUBLICA DE COLOMBIA
 DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 UNIVERSIDAD DEL VALLE
 FACULTAD DE HUMANIDADES
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
 PROGRAMA DE GEOGRAFIA
 PROYECTO DE GRADO
 TELEDETECCION Y SIG APLICADO A
 FINANZAS MUNICIPALES
 CASO DE ESTUDIO: DETERMINACION
 DE ZONAS DEDICADAS AL MONOCULTIVO
 DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO
 DE JAMUNDÍ, PARA EL COBRO DEL
 IMPUESTO PREDIAL UNIFICADO IPU

MAPA Uso y cobertura area de estudio

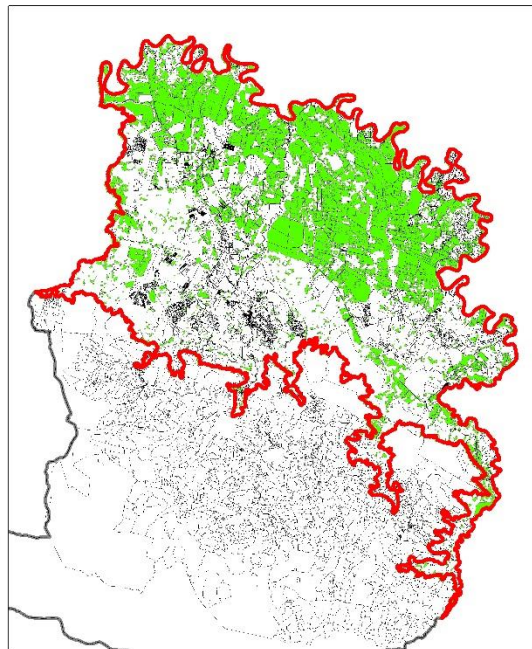
Convenciones

- Vías
- Perimetro
 - Corregimientos
 - Urbano denso
 - Urbano disperso
 - Cultivos
 - Caña de azúcar
 - Pastos
 - Rastrojo
 - Bosque natural
 - Bosque de galería
 - Suelo arado
 - Suelo inundado
 - Cuerpos de Agua
 - Corrientes Superficiales
 - Nubes y sombras

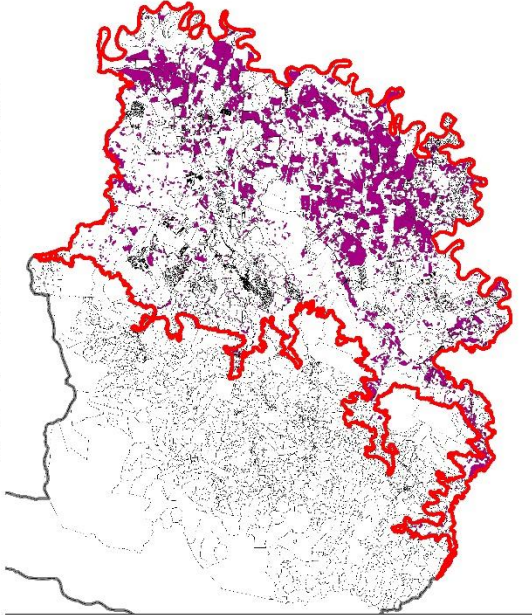
Elaboró: Pablo Anzures Capote
 Fecha: Febrero de 2016



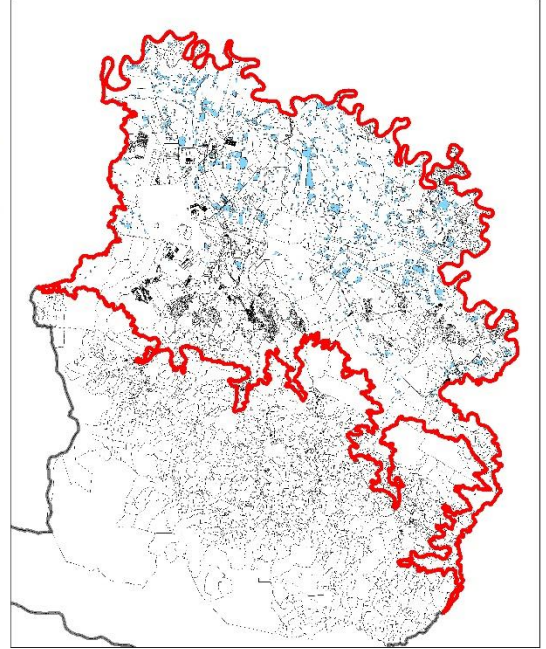
A - Predios con cobertura en caña de azúcar



