

**ANALISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO DE PASTO  
ENTRE 1.989 Y 2.014 USANDO SIG**



**ÁNGELA FERNANDA ROJAS ORTIZ  
VIVIANA ANDREA VIVEROS SOTO**

**UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
MANIZALES  
2016**

**ANALISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO DE PASTO  
ENTRE 1.989 Y 2.014 USANDO SIG**



**ÁNGELA FERNANDA ROJAS ORTIZ  
VIVIANA ANDREA VIVEROS SOTO**

**Proyecto presentado como requisito parcial para optar al título de Especialista en  
Sistemas de Información Geográfica**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
MANIZALES  
2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Agradecemos infinitamente a Dios por haber dispuesto las cosas, tiempo y personas para poder realizar este postgrado para el beneficio propio, como también el de nuestras familias y lugares donde laboramos, agradecemos a nuestras familias y allegados por sus buenos deseos de culminar con éxito esta etapa de nuestras vidas e igualmente el apoyo recibido por parte del personal docente de tan prestigiosa Universidad.



UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>INTRODUCCION .....</u></b>	<b><u>14</u></b>
<b><u>1. ÁREA PROBLEMÁTICA .....</u></b>	<b><u>15</u></b>
DESCRIPCIÓN .....	15
DELIMITACIÓN .....	16
FORMULACIÓN .....	16
<b><u>2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....</u></b>	<b><u>17</u></b>
2.1. HIPÓTESIS .....	17
2.2. OBJETIVO GENERAL .....	17
2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b><u>3. JUSTIFICACIÓN .....</u></b>	<b><u>18</u></b>
<b><u>4. METODOLOGÍA .....</u></b>	<b><u>19</u></b>
4.1 ETAPA 1: RECOPIACION DE LA INFORMACION .....	19
4.2 ETAPA 2: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES Y CARTOGRAFIA .....	25
4.2.1 Procesamiento de la Información .....	26
4.2.2 Elaboración de la leyenda para los mapas de cobertura de suelos .....	28
4.2.3 Clasificación Supervisada .....	29
4.3 ETAPA 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y GENERACION DE PRODUCTOS FINALES .....	39
4.3.1 Ajuste final de la información y cartográfica generada.....	45
<b><u>5. ESTADO DEL ARTE.....</u></b>	<b><u>54</u></b>

<b><u>6. RESULTADOS .....</u></b>	<b><u>68</u></b>
<b>6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>68</b>
6.1.1 CLASIFICACIONES SUPERVISADAS .....	72
6.1.2 Análisis de limitantes .....	77
6.1.3 Análisis de perímetros .....	94
6.1.4. Análisis de Comparación entre Usos de Suelos .....	98
6.1.5. Análisis Comparación Huellas de Expansión.....	101
<b><u>CONCLUSIONES .....</u></b>	<b><u>105</u></b>
<b><u>RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b><u>106</u></b>
<b><u>BIBLIOGRAFIA .....</u></b>	<b><u>107</u></b>
<b><u>ANEXOS.....</u></b>	<b><u>1079</u></b>

UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 Landsat Año 1989</b> .....	22
<b>Figura 2 Landsat Año 1999</b> .....	22
<b>Figura 3 Landsat Año 2014</b> .....	23
<b>Figura 4 Mapa Localización del área de estudio</b> .....	25
<b>Figura 5 Layer Stack – ERDAS</b> .....	26
<b>Figura 6 Resultado de la Combinación de Bandas</b> .....	27
<b>Figura 7 Selección de Área de estudio</b> .....	27
<b>Figura 8 Subset – corte del área de estudio</b> .....	28
<b>Figura 9 Creación Signatures</b> .....	31
<b>Figura 10 Signatures 1989</b> .....	32
<b>Figura 11 Signatures 1999</b> .....	32
<b>Figura 12 Signatures 2014</b> .....	33
<b>Figura 13 Sigantures Statistics 1989</b> .....	33
<b>Figura 14 Sigantures Statistics 1999</b> .....	34
<b>Figura 15 Sigantures Statistics 1999</b> .....	34
<b>Figura 16 Clasificación Supervisada</b> .....	35
<b>Figura 17 Clasificación Supervisada 1989</b> .....	35
<b>Figura 18 Clasificación Supervisada 1999</b> .....	36
<b>Figura 19 Clasificación Supervisada 2014</b> .....	36
<b>Figura 20 Conversión de Raster a Shapefile</b> .....	37
<b>Figura 21 Shapefile de las Coberturas</b> .....	37
<b>Figura 22 Geodatabase</b> .....	38
<b>Figura 23 Geodatabase – Cartografía Base</b> .....	38
<b>Figura 24 Geodatabase - Diagnostico</b> .....	39

<b>Figura 25 Cortes Imágenes Landsat.</b> .....	39
<b>Figura 26 Plano año 1816</b> .....	46
<b>Figura 27 Plano 1864</b> .....	47
<b>Figura 28 Plano 1928</b> .....	48
<b>Figura 29 Plano 1980</b> .....	49
<b>Figura 30 Plano 1997</b> .....	51
<b>Figura 31 Distribución de la población por sectores urbano y rural</b> .....	52
<b>Figura 32 Localización de la Ciudad de Pasto</b> .....	68
<b>Figura 33 División político administrativa Municipio de Pasto</b> .....	69
<b>Figura 34 División de Comunas Municipio de Pasto</b> .....	70
<b>Figura 35 Mapa Clasificación 1989</b> .....	72
<b>Figura 36 Clasificación 1999</b> .....	73
<b>Figura 37 Clasificación de usos de suelo a partir de imagen Satelital Landsat año 2014</b> .....	74
<b>Figura 38 Modelo Digital de Elevación Municipio de Pasto</b> .....	78
<b>Figura 39 Cuerpos de Agua</b> .....	79
<b>Figura 40 Zonas Naturales Protegidas</b> .....	80
<b>Figura 41 Territorios Agrícolas y Zonas Naturales de Protección</b> .....	81
<b>Figura 42 Amenaza Volcánica</b> .....	82
<b>Figura 43 Pendientes</b> .....	83
<b>Figura 44 Zonas Compatibles, Condicionadas e Incompatibles para Crecimiento Urbano</b> .....	84
<b>Figura 45 Zonas Naturales protegidas y zona Urbanizada_ Zona de estudio</b> .....	86
<b>Figura 46 Ronda Hídrica, Zonas Naturales protegidas y zona Urbanizada_Zona de estudio</b> .....	87

<b>Figura 47 Pendientes_Zona de estudio .....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 48 Patrimonio Cultural.....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 49 Inundaciones .....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 50 Socavamientos.....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 51 Deslizamientos .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 52 Mapa Limitantes .....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 53 Mapa Perímetro Casco Urbano Ciudad de San Juan de Pasto 1989 .....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 54 Mapa Perímetro Casco Urbano Ciudad de San Juan de Pasto 1999 .....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 55 Mapa Perímetro Casco Urbano Ciudad de San Juan de Pasto 2014 .....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 56 Mapa Unión de Perímetros años 1989 – 1999 – 2014.....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 57 Mapa Uso de Suelo periodo 1989 y 1999 .....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 58 Mapa Uso de Suelo periodo 1999 y 2014.....</b>	<b>99</b>
<b>Figura 59 Mapa Uso de Suelo periodo 1989 y 2014.....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 60 Mapa Expansión Urbana 1989 y 1999].....</b>	<b>101</b>
<b>Figura 61 Mapa Expansión Urbana 1989 y 2014.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 62 Mapa Expansión Urbana 1999 y 2014.....</b>	<b>103</b>

UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1 Censo DANE.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 2 Parámetros Imagen Landsat 7.....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 3 Parámetros Imagen Landsat 8.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 4 Leyenda adaptada de Corine Land Cover .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 5 Combinación de bandas de la Imagen Landsat 7 y 8 .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 6 Actores Involucrados.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 7 Población Pasto según POT .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 8 Superficies de la Clasificación Imagen Landsat 1989.....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 9 Superficies de la Clasificación Imagen Landsat 1999.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 10 Superficies de la Clasificación Imagen Landsat 2014.....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 11 Comparativa de los cambios de Uso de Suelo entre los años 1989, 1999 y 2014.....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 12 Zonas Compatibles, Condicionadas e Incompatibles para Crecimiento Urbano .....</b>	<b>84</b>

## GLOSARIO

**Crecimiento Urbano:** Expansión geográfica de una ciudad, el área urbana empieza a invadir la rural, su población se incrementa debido al desarrollo económico, aumenta la construcción de viviendas y edificaciones para empresas e industrias hacia la periferia.

**Proceso de Urbanización:** Proceso de urbanización es el fenómeno de aumento de la urbanización. El proceso se debe a los siguientes factores: la migración de las personas de las áreas rurales hacia las áreas urbanas que a su vez se debe a la búsqueda de empleo, de un empleo mejor remunerado, mejor calidad de servicio.

**Sistema Urbano:** Sistema urbano formado por un grupo de ciudades jerarquizadas ("conjunto de asentamientos ubicados en un territorio determinado, creados y organizados por la sociedad que los habita, y que mantienen relaciones entre sí... las relaciones funcionales entre asentamientos muestran diferentes niveles de dependencia, lo que permite establecer la jerarquía urbana que rige el funcionamiento del sistema de ciudades estudiado.

**Densidad Urbana:** La densidad de población se define como el número de habitantes por hectárea, pero considerando solamente el área urbana consolidada que en la mayoría de los casos es inferior a la superficie total del municipio.

**Dinámica Espacial:** La dinámica espacial dentro de la geografía se refiere a los cambios continuos que realiza el hombre en su entorno, transformando permanentemente el medio, lo modifica. Se dice que un espacio es único pero a su vez dinámico, que está en movimiento constante.

**Análisis Multitemporal:** Es una evaluación de los cambios que sufrieron las coberturas vegetales interpretadas en imágenes Landsat, Spot y Áster.

**Sistemas de Información Geográfica:** Un Sistema de Información Geográfica es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos .



UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

## RESUMEN

El presente documento mostrará a través de un análisis multitemporal la expansión Urbana que se desarrolló en la ciudad de San Juan de Pasto, dentro de un análisis correspondiente a un periodo de 25 años postulados desde 1989, 1999 y 2014 donde se analizara para qué zona está expandiendo la misma.

Como insumos principales se utilizaron Imágenes Satelitales Landsat TM 4-5 1989 y 1999 y Landsat 8 2014 las cuales fueron escogidas para realizar la caracterización de la zona como también para obtener las clasificaciones supervisadas y de esta manera visualizar los usos de suelo que servirán como apoyo para esclarecer las bondades naturales ofrecidas por este y si de alguna manera están influenciando en este fenómeno de expansión.

Se realizar también cartografía temática complementaria para analizar los perímetros que están pautando la expansión urbana del momento y analizar de esta manera la tendencia futura de expansión de la ciudad de San Juan de Pasto.

**PALABRAS CLAVES:** Crecimiento Urbano, Expansión Urbana, Dinámica Espacial, Sistemas de Información Geográfica

## **ABSTRACT**

This document will show through an analysis multitemporal urban sprawl that developed in the city of San Juan de Pasto, within a corresponding analysis to a period of 25 years postulates from 1989, 1999 and 2014 where it is analyzed to what area is expanding the same.

As main inputs Landsat TM satellite imagery 4-5 1989 and 1999 and Landsat August 2014 which were chosen for the characterization of the area as well for the supervised classifications and thus visualize land uses that will serve as support used to clarify the natural goodness offered by this and if somehow this phenomenon are influencing expansion.

Further thematic mapping is also performed to analyze the perimeters that are I advertise urban sprawl of the moment and thus analyze the future trend of expansion of the city of San Juan de Pasto.

**KEY WORDS:** Urban Growth, Urban Expansion, Space Dynamics, Geographic Information Systems.

UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

## INTRODUCCION

El crecimiento de las ciudades es un tema de gran importancia, en la medida como este afecta el desarrollo de las mismas, por tal motivo la evaluación de su desarrollo debe hacerse tanto especial como temporalmente. En Colombia a través de los años las Principales ciudades y las intermedias han ido evolucionando a partir de las necesidades de cada una, aunque el proceso ha sido lento en algunas ciudades más que en otras; y estos desarrollos se han ido dando por medio de los Planes de Ordenamiento Territorial de cada ciudad, en la cual se involucran todos los actores que influyen en estas.

A partir de los POT'S, los territorios han hecho propuestas de mejoramiento de la calidad de vida, siendo este el instrumento técnico y normativo que rige el desarrollo de una ciudad.

Además de esto el desarrollo de nuevas tecnologías permite analizar de mejor manera las necesidades de una ciudad, analizando en qué sentido puede crecer una ciudad pues permite hacer la comparación de fenómenos que afectan su crecimiento. Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta que con los años se ha convertido en esa tecnología necesaria para poder hacer todo tipo de análisis que permitan a las ciudades llevar sus desarrollos a un nuevo nivel, más asertivo, confiable y real, permitiendo interactuar a la ciudadanía con su propio desarrollo.

## 1. ÁREA PROBLEMÁTICA

### DESCRIPCIÓN

En Colombia ha existido una tendencia creciente hacia la urbanización, con mayor intensidad en las ciudades capitales, por el crecimiento poblacional que se va dando en cada una de estas. Pasto, no es ajena a esta situación, el crecimiento poblacional de la ciudad ha hecho que se presente una expansión incontrolada, ocupando espacios que no están adecuados para ser urbanizados. Esta expansión se viene dando debido a que en la ciudad muchos de los lotes que estarían disponibles para vivienda son lotes de engorde, los cuales sus propietarios mantienen así por la alta demanda de estos espacios urbanizables dentro de la ciudad; al existir estos lotes lo que se genera dentro de la ciudad es una discontinuidad de la red vial, y la infraestructura de servicios públicos, lo que hace que un análisis de la situación se haga cada vez más necesaria

En la siguiente tabla se indica según el DANE el crecimiento de la ciudad:

**Tabla 1 Censo DANE**

AÑO	POBLACION PASTO
1938	49.644
1951	81.103
1964	112.876
1973	149.620
1979	181.717
1985	256.846
1995	343.861
2005	382.618

**Fuente: Este estudio.**

Al presentarse dicho desarrollo urbanístico importante en los últimos años, se evidencia la carencia de una análisis espacial de la ciudad, a través del cual se pueda estudiar la evolución de la ciudad durante un periodo de tiempos de 25 años (1989-2014), donde se analice las diferentes variables que están directamente relacionadas con su crecimiento, las

cuales aparte de las ya mencionadas también se encuentran las siguientes: cobertura del suelo, la densidad de construcción, las zonas verdes y la red vial, así como la cobertura del suelo de zonas semirurales y rurales aledañas a ella.

### **DELIMITACIÓN**

El presente proyecto pretende realizar un análisis de la Expansión Urbana de la ciudad de Pasto incluyendo transformaciones de tipo natural o antrópica en toda su distribución espacial, mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica.

### **FORMULACIÓN**

Analizar la Dinámica de la Expansión Urbana de la ciudad de Pasto entre los años 1989 – 2014.



UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES



## **2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **2.1. HIPÓTESIS**

Se plantea que en los 25 años analizados, la ciudad de Pasto ha tenido un rápido crecimiento el cual se puede caracterizar usando herramientas SIG, donde se podrá establecer que variables están influenciando para que dicha expansión responda al actual esquema de distribución urbana que se ve actualmente en la ciudad, y de esta manera establecer pautas de análisis y de acciones correctivas para los asentamientos futuros, esto con el fin de buscar mejorar en el desarrollo de la ciudad como también optimizar la calidad de vida de sus pobladores.

### **2.2. OBJETIVO GENERAL**

Llevar a cabo el análisis multitemporal de los cambios en el crecimiento urbano de Pasto entre los años 1989 y 2014.

### **2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir el crecimiento total de la expansión urbana de la ciudad de Pasto
- Analizar a través de los SIG el crecimiento de la ciudad de Pasto entre los años 1989, 1999 y 2014
- Estimar el cambio en áreas residencial, industrial, comercial y recreacional a través de imágenes de satélite de la ciudad de Pasto
- Producir un análisis conceptual que explique los cambios observados y sus implicaciones en la ciudad de Pasto

### 3. JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de información geográfica (SIG) se ha convertido en una de las herramientas más importantes en la toma de decisiones para ser aplicados en distintos proyectos que requieran la visualización directa del problema interrelacionando varios factores y variables que permitan analizar a fondo causas y efectos. La herramienta SIG pretende brindar al involucrado una visualización global de problema; con el fin de facilitar las soluciones pertinentes en busca de una mejora continua.

El objetivo de este trabajo es utilizar las bondades de un sistema de información geográfica, que servirá como herramienta para analizar la dinámica de la expansión urbana de la ciudad de San Juan de Pasto, la cual será estudiada a través de imágenes satelitales donde permitirán visualizar las diferentes variables que estén directa o indirectamente relacionadas con la dinámica de la ciudad en cuestión. Bien es sabido que las tecnologías han favorecido en gran manera los avances de muchas disciplinas permitiendo así el análisis desde diversas perspectivas, en este caso se puede citar que las imágenes de satélite ofrecen nuevas posibilidades de análisis dentro de la geografía, dando la antesala a estudios específicos como integrales en donde un estudio geográfico tiene como eje central el analizar el espacio y a quien dinamice este dentro del territorio, paisaje o región.

Al hablarse de una nueva figura espacial dentro de la ciudad se hace referencia a la zona de expansión urbana, donde la ciudad como respuesta a una falta de planeación no ha establecido unos límites claros que sigan esquemas de ordenamiento; ya que el aumento desmedido de la población crea la necesidad de aumentar el área construida, provocando el rompimiento del equilibrio natural entre el hombre y su entorno. Al establecer nuevas herramientas de análisis dentro expansión urbana de la ciudad de Pasto se podrá entender el porqué de su dinámica y de esta manera generar propuestas futuras para la ciudad.

## 4. METODOLOGÍA

Para establecer la dinámica de la expansión urbana de la ciudad Pasto 1989-2014, se desarrolló en las siguientes etapas:

### 4.1 ETAPA 1: RECOPIACION DE LA INFORMACION

En esta etapa se realizó la revisión de la información secundaria y la identificación de cartografía e imágenes satelitales que contribuyeron a definir y establecer los límites del área de estudio.

**4.1.1 Revisión de la información secundaria:** en esta parte se revisó toda la información relacionada con el tema, ya sea de tipo estadística, documental y cartográfica, de forma digital o análoga, obteniendo así las aproximaciones del tema a trabajar.

Se realizó la respectiva revisión de toda la cartografía existente de área de estudio, de Instituciones como el IGAC, donde se encontró como insumo la parte predial actualizada al 2015, esto con el fin de identificar el crecimiento urbano hasta el momento, se revisó de igual forma la información a escala 1:100.000 que el IGAC tiene a disposición del público en su página de internet a través de su link [http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames\\_pagina.aspx](http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames_pagina.aspx), por medio de la cual se generó la cartografía base del Municipio de Pasto, como lo son las vías, ríos, quebradas, etc.; también se consultó la información de la Alcaldía Municipal (POT), donde se consultó el perímetro urbano y así poder identificar las áreas de Expansión actuales y a futuro; el documento se analizó junto con su respectiva cartografía tales como:

- Perímetro urbano
- Usos de suelos
- Crecimiento histórico de Pasto 1.816-2.012

- Plano Caracterización de la topografía de la ciudad
- Vías propuestas para la accesibilidad desde la vía “paso por Pasto”
- Vías primer Orden, Vías Segundo Orden, Vías Tercer Orden
- Plan Estructura Predial, Plano de Patrón Ubicación
- Oferta Hídrica para el servicio de Acueducto en el sector Urbano
- Plano Perímetro Urbano-SubUrbano
- Expansión y Rural
- Plano Sistema de Alcantarillado-Áreas de Drenaje
- Plano de Sistema de Alcantarillado-Tipo de Alcantarillado
- Plano de Suelo de Protección Urbano, Rondas del Rio en Casco Urbano
- Plano Elementos Naturales Urbanos
- Plano Sectores y Secciones Poblacionales DANE
- Plano Zonas Verdes Públicas
- Plano Amenazas Naturales, Plano Niveles de Conservación.

Además de la cartografía existente para apoyar el trabajo, se utilizaron las Imágenes de Satélite disponibles en la Web, como lo son las LANDSAT principalmente, que sean de buena calidad, con una nubosidad menor al 10%, donde sea fácilmente identificable la parte urbana y de expansión.

Para la adquisición de las imágenes satelitales se debió tener en cuenta tres aspectos principales: la fecha de toma de la imagen, la resolución espectral de la imagen y la mínima cantidad de nubes y bruma presentes en ella, con el fin de mejorar los resultados y no alterar los productos del análisis multitemporales.

Mediante acuerdos con el IGAC, se pudo obtener la Base Predial del Municipio actualizada a 2.015, de tal forma se puede identificar los límites del área urbana

catastralmente hablando. Una vez realizada esta consulta, se establece las coordenadas y los límites para descargar las Imágenes de Satélite.