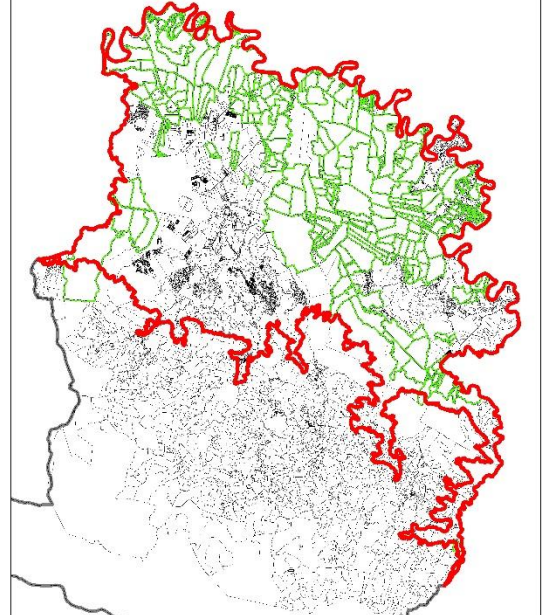
B - Predios con cobertura en suelo arado



C - Predios con cobertura en suelo inundado



D - Predios dedicados al Cultivo de Caña de Azúcar



REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
PROGRAMA DE GEOGRAFÍA
PROYECTO DE GRADO
TELEDETECCIÓN Y SIG APLICADO A
FINANZAS MUNICIPALES
CASO DE ESTUDIO: DETERMINACIÓN
DE ZONAS DEDICADAS AL MONOCULTIVO
DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO
DE CAMUNDO PARA EL CENSO DEL
IMPUESTO PREDIAL UNIFICADO IPU

MAPA
**Identificación de predios
dedicados al cultivo de
caña de Azúcar**

Convenciones

	Base Predial
	Cobertura en caña
	Cobertura en suelo arado
	Cobertura en suelo inundado
	Predios Cañeros
	Área de Estudio