Teniendo en cuenta la definición anteriormente realizada, se obtuvo las Imágenes de los años 1989, 1999 y 2014, por ser los años que cumplían con los requisitos. Luego se procedió a descargar las imágenes para los años 1989 y 1999 Landsat Thematic Mapper (TM): son archivos de datos de imágenes Landsat TM 4/5 constan de siete bandas espectrales. La resolución es de 30 metros para las bandas 1 a 7. (Banda infrarroja térmica 6 se recogió en 120 metros, pero se vuelve a muestrear a 30 metros. El tamaño de la escena aproximada es de 170 km de norte a sur por 183 km de este a oeste (106 millas por 114 mi).

**Tabla 2 Parámetros Imagen Landsat 7**

<b>Tipo de producto</b>	<b>L1T Terreno Corregido *</b>
Pixel Tamaño	30 metros (previo al 25 de febrero de 2010: Banda térmica 6 = 60 metros)
Formato de salida	GeoTIFF
Método de remuestreo	convolución cúbica (CC)
Proyección Mapa	UTM - WGS 84 polar estereográfica para el continente de la Antártida.
Orientación de la imagen	Mapa (Norte arriba)
Distribución>	FTP Descargar Sólo
El tiempo de entrega	Inmediata para escenas ya procesadas y listas para su descarga. 1 a 3 días para procesar los datos y poner a disposición para su descarga.

Fuente. [Earthexplorer.usgs.gov](http://Earthexplorer.usgs.gov)

**Figura 1 Landsat Año 1989**



**Figura 2 Landsat Año 1999**



**Fuente:** Este estudio

Para el año 2014 se descargó la imagen Landsat 8 OLI/TIRS, el cual es un satélite que recoge imágenes de la Tierra con un ciclo de repetición de 16 días, se hace referencia a la referencia en el mundo System-2. Adquisiciones del satélite están en un desplazamiento a Landsat 7. El tamaño de la escena aproximada es de 170 km de norte a sur por 183 km de este a oeste (106 millas por 114 millas).

Las bandas espectrales del sensor OLI, aunque similar al sensor ETM + del Landsat 7, proporcionan la mejora de los instrumentos de Landsat anteriores, con la adición de dos nuevas bandas espectrales: un canal visible azul profundo (banda 1) diseñados específicamente para los recursos hídricos y la investigación de las zonas costeras y un nuevo canal infrarrojo (banda 9) para la detección de nubes cirrus. Dos bandas térmicas (TIRS) los datos de captura con un mínimo de 100 metros de resolución, pero se registran y entregan con el producto de datos OLI 30 metros. Tamaños Landsat 8 archivos son más grandes que los datos del Landsat 7, debido a las bandas adicionales y mejorados productos de datos de 16 bits.



**Tabla 3 Parámetros Imagen Landsat 8**

<b>Tratamiento:</b>	<b>Nivel 1T - Terreno Corregido</b>
<b>Pixel Tamaño:</b>	Bandas multiespectrales OLI: 30 metros OLI banda pancromática: 15 metros TIRS bandas térmicas: 100 metros (resampled 30 metros para que coincida con las bandas multiespectrales)
<b>Características de los datos:</b>	Formato de datos GeoTIFF Cubic convolución (CC) remuestreo Norte arriba (MAP) orientación Universal Transversal de Mercator (UTM) proyección (polar estereográfica de la Antártida) Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84 datum Error circular 12 metros, 90% de confianza exactitud global para OLI Error circular 41 metros, 90% de confianza exactitud global para TIRS Valores de píxel de 16 bits
<b>Datos de entrega:</b>	HTTP Descargar el plazo de 24 horas de adquisición

Fuente. Earthexplorer.usgs.gov

**Figura 3 Landsat Año 2014**



Fuente: Este estudio

**4.1.2 Definición del área de estudio:** El municipio de Pasto se localiza al Suroeste de Colombia, sobre la Cordillera de Los Andes, en el macizo montañoso denominado nudo de los Pastos. En su territorio se ubica la ciudad de Pasto, capital del Departamento de Nariño y principal centro administrativo, político, cultural y comercial de la región.

Se localiza a 759 km al Sur de Bogotá, capital de la República, ubicada a 2.490 metros sobre el nivel del mar, en el Valle de Atriz al pie del Volcán Galeras y sus coordenadas geográficas son  $1^{\circ} 12' 36''$  de latitud Norte y  $77^{\circ} 16' 29''$  de longitud Oeste.

En cuanto a la demografía, la zona urbana (cabecera municipal) posee una población censada en 2005 de 312.759 habitantes (Censo 2005 del DANE), es la segunda ciudad más grande de la Región Pacífica después de Cali. La población total del municipio (urbana y rural) era de 383.846 habitantes en el Censo de 2005 y según la Alcaldía de Pasto en la actualidad cuenta con 434.486 habitantes (según datos del DANE). El territorio municipal tiene una superficie total de 1.181 km<sup>2</sup>, de los cuales 23,8 km<sup>2</sup> corresponden al área urbana.

La posición astronómica de la ciudad es la siguiente:

$1^{\circ} 21' 53''$  Latitud N en la confluencia de la quebrada La Honda con el Rio Pasto  $0^{\circ} 48'$

$45''$  Latitud N en la confluencia río Patascoy y con el río Guamuez

$77^{\circ} 02' 12''$  Longitud W Cerro Patascoy

$77^{\circ} 21' 44''$  Longitud W, Volcán Galeras

Se ubica en las siguientes coordenadas planas:

X= 588.298m – 641.321m

Y=965.688m – 1.005.420m

Presenta los siguientes límites geográficos:

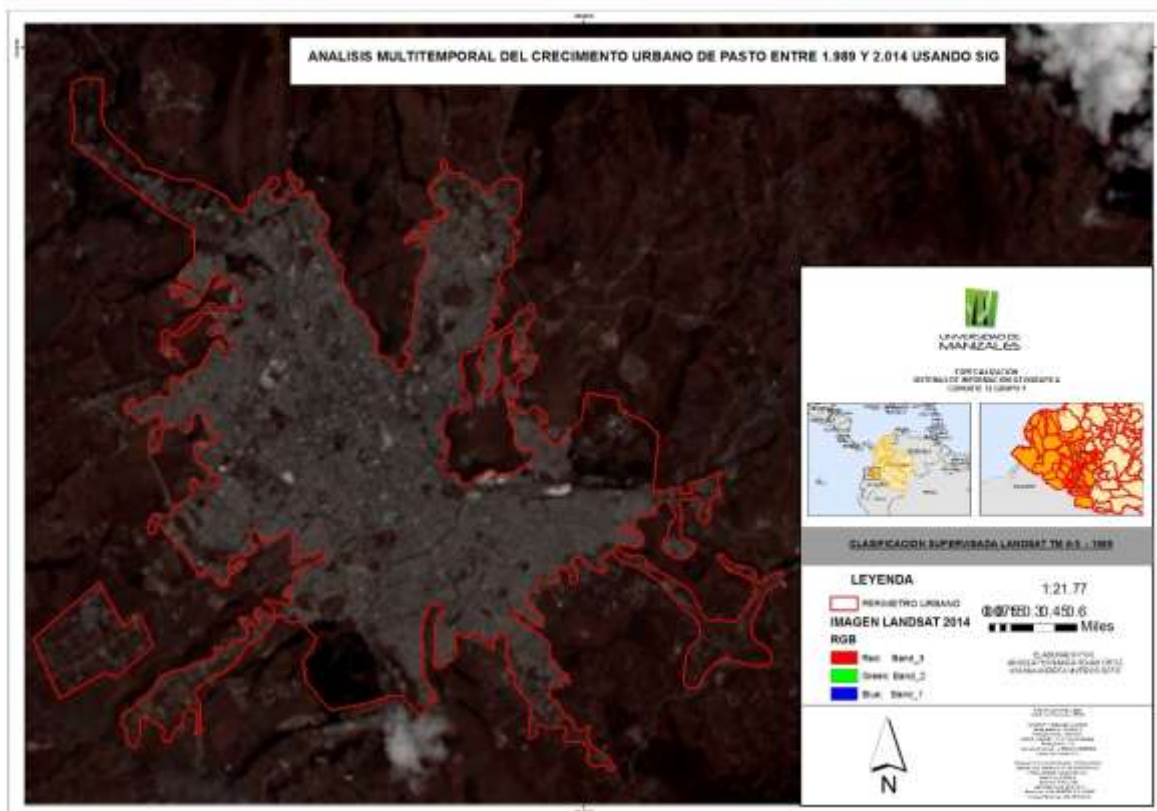
Norte: con el corregimiento de Morasurco

Sur: con el corregimiento de Catambuco y Jamondino



Oriente: con los corregimientos de Buesaquillo, San Fernando y La Laguna Occidente:  
con los corregimientos de Obonuco, Jongovito, y Mapachico.

**Figura 4** Mapa Localización del área de estudio



Fuente: Este estudio

## 4.2 ETAPA 2: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES Y CARTOGRAFIA

En esta etapa es fundamental la utilización y manejo de imágenes satelitales y cartografía, identificando cuáles son los cambios en el área urbana en el periodo comprendido entre 1989 y 2014, estas herramientas permitirán ver cómo ha crecido y se expandido la ciudad en este periodo de estudio, identificando así para que lugar está creciendo la ciudad, y si lo está haciendo de manera adecuada teniendo en cuenta las diferentes variables que hacen que esto suceda.

Las imágenes utilizadas para el área de estudio son las descritas en el numeral 4.1.1 las cuales fueron descargadas de la página earthexplorer.usgs.gov con especificaciones tales

como menos del 70% de nubosidad; con proyección UTM Datum WGS 84, UTM zone 18, Path:009 y Row:0,59.

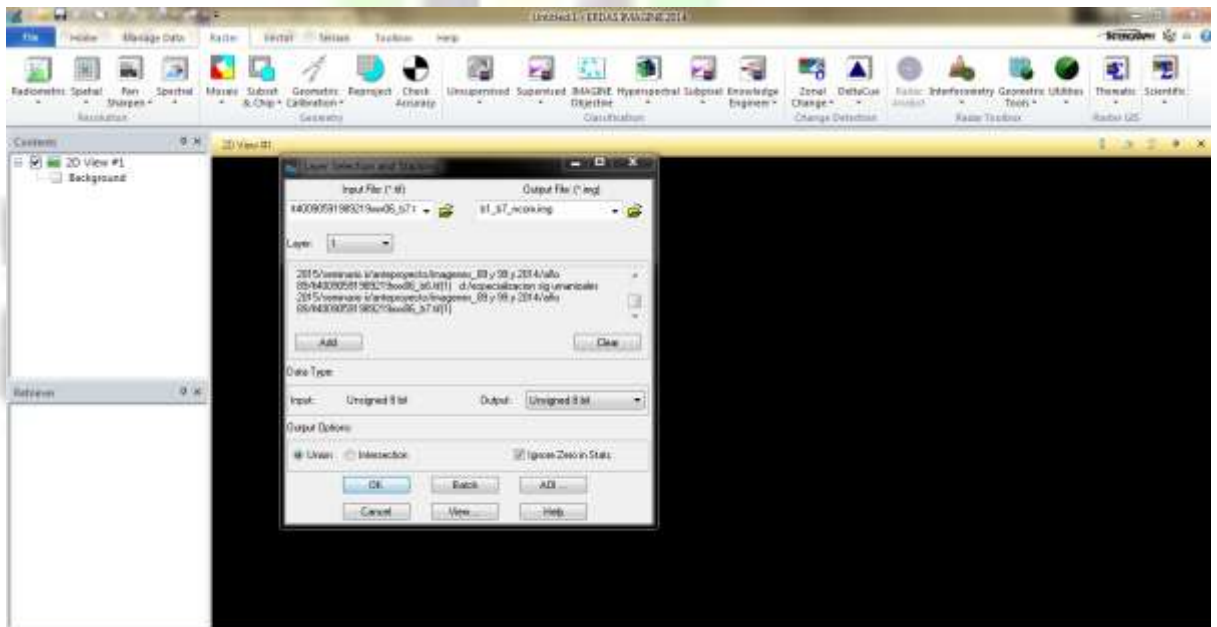
**4.2.1 Procesamiento de la Información:** para poder identificar el crecimiento de la Ciudad de San Juan de Pasto en los 25 años propuestos a través de los Sistemas de Información Geográfica se recurrió a la utilización de los software Erdas 2014 y ArcGis 10.2.2.

Para el análisis de las Imágenes Landsat primero se debió procesarlas de la siguiente manera:

- **Combinación de Bandas**

A través de la Herramienta Layer Stack de Erdas, se añadieron las Bandas correspondientes a cada una de las imágenes.

**Figura 5 Layer Stack – ERDAS**



Fuente: Este estudio

**Figura 6 Resultado de la Combinación de Bandas**

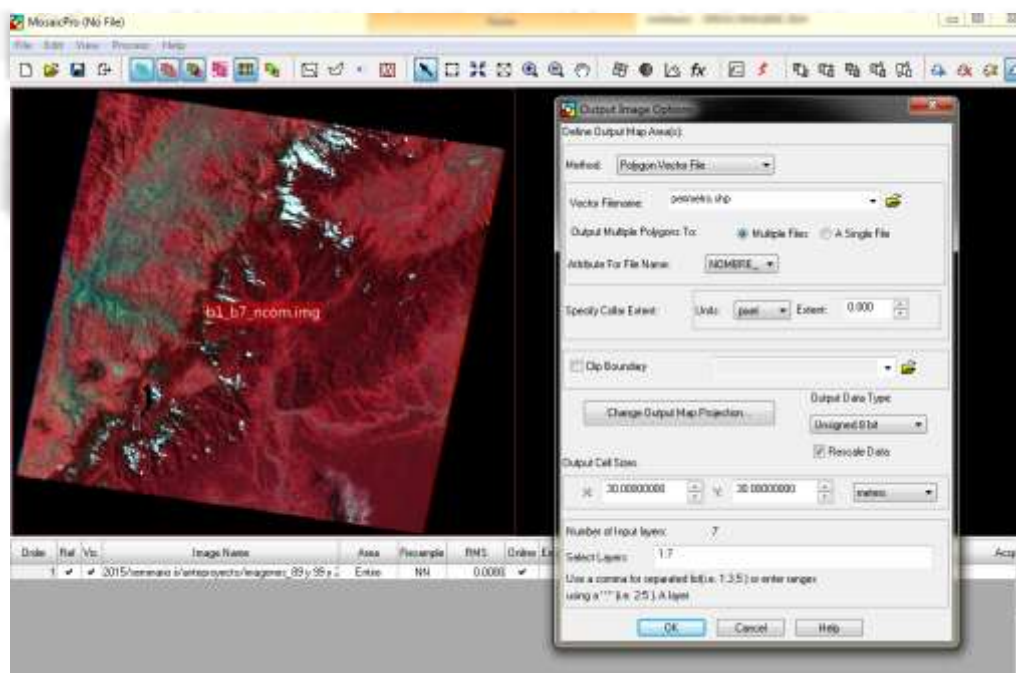
COMBINACION DE BANDAS		
1989 (RGB: 3, 2, 1)	1999 (RGB: 3, 2, 1)	2014 (RGB: 4, 3,2)
		

Fuente: Este estudio

- **Corte de la Imagen**

Una vez hecha la combinación de las imágenes se procedió a realizar el corte del sector a trabajar. Con la herramienta Mosaic Pro se seleccionó el Shp por donde se iba a realizar el corte de la Imagen

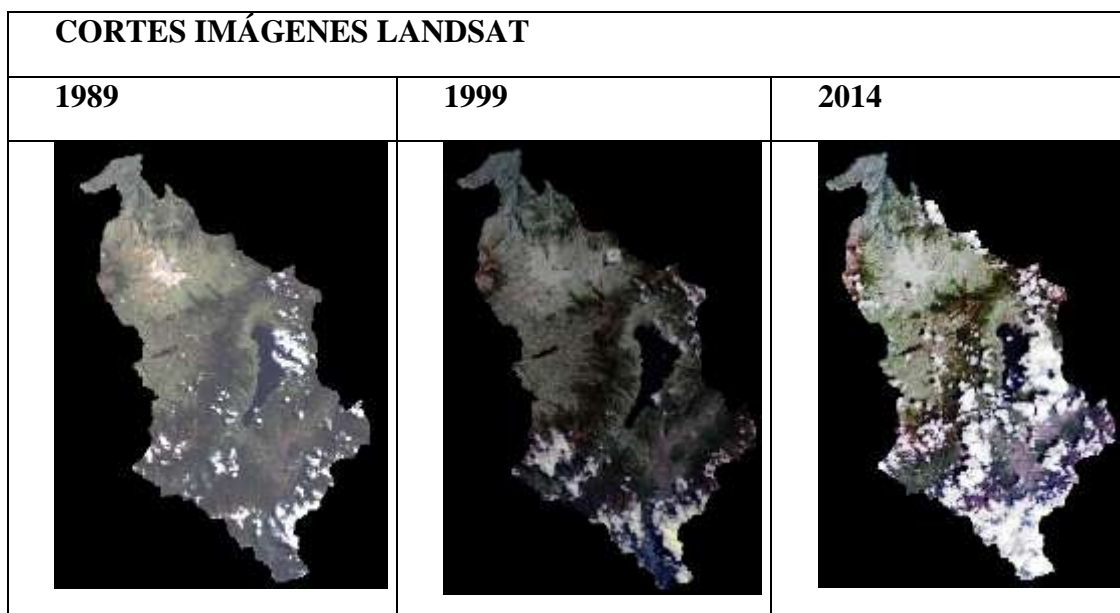
**Figura 7 Selección de Área de estudio**



Fuente: Este estudio

Cabe resaltar que el Corte se hizo del Municipio de Pasto, para poder analizar el comportamiento de las Coberturas de Uso de Suelo, ya que de esta forma se analizará el porqué de la Expansión urbana para determinados sectores.

**Figura 8 Subset – corte del área de estudio**



Fuente: Este estudio

Con los cortes realizados de los tres años a analizar, se deja listas las imágenes para realizar la Clasificación Supervisada, pero antes de esto se definió las clases de coberturas de usos de suelo a través de la Metodología Land Cover.

**4.2.2 Elaboración de la leyenda para los mapas de cobertura de suelos:** para la Obtención de los mapas de cobertura de suelos de imágenes satelitales de los años ya mencionados, se hizo necesario adoptar la metodología de Corine Land Cover. Metodología que fue diseñada en Europa y que para este estudio se adoptó de acuerdo a las características de las Imágenes Landsat y la escala de clasificación 1:100.000

**Tabla 4 Leyenda adaptada de Corine Land Cover**

<b>CORIN LAND COVER</b>	<b>CODIGO</b>
<b>1. TERRITORIOS ARTIFICIALES</b>	TA
1.1 Zonas Urbanizadas	Taz
<b>2. TERRITORIOS AGRICOLAS</b>	TAG
2.1 Cultivos	TAGc
2.2 Pastos	TAGp
<b>3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES</b>	BAS
3.1 Bosque	BASb
3.2 Áreas abiertas sin o con poca vegetación	BASapv
<b>4. SUPERFICIES DE AGUA</b>	SA
4.1 Aguas continentales	SAac
<b>5. NUBES</b>	N *1

Fuente: Este estudio

(\*1) Se añadió las clases “Nubes (N)” existentes en las imágenes de partida y que suponen interferencias en la clasificación final.

**4.2.3 Clasificación Supervisada:** Se realizó una clasificación de imágenes multiespectrales, las cuales buscan una caracterización particular, válida para las imágenes a utilizar y la expansión urbana que se va a analizar.

Este método de clasificación requirió un cierto conocimiento de la zona de estudio que permitió delimitar sobre la imagen unas zonas o áreas representativas de las distintas categorías que se discriminaron.

A partir de estas áreas se calcularon los diversos parámetros estadísticos de los ND (Niveles Digitales) que definen cada clase, luego se clasificaron el resto de píxeles en una categoría determinada atendiendo a sus ND.

Se realizó la Clasificación supervisada de la Imagen Landsat TM 4-5 de 1989 y 1999, teniendo en cuenta la Leyenda que se adaptó para este estudio de Corine Land Cover, y la selección de una adecuada interpretación de las imágenes a través de la composición de cada una por medio de sus bandas, para mejorar la visibilidad de los píxeles.