Área de estudio

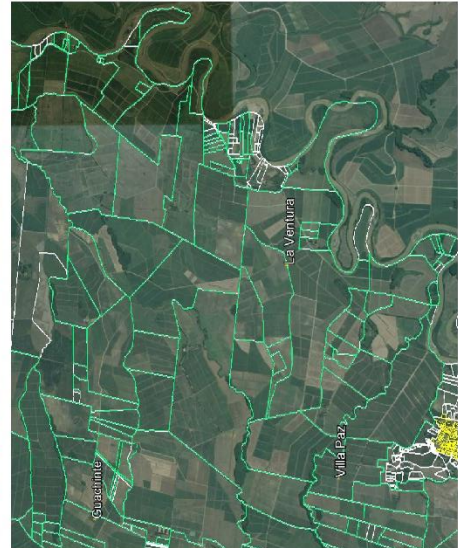
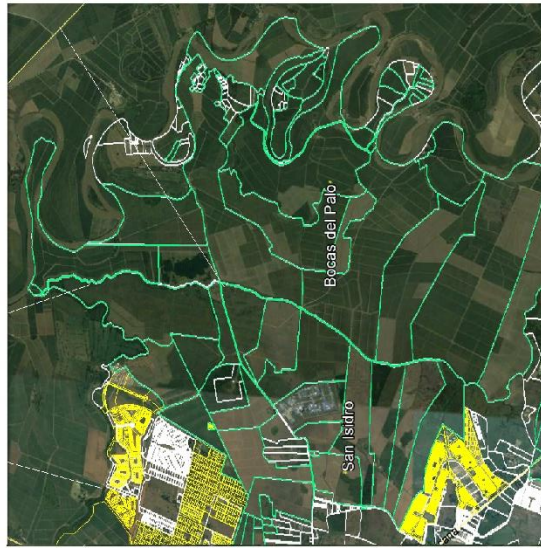
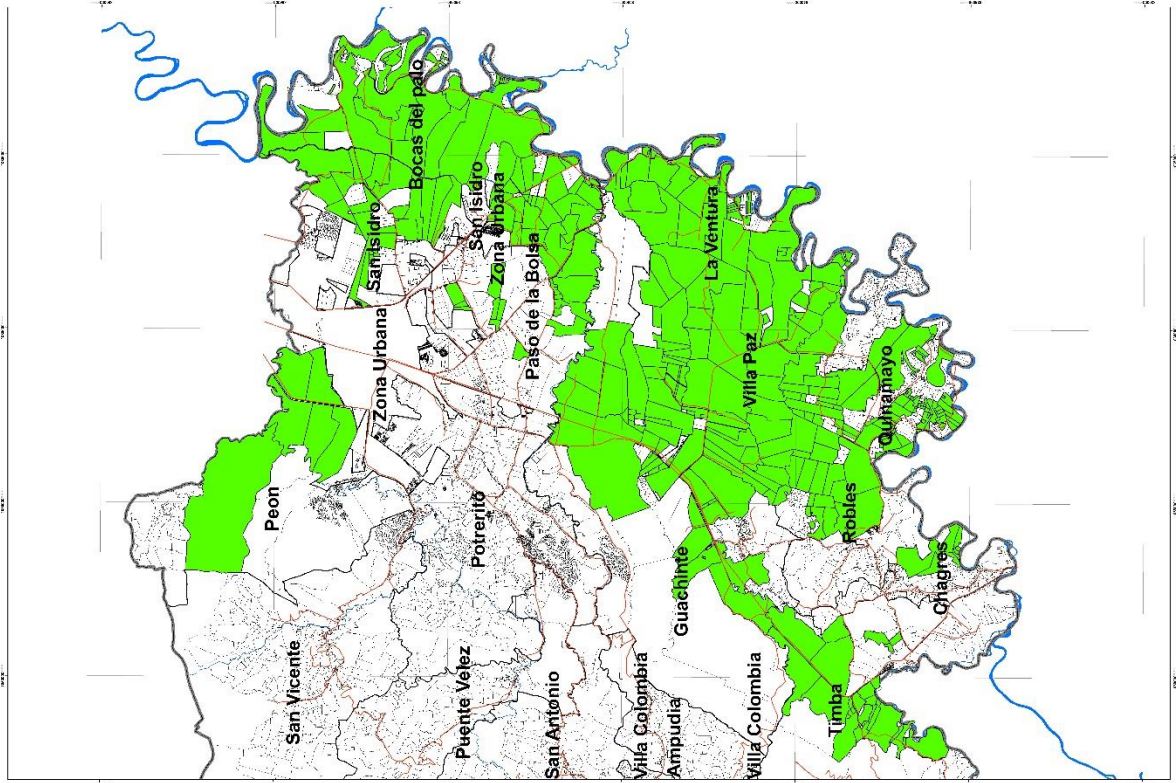
Elaboró: Pablo Andres Capote
Fecha: Febrero de 2018

0 70 140 Km
N

Proyecto de Grado
Carrera: Geografía
Escuela de Geografía y Geología
Módulo: I - Predios

UNIVERSIDAD DEL VALLE
CICLO MAHON
2018
Nueva Granada - Universidad del Valle
CICLO MAHON - 2018
CICLO MAHON - 2018
CICLO MAHON - 2018

Capturas de pantalla imagen Google Earth año 2015



REPUBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE GEOGRAFIA

PROYECTO DE GRADO
TELEDETECCION Y SIG APLICADO A
LA DETERMINACION DE ZONAS
CASO DE ESTUDIO: DETERMINACION
DE ZONAS DEDICADAS AL MONOCULTIVO
DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO
DE JAMUNDÍ PARA EL COBRO DEL
IMPUESTO PREDIAL UNIFICADO PU

MAPA
**Comparación predios
dedicados al cultivo de
caña de azúcar
vs imagen Google Earth**