**Tabla 5 Combinación de bandas de la Imagen Landsat 7 y 8**

<b>CORIN LAND COVER</b>	<b>BANDAS RGB Landsat TM 4-5 de 1989 y 1999</b>	<b>BANDAS RGB Landsat 8 OLI/TIRS de 2014</b>
<b>1. TERRITORIOS ARTIFICIALES</b>		
1.1 Zonas Urbanizadas	3,4,1 Rojo, Infrarrojo Cercano y Azul	3,5,1 Verde, Infrarrojo cercano y Azul profundo
<b>2. TERRITORIOS AGRICOLAS</b>		
2.1 Cultivos	4,5,3 Infrarrojo cercano, infrarrojo lejano y rojo	6,5,2 Infrarrojo Lejano, Infrarrojo cercano, azul
2.2 Pastos	4,5,3 Infrarrojo cercano, infrarrojo lejano y rojo	
<b>3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES</b>		6,5,2 Infrarrojo Lejano, Infrarrojo cercano, azul
3.1 Bosque	3,2,1 Rojo, Verde, Azul	4,3,2 Rojo, Verde, Azul
3.2 Áreas abiertas sin o con poca vegetación	3,2,1 Rojo, Verde, Azul	4,3,2 Rojo, Verde, Azul
<b>4. SUPERFICIES DE AGUA</b>		
4.1 Aguas continentales	4,3,2 Infrarrojo cercano, rojo, verde	5,6,3 Infrarrojo Cercano, Infrarrojo lejano y Rojo
<b>5. NUBES</b>	3,2,1 Rojo, Verde, Azul	4,3,2 Rojo, Verde, Azul

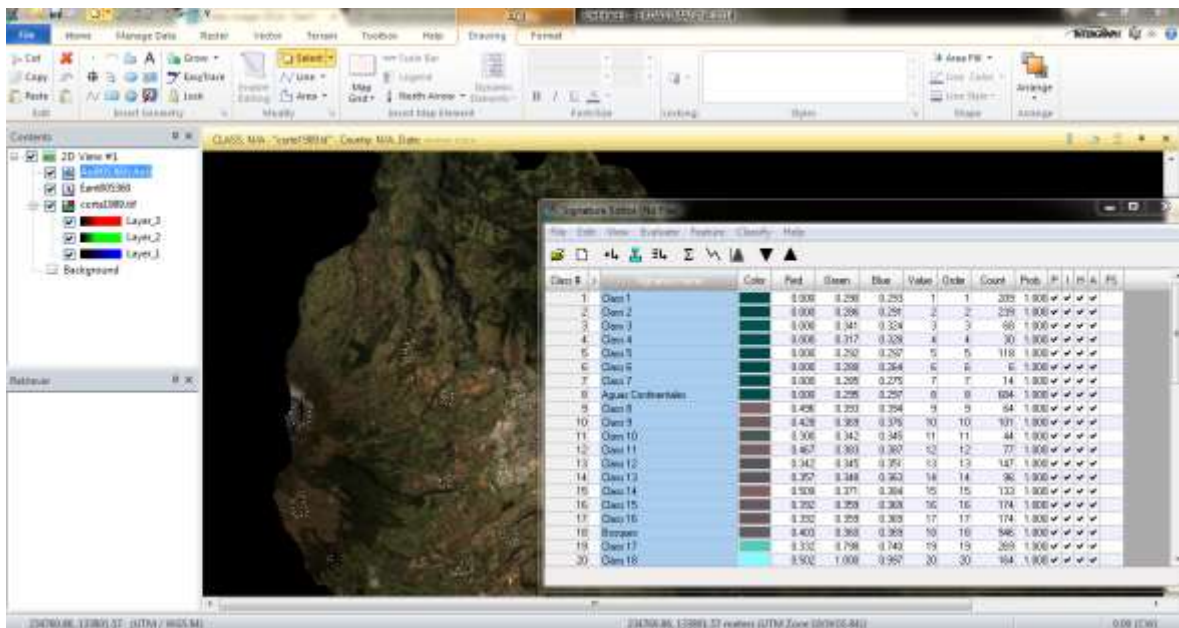
Fuente: Este estudio

Con la imagen disponible después de los ya mencionados procesos se realiza la clasificación supervisada. Para poder realizar la clasificación se tomó como base el Mapa de

Cobertura y Uso actual del Suelo del POT. Se localizaron zonas representativas e identificables, como lo indica el cuadro 3, la leyenda Land Cover.

Lo que se hizo en el proceso fue la búsqueda y delimitación de áreas de muestreo o áreas de entrenamiento que representen cada una de las clases de usos o coberturas de suelo. Cada área identificada tuvo una respuesta espectral característica de manera que el Software pueda asignarle los pixeles a toda la imagen a cada categoría que corresponda mediante algoritmos.

**Figura 9 Creación Signatures**



Fuente: Este estudio

Con la herramienta Signature de ERDAS 2014 se determina las coberturas a clasificar.

**Figura 10 Signatures 1989**

Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order	Count	Prob.	P	H	A	FS
1	Class 1	0.000	0.296	0.293	1	1	209	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
2	Class 2	0.000	0.296	0.291	2	2	238	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
3	Class 3	0.000	0.343	0.324	3	3	68	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
4	Class 4	0.000	0.317	0.328	4	4	30	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
5	Class 5	0.000	0.292	0.297	5	5	118	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
6	Class 6	0.000	0.298	0.294	6	6	8	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
7	Class 7	0.000	0.298	0.279	7	7	14	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
8	Agua Continental	0.000	0.295	0.287	8	8	804	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
9	Class 9	0.486	0.292	0.294	9	9	64	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
10	Class 10	0.420	0.368	0.276	10	10	101	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
11	Class 11	0.380	0.342	0.245	11	11	44	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
12	Class 12	0.467	0.302	0.287	12	12	77	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
13	Class 13	0.242	0.345	0.291	13	13	142	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
14	Class 14	0.282	0.348	0.262	14	14	36	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
15	Class 15	0.599	0.371	0.284	15	15	133	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
16	Class 16	0.382	0.358	0.269	16	16	174	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
17	Class 17	0.382	0.358	0.269	17	17	174	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
18	Bosques	0.483	0.368	0.269	18	18	346	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
19	Class 19	0.332	0.298	0.240	19	19	268	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
20	Class 20	0.502	1.000	0.997	20	20	164	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
21	Class 21	0.528	1.000	0.970	21	21	121	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
22	Class 22	0.536	0.942	0.990	22	22	63	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
23	Class 23	0.483	0.368	0.269	23	23	346	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
24	Class 24	0.544	1.000	1.000	24	24	121	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
25	Zonas Urbanizadas	0.426	0.524	0.601	25	25	1694	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
26	Class 26	1.000	1.000	1.000	26	26	82	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
27	Class 27	0.122	0.360	0.391	27	27	115	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
28	Class 28	0.000	0.438	0.442	28	28	266	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
29	Class 29	0.343	0.522	0.524	29	29	182	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
30	Class 30	0.381	0.689	0.693	30	30	244	1.000	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Este estudio

**Figura 11 Signatures 1999**

Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order	Count	Prob.	P	H	A	FS
1	Class 1	0.000	0.358	0.356	1	1	1039	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
2	Class 2	0.000	0.358	0.361	2	2	342	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
3	Class 3	0.000	0.384	0.372	3	3	81	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
4	Class 4	0.000	0.369	0.371	4	4	12	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
5	Class 5	0.000	0.358	0.359	5	5	112	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
6	Class 6	0.000	0.358	0.359	6	6	112	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
7	Agua Continental	0.000	0.360	0.359	7	7	1698	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
8	Class 7	0.396	0.383	0.382	8	8	130	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
9	Class 8	0.354	0.388	0.384	9	9	401	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
10	Class 9	0.503	0.400	0.402	10	10	205	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
11	Class 10	0.344	0.397	0.397	11	11	186	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
12	Class 11	0.384	0.382	0.383	12	12	184	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
13	Class 12	0.369	0.400	0.421	13	13	299	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
14	Class 13	0.360	0.400	0.415	14	14	258	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
15	Class 14	0.475	0.398	0.403	15	15	326	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
16	Class 15	0.517	0.408	0.418	16	16	360	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
17	Class 16	0.486	0.399	0.412	17	17	254	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
18	Class 17	0.360	0.391	0.395	18	18	505	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
19	Class 18	0.422	0.398	0.403	19	19	719	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
20	Class 19	0.491	0.396	0.405	20	20	121	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
21	Bosques	0.415	0.397	0.403	21	21	4047	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
22	Class 20	1.000	1.000	1.000	22	22	216	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
23	Class 21	1.000	1.000	1.000	23	23	157	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
24	Class 22	0.189	0.494	0.491	24	24	175	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
25	Class 23	0.592	0.573	0.574	25	25	463	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
26	Class 24	0.515	0.623	0.612	26	26	180	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
27	Class 25	0.713	0.680	0.680	27	27	52	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
28	Class 26	0.547	0.623	0.614	28	28	266	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
29	Class 27	0.259	0.658	0.655	29	29	403	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
30	Class 28	0.714	1.000	1.000	30	30	834	1.000	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Este estudio



**Figura 12 Signatures 2014**

Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order	Count	Prob.	P	I	H	A	PS
1	Class:1		0.357	0.355	0.377	1	1	1014	1.000	✓	✓	✓	✓	
2	Class:2		0.357	0.355	0.378	2	2	1578	1.000	✓	✓	✓	✓	
3	Class:3		0.357	0.356	0.379	3	3	244	1.000	✓	✓	✓	✓	
4	Class:4		0.370	0.359	0.375	4	4	653	1.000	✓	✓	✓	✓	
5	Agua Continental		0.000	0.000	1.000	5	5	653	1.000	✓	✓	✓	✓	
6	Class:5		0.372	0.374	0.376	6	6	2064	1.000	✓	✓	✓	✓	
7	Class:6		0.372	0.371	0.377	7	7	967	1.000	✓	✓	✓	✓	
8	Class:7		0.371	0.374	0.377	8	8	763	1.000	✓	✓	✓	✓	
9	Class:8		0.375	0.378	0.387	9	9	2155	1.000	✓	✓	✓	✓	
10	Class:9		0.378	0.378	0.390	10	10	798	1.000	✓	✓	✓	✓	
11	Class:10		0.377	0.382	0.395	11	11	1885	1.000	✓	✓	✓	✓	
12	Class:11		0.368	0.366	0.374	12	12	2332	1.000	✓	✓	✓	✓	
13	Class:12		0.373	0.374	0.380	13	13	1095	1.000	✓	✓	✓	✓	
14	Broque		0.000	0.382	0.000	14	14	12057	1.000	✓	✓	✓	✓	
15	Class:13		1.000	1.000	1.000	15	15	816	1.000	✓	✓	✓	✓	
16	Class:14		1.000	1.000	1.000	16	16	1593	1.000	✓	✓	✓	✓	
17	Class:15		1.000	1.000	1.000	17	17	4820	1.000	✓	✓	✓	✓	
18	Class:16		1.000	1.000	1.000	18	18	4079	1.000	✓	✓	✓	✓	
19	Class:17		1.000	1.000	1.000	19	19	2765	1.000	✓	✓	✓	✓	
20	Class:18		0.924	0.923	0.932	20	20	1942	1.000	✓	✓	✓	✓	
21	Class:19		1.000	1.000	1.000	21	21	2998	1.000	✓	✓	✓	✓	
22	Class:20		1.000	1.000	1.000	22	22	7728	1.000	✓	✓	✓	✓	
23	Class:21		0.598	0.601	0.616	23	23	3934	1.000	✓	✓	✓	✓	
24	Class:22		0.745	0.748	0.764	24	24	3968	1.000	✓	✓	✓	✓	
25	Class:23		0.983	0.978	0.979	25	25	2158	1.000	✓	✓	✓	✓	
26	Mudex		1.000	1.000	1.000	26	26	36795	1.000	✓	✓	✓	✓	
27	Class:24		0.414	0.402	0.407	27	27	2651	1.000	✓	✓	✓	✓	
28	Class:25		0.428	0.409	0.413	28	28	832	1.000	✓	✓	✓	✓	
29	Class:26		0.416	0.401	0.406	29	29	803	1.000	✓	✓	✓	✓	
30	Class:27		0.440	0.417	0.418	30	30	2395	1.000	✓	✓	✓	✓	
31	Class:28		0.442	0.421	0.408	31	31	1002	1.000	✓	✓	✓	✓	
32	Ases Abiertas		0.824	0.706	0.549	32	32	7683	1.000	✓	✓	✓	✓	
33	Class:29		0.549	0.528	0.515	33	33	1233	1.000	✓	✓	✓	✓	

Fuente: Este estudio

A través de la herramienta Sigantures Statistics se obtiene las firmas espectrales

**Figura 13 Sigantures Statistics 1989**

Univariate				
Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	42.000	47.000	44.464	0.925
2	13.000	16.000	14.828	0.962
3	9.000	11.000	10.024	0.696
4	6.000	9.000	7.014	0.823
5	3.000	7.000	4.732	0.952
6	117.000	118.000	117.727	0.444
7	1.000	8.000	3.578	0.963

Covariance							
Layer	1	2	3	4	5	6	7
1	0.980	0.030	0.027	-0.026	-0.029	0.007	0.077
2	-0.030	0.735	0.004	0.025	-0.042	-0.008	-0.006
3	0.027	0.004	0.245	0.009	-0.006	-0.022	0.015
4	-0.026	0.025	0.009	0.187	-0.004	0.022	0.016
5	0.029	-0.042	-0.008	0.004	0.726	-0.048	0.113
6	0.007	-0.008	-0.022	0.022	-0.048	0.198	0.028
7	0.077	-0.006	0.015	0.016	0.113	0.028	0.988

Fuente: Este estudio

**Figura 14 Sigantures Statistics 1999**

Univariate				
Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	37.000	44.000	39.624	1.036
2	12.000	15.000	13.625	0.642
3	8.000	12.000	10.015	0.572
4	7.000	10.000	8.096	0.928
5	3.000	10.000	6.141	0.579
6	111.000	113.000	112.686	0.477
7	2.000	7.000	4.403	0.863

Covariance							
Layer	1	2	3	4	5	6	7
1	1.072	0.138	0.128	0.054	0.154	0.022	0.025
2	0.138	0.412	0.105	0.047	0.128	0.014	0.085
3	0.128	0.105	0.327	0.054	0.092	-0.007	0.072
4	0.054	0.047	0.054	0.278	0.052	-0.002	0.037
5	0.154	0.128	0.092	0.052	0.956	-0.003	0.125
6	0.022	0.014	-0.007	-0.003	-0.003	0.227	-0.005
7	0.025	0.085	0.072	0.037	0.125	-0.005	0.756

Fuente: Este estudio

**Figura 15 Sigantures Statistics 1999**

Univariate				
Layer	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
1	9624.000	2532.000	8434.802	14.802
2	7634.000	3927.000	7689.872	12.585
3	6059.000	6720.000	6681.645	12.807
4	5836.000	5889.000	5967.447	13.360
5	5362.000	5495.000	5415.906	15.232
6	5896.000	5112.000	5025.257	13.845
7	3542.000	6077.000	5052.118	18.467
8	6239.000	6428.000	6277.404	16.302

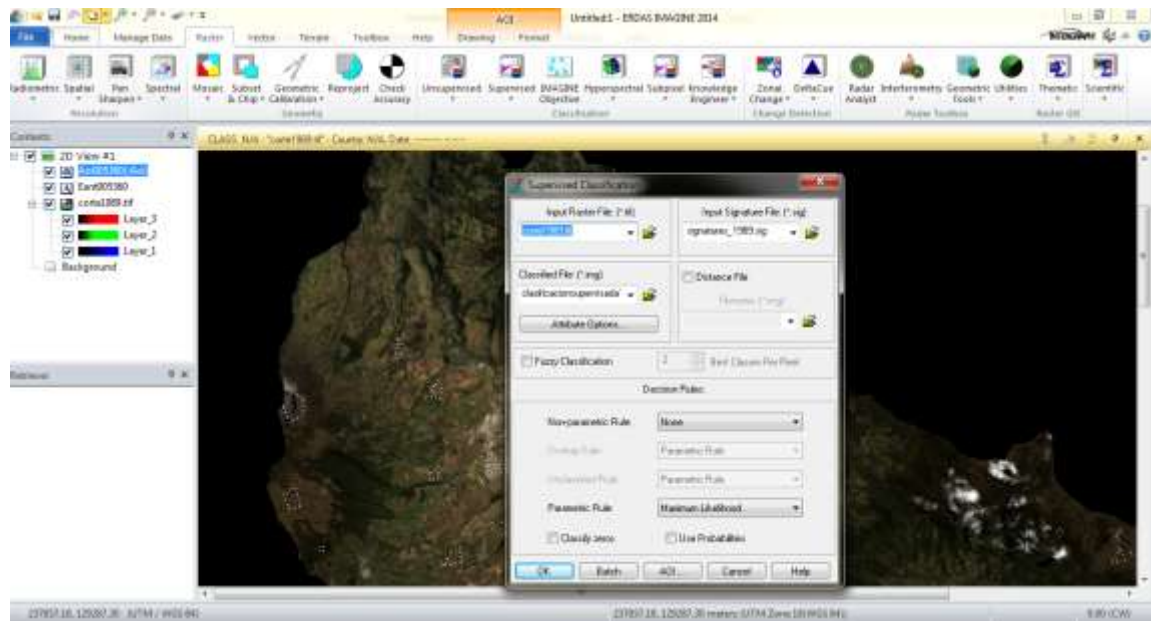
Covariance								
Layer	1	2	3	4	5	6	7	8
1	216.992	111.710	112.267	118.303	123.277	110.756	98.493	120.620
2	111.710	158.276	119.314	117.998	134.967	130.894	93.891	137.863
3	112.267	119.314	160.891	126.275	154.256	114.817	106.281	144.632
4	118.303	117.998	126.275	178.486	198.894	134.893	108.227	146.898
5	123.277	134.967	154.256	193.856	235.153	142.163	127.596	160.500
6	110.756	130.894	114.817	124.891	142.183	142.638	106.495	122.894
7	98.493	93.891	106.281	108.227	127.596	130.892	114.512	116.191
8	120.620	137.863	144.632	146.898	168.500	132.894	118.189	205.751

Fuente: Este estudio

Una vez realizada la selección de las Signatures se crea la Clasificación Supervisada

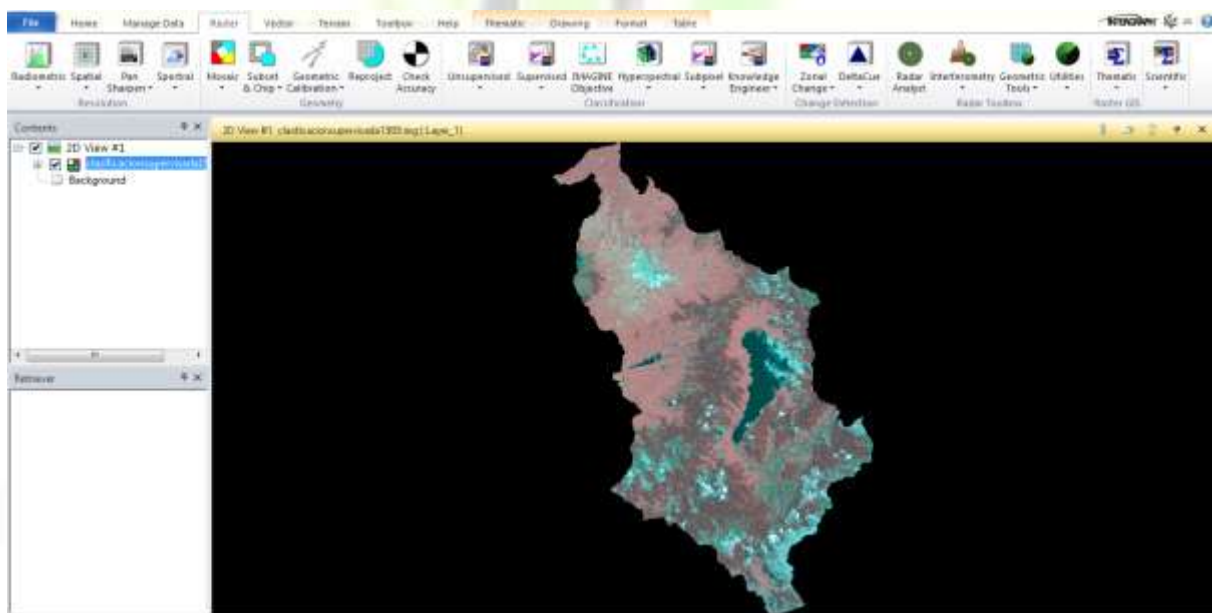
UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