Convenciones

- Vías
- Base Predial
- Predios Cañeros
- Perimetro
- Corregimientos
- Ríos

Capturas imagen Google Earth año 2015

Elaboró: Pablo Andrés Cajotte
Fecha: Febrero de 2018

1:38,000

0 2,1 4,2 km

N

Escala: 1:38,000

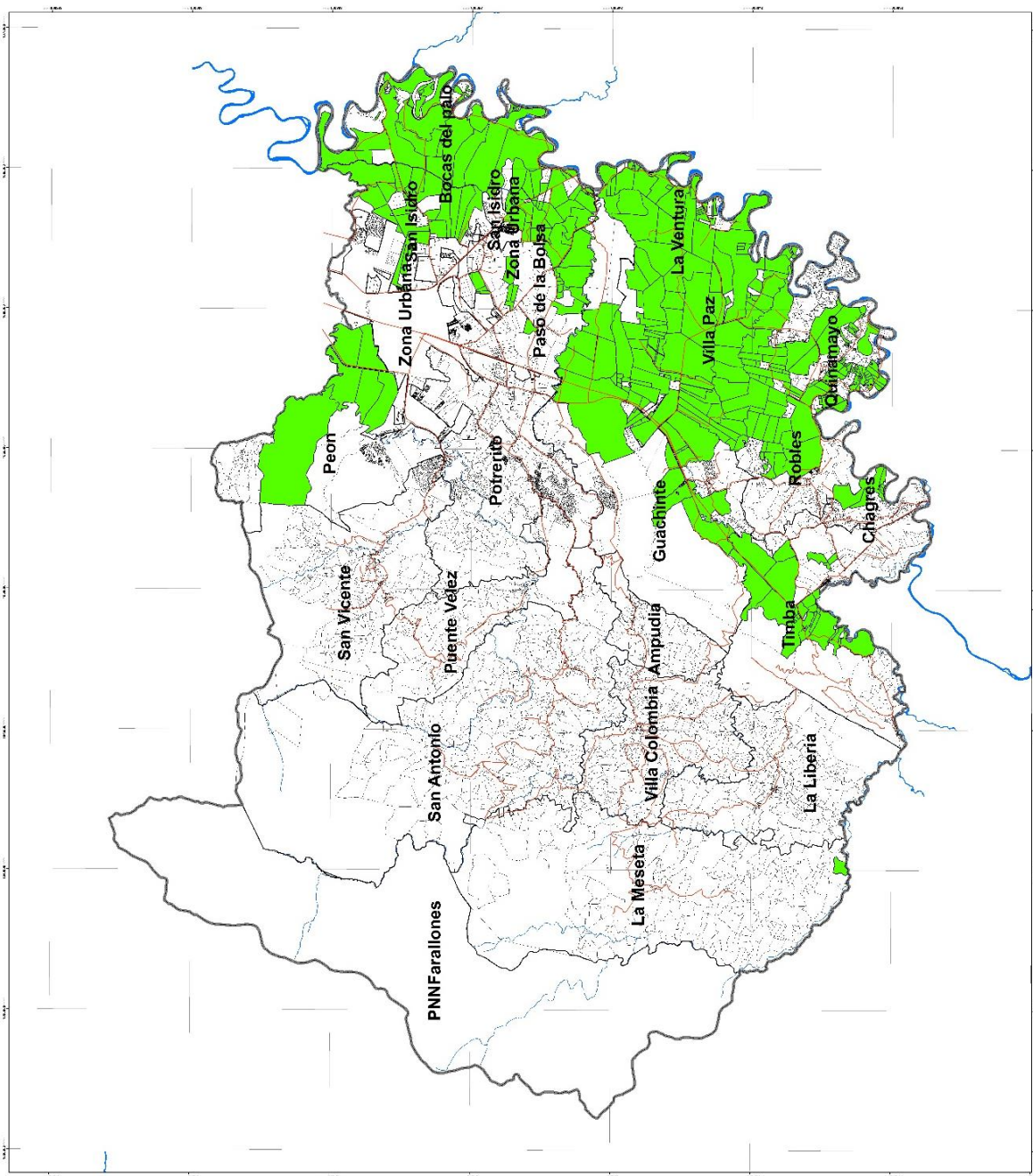
Proy. Geográfica: UTM

Proy. Matemática: UTM

Datum: WGS 84

Altura: 2,100 m

Coordenadas: 8° 00' N, 76° 00' W



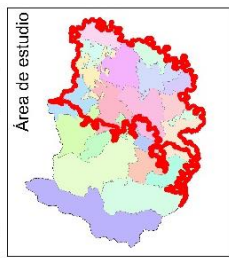
REPUBLICA DE COLOMBIA
 DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 UNIVERSIDAD DEL VALLE
 FACULTAD DE HUMANIDADES
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
 PROGRAMA DE GEOGRAFIA
 PROYECTO DE GRADO
 TELEDETECCION Y SIG APLICADO A
 LA MONITOREO DEL USO DEL SUELO
 CASO DE ESTUDIO: DETERMINACION
 DE ZONAS DEDICADAS AL MONOCULTIVO
 DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO
 DE JAMUNDÍ, PARA EL COBRO DEL
 IMPUESTO PREDIAL UNIFICADO IPU