**Figura 16** Clasificación Supervisada



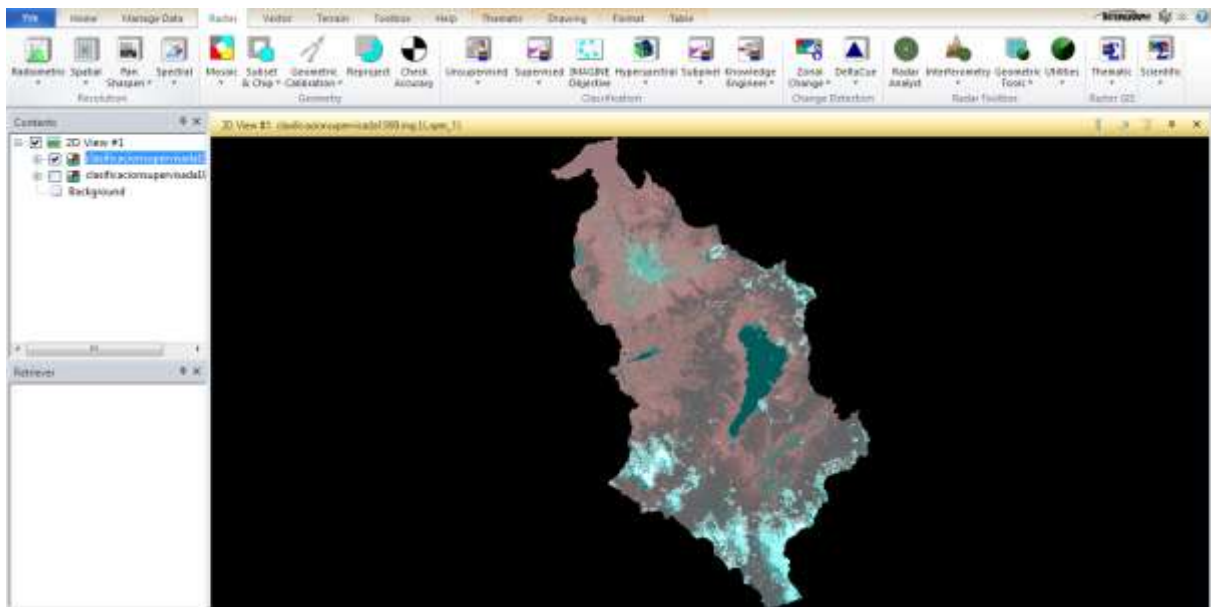
Fuente: Este estudio

**Figura 17** Clasificación Supervisada 1989



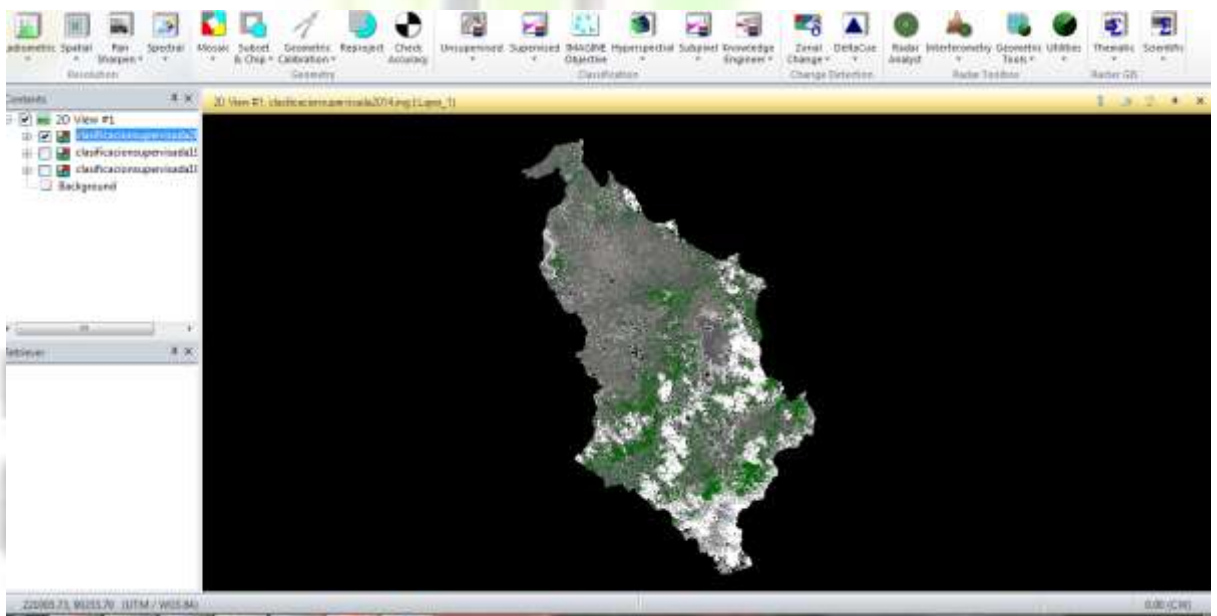
Fuente: Este estudio

**Figura 18** Clasificación Supervisada 1999



Fuente: Este estudio

**Figura 19** Clasificación Supervisada 2014

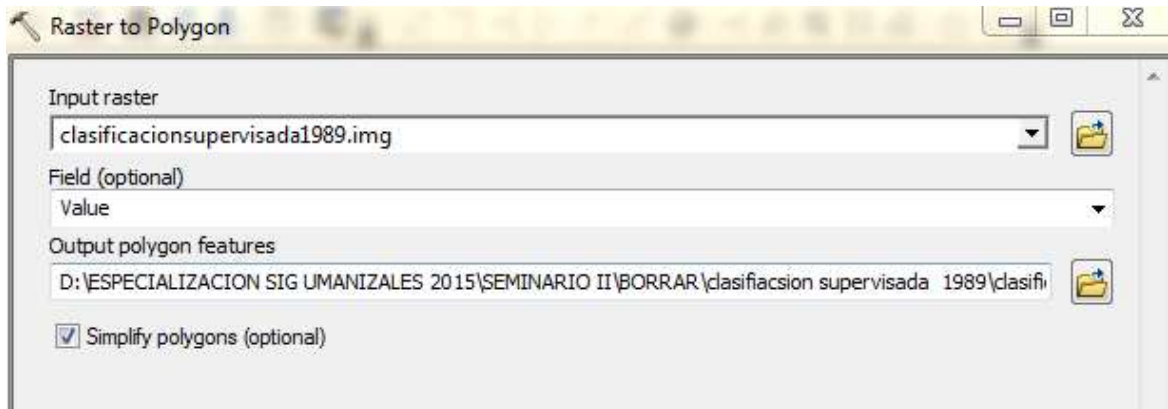


Fuente: Este estudio

Una vez hecha esta clasificación se procedió a depurar la información la cual por la cantidad de píxeles suministrados (por ejemplo zonas de nubes con respuesta espectral similar al Zonas Urbanizadas) debió ser mejorada y adecuada según lo observado en las Imágenes para cada año correspondiente. Dicha depuración se realizó en ArcGIS 10.2.2, obteniendo como resultado las clasificaciones de los años 1989, 1999 y 2014.

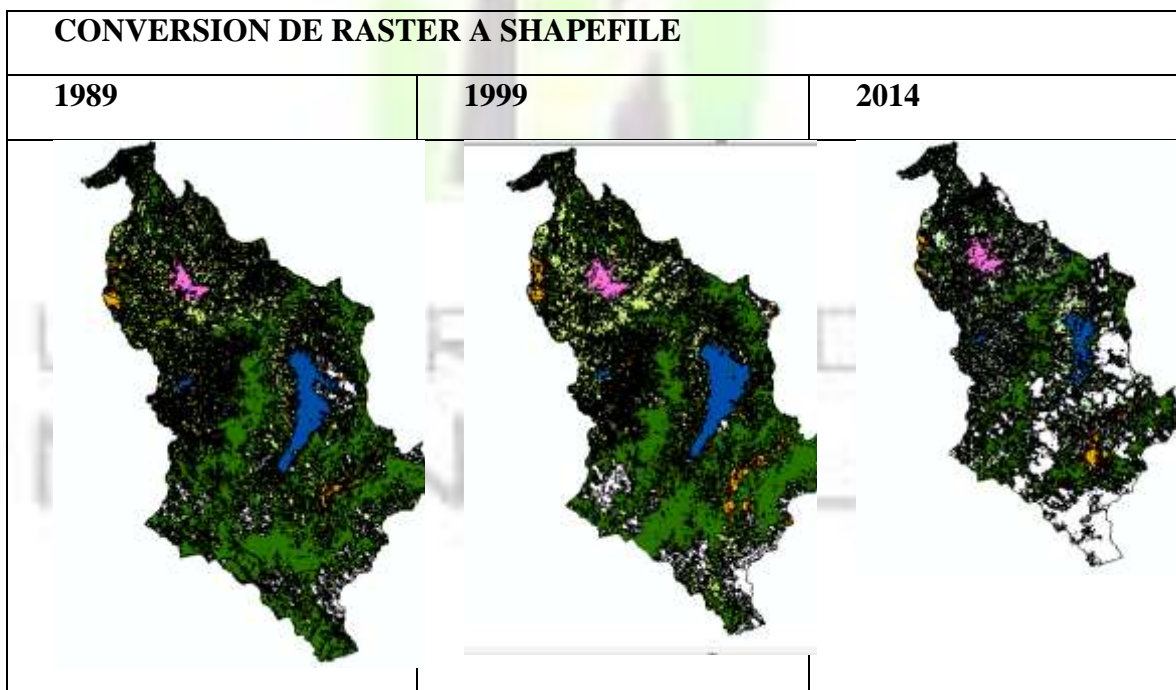
En ArcGIS se convirtió la Clasificación Supervisada que arrojó Erdas en formato .img a formato Shapefile, con la Herramienta Raster to Polygon

**Figura 20 Conversión de Raster a Shapefile**



Fuente: Este estudio

**Figura 21 Shapefile de las Coberturas**



Fuente: Este estudio

Una vez realizada esta conversión se depuro la información ya que la clasificación tomó muchos valores de los ND (Niveles Digitales) de zonas a las que no correspondían, por ejemplo algunos sectores que son Nubes los categorizo como Aguas Continentales.

Al realizar la depuración del Shp de la clasificación se procedió a crear la File Geodatabase donde se consignó la información a trabajar, adquirida a través de las fuentes de información consultadas.

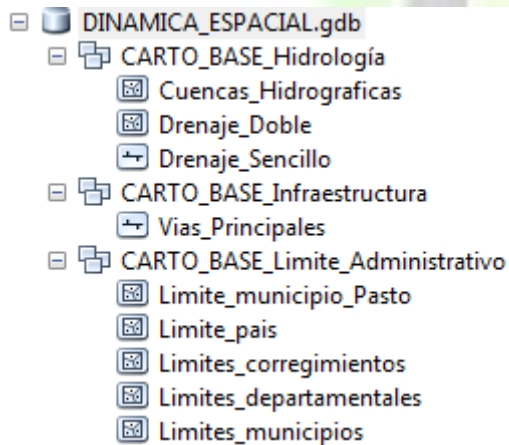
**Figura 22 Geodatabase**



**Fuente:** Este estudio

En la Geodatabase se identificaron la Cartografía Base la cual contiene toda la información recolectada del IGAC.

**Figura 23 Geodatabase – Cartografía Base**

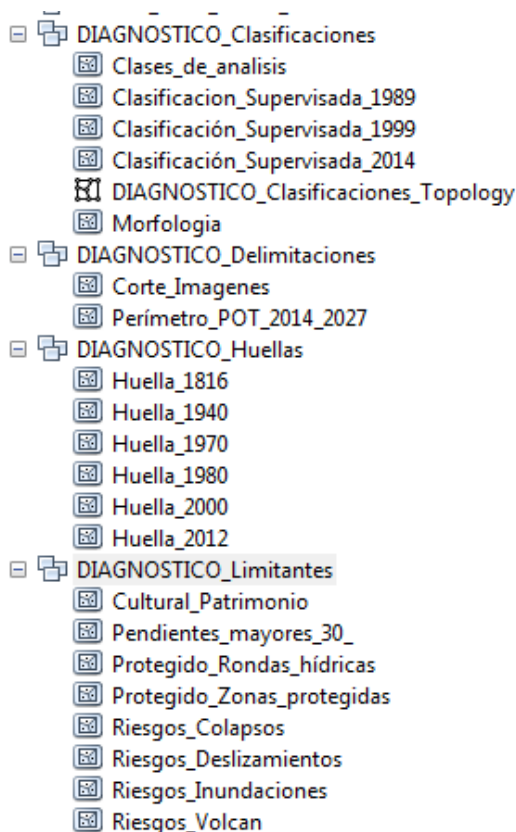


**Fuente:** Este estudio

Se puede identificar también el Diagnostico, en el cual está basado el Desarrollo del Análisis del Trabajo



**Figura 24 Geodatabase - Diagnostico**

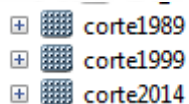


**Fuente: Este estudio**

Se tiene en cuenta en la Geodatabase como está organizada actualmente la ciudad

Y contiene los Cortes de las Imágenes Landsat.