MAPA

**Pedios Dedicados
 al Cultivo de
 Caña de Azúcar**

- Convenciones**
- Vías
 - Base Predial
 - Pedios Cañeros
 - Perimetro
 - Corregimientos
 - Ríos

Elaboró: Piedad Andrea Capote
 Fecha: Febrero de 2018
 Escala: 1:50,000
 Proyección: UTM
 Datum: WGS 84
 Zona: 18N
 Fuso horario: UTC-5
 Fuente de datos: IGN, ALCALDIA DE JAMUNDÍ, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS (IISET)



11.2 Anexo 2 Predios dedicados cultivo de caña Tarifa C-1 identificados para el año 2018

Numero predial	Numero predial	Numero predial
76364000100060545000	76364000100030110000	76364000200040609000
76364000100060998000	76364000100030358000	76364000200040043000
76364000100060369000	76364000100030162000	76364000200040043000
76364000100060370000	76364000100030160000	76364000200040141000
76364000100060371000	76364000100030159000	76364000100040213000
76364000100040507000	76364000100030096000	76364000100040514000
76364000100040506000	76364000100030084000	76364000100040213000
76364000100090083000	76364000100030163000	76364000100090002000
76364000100090084000	76364000100030126000	76364000100040215000
76364000100090080000	76364000100030628000	76364000100060429000
76364000100090081000	76364000100030582000	76364000100060419000
76364000100090082000	76364000100030105000	76364000100060429000
76364000100090079000	76364000100030770000	76364000200040012000
76364000100090053000	76364000100030091000	76364000200040542000
76364000100090066000	76364000100030085000	76364000200040646000
76364000100040005000	76364000100030092000	76364000200040012000
76364000100040002000	76364000100010026000	76364000200040542000
76364000100040431000	76364000100010664000	76364000200040142000
76364000100040417000	76364000100010017000	76364000100090024000
76364000100040427000	76364000100010794000	76364000100090087000
76364000100040444000	76364000100020068000	76364000200040009000
76364000100040217000	76364000100020069000	76364000100030833000
76364000100040426000	76364000100020076000	76364000100030232000
76364000100040069000	76364000100020075000	76364000100030833000
76364000200040113000	76364000100020074000	76364000100030232000
76364000200040044000	76364000100020516000	76364000100030231000
76364000100060001000	76364000100020494000	76364000100090004000
76364000100060431000	76364000100020081000	76364000100090018000
76364000100020064000	76364000100020079000	76364000100090029000
76364000100020062000	76364000100020070000	76364000100090028000
76364000100020061000	76364000100020071000	76364000100090052000
76364000100020057000	76364000100020043000	76364000100090049000
76364000100050395000	76364000100020047000	76364000100090048000
76364000100050339000	76364000100020090000	76364000100031367000
76364000100060551000	76364000200020043000	76364000100030856000
76364000100010081000	76364000100013136000	76364000100030858000
76364000100010021000	76364000100090039000	76364000100031369000
76364000100050256000	76364000100090034000	76364000100031423000
76364000100050258000	76364000100040480000	76364000100030086000
76364000100050455000	76364000100040481000	76364000100030922000

76364000100050282000	76364000100040482000	76364000100030154000
76364000100050379000	76364000100012538000	76364000100030909000
76364000100050281000	76364000100050450000	76364000100030154000
76364000100050423000	76364000100031399000	76364000100030097000
76364000100050422000	76364000100031396000	76364000100030921000
76364000100050424000	76364000100031397000	76364000100031979000
76364000100050397000	76364000100031398000	76364000100030102000
76364000100050398000	76364000100031394000	76364000100030102000
76364000100050396000	76364000100031395000	76364000100030573000
76364000100050275000	76364000100031393000	76364000100030599000
76364000100050106000	76364000100030771000	76364000100030572000
76364000100010056000	76364000100030570000	76364000100090005000
76364000100010058000	76364000100090003000	76364000100090085000
76364000100010605000	76364000100060073000	76364000100030108000
76364000100010604000	76364000100090023000	76364000100030109000
76364000100010657000	76364000100040611000	76364000100030107000
76364000100040322000	76364000100010019000	76364000100030369000
76364000100040066000	76364000100013110000	76364000100030571000
76364000100040065000	76364000100010795000	76364000100020524000
76364000100040551000	76364000100060537000	76364000100020496000
76364000100040064000	76364000100060546000	76364000100020545000
76364000100040063000	76364000100060538000	76364000100030792000
76364000100040067000	76364000100050349000	76364000100090007000
76364000100040096000	76364000100050436000	76364000100090006000
76364000100040097000	76364000100050238000	76364000100020497000
76364000100040068000	76364000100050363000	76364000100030206000
76364000100040424000	76364000100070101000	76364000100030775000
76364000100040099000	76364000100050389000	76364000100031371000
76364000100040504000	76364000100050376000	76364000100032025000
76364000100040505000	76364000100060544000	76364000100020495000
76364000100040445000	76364000100050432000	76364000100020515000
76364000100040425000	76364000100050438000	76364000100020524000
76364000100040479000	76364000100050437000	76364000100020496000
76364000100040478000	76364000100050433000	76364000100020545000
76364000100090060000	76364000100050283000	76364000100030792000
76364000100090061000	76364000100050434000	76364000100020497000
76364000100040457000	76364000100050456000	76364000100020497000
76364000100090025000	76364000100050435000	76364000100030792000
76364000100090022000	76364000100050259000	76364000100020496000
76364000100090008000	76364000100060670000	76364000100020545000
76364000100090016000	76364000100060682000	76364000100010022000
76364000100090001000	76364000100070200000	76364000100020542000
76364000100090058000	76364000100070274000	76364000200020605000

76364000100090047000	76364000100070270000	76364000100010063000
76364000100090035000	76364000100070038000	76364000100010658000
76364000100090017000	76364000100050349000	76364000100010659000
76364000100090026000	76364000100070038000	76364000100010656000
76364000200040133000	76364000100050274000	76364000100010020000
76364000200040212000	76364000100050495000	76364000100010796000
76364000200040045000	76364000100050426000	76364000100012078000
76364000200040048000	76364000100050468000	76364000100010595000
76364000200040047000	76364000100050469000	76364000100010704000
76364000200040046000	76364000100050411000	76364000100010050000
76364000200040138000	76364000100050405000	76364000100010051000
76364000100010692000	76364000100050322000	76364000100013301000
76364000100050271000	76364000100050091000	76364000100020548000
76364000100050404000	76364000100050091000	76364000100020549000
76364000100050085000	76364000100050274000	76364000100020521000
76364000100050340000	76364000100050273000	76364000100020508000
76364000100050353000	76364000100050445000	76364000100020509000
76364000100060543000	76364000100040209000	76364000100020510000
76364000100060059000	76364000100050429000	76364000100020512000
76364000100080107000	76364000100040209000	76364000100020124000
76364000100080106000	76364000100040576000	76364000100020077000
76364000100080103000	76364000100040544000	76364000100020073000
76364000100080094000	76364000100040412000	76364000100020517000
76364000100050427000	76364000100040412000	76364000100020129000
76364000100050325000	76364000100040420000	76364000100020539000
76364000100050286000	76364000100040210000	76364000100020551000
76364000100050287000	76364000100040488000	76364000100020520000
76364000100050284000	76364000100040489000	76364000100020067000
76364000100070271000	76364000100040625000	76364000100020490000
76364000100070298000	76364000100040626000	76364000100020058000
76364000100070299000	76364000100040420000	76364000100020131000
76364000100070050000	76364000100040210000	76364000100020540000
76364000100070049000	76364000100040211000	76364000100020122000
76364000100070054000	76364000100040416000	76364000100020484000
76364000100070105000	76364000100040403000	76364000100020485000
76364000100070102000	76364000100040612000	76364000100020486000
76364000200040145000	76364000100040416000	76364000100020487000
76364000200040014000	76364000100040403000	76364000100020528000
76364000100030237000	76364000100040214000	76364000100020123000
76364000100030236000	76364000100040212000	76364000100010069000
76364000100030235000	76364000100040484000	76364000100010016000
76364000100030234000	76364000100040485000	76364000100010069000
76364000100030167000	76364000100040498000	76364000100010016000

76364000100030155000	76364000100040561000	76364000200040225000
76364000100030156000	76364000100040214000	76364000200040328000
76364000100030157000	76364000100040212000	