**Figura 25 Cortes Imágenes Landsat.**



**Fuente: Este estudio**

Con la información trabajada en la Geodatabase se procede a hacer el análisis de resultados y la generación de productos finales.

### **4.3 ETAPA 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y GENERACION DE PRODUCTOS FINALES**

En esta fase se consolida la información cartográfica temática, que muestra los diferentes cambios que se presentan en la expansión urbana para el período establecido (1989-2014), como la información documental, representado las características, causas, efectos y factores

que han incidido para que se generen los cambios de uso y cobertura del suelo dentro del área de estudio.

San Juan de Pasto, es la ciudad principal del Departamento de Nariño la cual ha crecido paulatinamente; donde se puede decir que dicho crecimiento está dado de una forma continua y heterogénea respondiendo a ciertos parámetros que hacen que la ciudad se expanda de acuerdo a unos valores agregados que el suelo le puede proporcionar. El crecimiento o expansión de la ciudad a partir del año 89 hasta el año de 1999 refleja la expansión sobre distintas áreas no tan pronunciadas localizadas en la zona más representativa como lo es en este caso la zona Nor y Suroeste, para el transcurso del siguiente periodo en estudio que es en este caso el 2014 con relación a los anteriores años plateados se puede decir que continuo con el mismo fenómeno de dispersión es decir continua obedeciendo la heterogeneidad del crecimiento planteado solo que en este caso se acentúa más para la zona norte y noreste. Para ello se elaboraron tres mapas temáticos donde se puede visualizar el perímetro correspondiente a los tres periodos y poder plantear así cuál es la posible secuencia de la expansión urbana de la ciudad de Pasto entre 1989 y 2014 a partir de imágenes satelitales y Ortofoto.

Cuando se trata el tema del crecimiento urbano o fenómeno de expansión se sabe de antemano que es un tema muy polifacético y por la misma razón puede llegar a ser muy complejo ya que requiere análisis de distintas dimensiones, incluyendo variables como demografía, aspectos económicos y físicos de la ciudad en cuestión; por eso mismo este estudio hará solo referencia a una de las dimensiones el aumento de la superficie urbanizada como respuesta a la demanda del suelo urbano.

Uno de las principales herramientas en el tema de ordenamiento y por supuesto la carta de navegación para entender todo el fenómeno postulado dentro del desarrollo urbano de Pasto, es el Plan de Ordenamiento Territorial; donde se puede encontrar ambiciosos



proyectos, objetivos orientados al desarrollo sostenible y de conservación para tener claro tanto cuantificablemente como los pro y contra de la posible expansión que se desarrolla en la ciudad de San Juan de Pasto.




Otro de los aspectos claves es contar con la mayor información territorial que este actualizada y detallada, para que esta sea el ideal complemento para darle utilidad dentro de lo que son los Sistemas de Información Geográfica ya que es esta es una de las principales herramienta en la toma de decisiones actuales y por su puesto futuras. Pasto cuenta con una información en sistema SIG en lo concerniente a temas de planificación e infraestructura sanitaria, la cual esta complementada con otros insumos impuestos territoriales, seguridad, programas sociales, de vías, gestión de tránsito, educación, salud entre otras.

La información georeferenciada que existe en este momento corresponde a entidades públicas como privadas que de una u otra forma han enriquecido el conocimiento dentro de lo que son los sistemas de información geográfica para la planificación, las más representativas se podría decir que están la secretaria de Planificación, DANE, IGAC, EMPOPASTO, Corponariño, EMAS, etc; buscando con esto la posibilidad de unificar información para entender la manera más idónea la dinamización del espacio.

Podríamos citar el siguiente cuadro de actores claves de San Juan de Pasto como dispensarios de información y apoyo a la construcción de un SIG municipal al servicio de la sociedad interesada en el ámbito de la Planificación y Ordenamiento Territorial.

**Tabla 6 Actores Involucrados**

<b><u>ACTOR</u></b>	<b><u>NOMBRE</u></b>	<b><u>FUNCION</u></b>
	<p>Unidad de Planificación Rural y Agropecuaria</p>	<p>Orientarla formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de la política de gestión del territorio para usos agropecuarios, a través de la planificación del ordenamiento productivo y de la propiedad, y la definición de lineamientos, Criterios e Instrumentos, que promuevan el uso eficiente del suelo para el desarrollo rural con enfoque territorial</p>
	<p>Sistema de Parques Nacionales</p>	<p>Unidad Administrativa Especial denominada Parques Nacionales Naturales de Colombia, del orden nacional, sin personería jurídica, con autonomía administrativa y financiera, con jurisdicción en todo el territorio nacional, en los términos del artículo 67 de la Ley 489 de 1998. La entidad estará encargada de la administración y manejo del Sistema de Parques Nacionales Naturales y la coordinación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas</p>
	<p>Meteorología a y Estudios Ambientales de Colombia</p>	<p>Generar conocimiento y garantizar el acceso a la información sobre el estado de los recursos naturales y condiciones hidrometeorológicas de todo el país para la toma de decisiones de la población, autoridades, sectores económicos y sociales de Colombia.</p>
	<p>Instituto Geográfico Agustín Codazzi</p>	<p>Producir, proveer y divulgar información y conocimiento, en materia de cartografía, agrología, catastro, geografía y tecnologías geoespaciales, y regular su gestión, en apoyo a los procesos de planificación y desarrollo integral del país.</p>
	<p>Servicio Geológico Colombiano</p>	<p>Realizar investigación científica básica para generar conocimiento geo científico integral del territorio nacional. Realizar investigación de recursos del subsuelo para evaluar su</p>

		<p>potencial. Realizar investigación, seguimiento y monitoreo de las amenazas geológicas que sirva de base para la gestión integral del riesgo, ordenamiento territorial y planificación de desarrollo. Gestionar integralmente el conocimiento geo científico del territorio nacional para garantizar su disponibilidad. Fomentar la investigación y aplicación</p>
	<p>Departamento Administrativo Nacional de Estadística</p>	<p>Diseñar y ejecutar las operaciones estadísticas que requiera el país para la planeación y toma de decisiones por parte del Gobierno Nacional y los entes territoriales, en materia de censos y demografía. Realizar, directamente o a través de terceros, las actividades de diseño, recolección, procesamiento y publicación de los resultados de las operaciones estadísticas que realiza el Departamento, en materia de censos. Realizar censos, encuestas, registros y estudios de descripción demográfica y de población de las comunidades indígenas</p>
	<p>Centro de Estudios de la Construcción y el Desarrollo Urbano</p>	<p>Propender por el desarrollo económico, social y ambiental y el avance científico y tecnológico en materia de la vivienda, la construcción, el desarrollo urbano y regional y la promoción de acciones encaminadas al logro de una mejor calidad de vida en los diferentes sectores del país.</p>
	<p>Gobernación de Nariño Departamental</p>	<p>La Gobernación de Nariño, como institución pública, está comprometida con el desarrollo regional bajo los principios de justicia social, democracia política, desarrollo humano sostenible, equidad de género, reconocimiento y protección de la diversidad étnica, respeto por derechos humanos y participación ciudadana; propiciando la concurrencia,</p>

		complementariedad y subsidiaridad con las entidades territoriales de su jurisdicción y la Nación, coordinando esfuerzos con el sector público, privado y sociedad civil.
	Corporación Autónoma Regional de Nariño	Administrar efectivamente los recursos ambientales, viabilizando la ejecución de programas y proyectos encaminados al desarrollo sostenible en cumplimiento de la normatividad vigente.
	Alcaldía de Pasto	El Municipio de Pasto es una entidad territorial que establece las políticas y estrategias para promover el desarrollo y la productividad con ética pública y transparencia, satisfaciendo las necesidades básicas de sus ciudadanos para generar una mejor calidad de vida.
	Sistema Estratégico de Transporte	AVANTE SETP, es una organización descentralizada del orden Municipal, que tiene por objetivo planear, coordinar, gestionar, desarrollar e implementar el SISTEMA ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS PARA LA CIUDAD DE PASTO, contribuyendo con la construcción de una ciudad moderna, amable y al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.
	Empresa Metropolitana de Aseo	La Empresa Metropolitana de Aseo de Pasto S.A. E.S.P., es una empresa que brinda soluciones ambientales en la región, atendiendo las necesidades de los clientes en el manejo integral de residuos sólidos y especiales, prestando con calidad los servicios de barrido y limpieza, recolección y transporte y disposición final, con Criterios de responsabilidad socio-ambiental, sostenibilidad y rentabilidad.

	<p>Empresa de Obras Sanitarias Pasto</p>	<p>Somos una empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de acueducto, alcantarillado. Conexos y asociados; altamente efectiva, que contribuye a mejorar la calidad de vida de sus clientes, con responsabilidad social, sostenibilidad económica y ambiental, en un mercado amplio y competitivo</p>
	<p>Empresa Energética</p>	<p>Generar, distribuir y comercializar la energía eléctrica para satisfacer las necesidades de nuestros clientes y fomentar el desarrollo económico y social de la región</p>
	<p>Universidad De Nariño</p>	<p>La Universidad de Nariño, desde su autonomía y concepción democrática y en convivencia con la región sur de Colombia, forma seres Humanos, ciudadanos y profesionales en las diferentes áreas del saber y del conocimiento con fundamentos éticos y espíritu crítico para el desarrollo alternativo en el acontecimiento mundo.</p>

Fuente: Este estudio

Es importante tener muy en cuenta todos los actores involucrados y por supuesto interesados en el desarrollo de la ciudad en cuestión que en este caso es la ciudad de San Juan de Pasto ya que son los que al levantar información importante para ser estudiada y diagnosticada proporcionara a segundas personas o instituciones que buscan de igual manera engrandecer el conocimiento de ella; porque tengamos en cuenta que los Sistemas de Información Geográfica por ser una herramienta para la toma de decisiones contribuirá a conocer ampliamente lo que se está desarrollando dentro de este espacio geográfico.

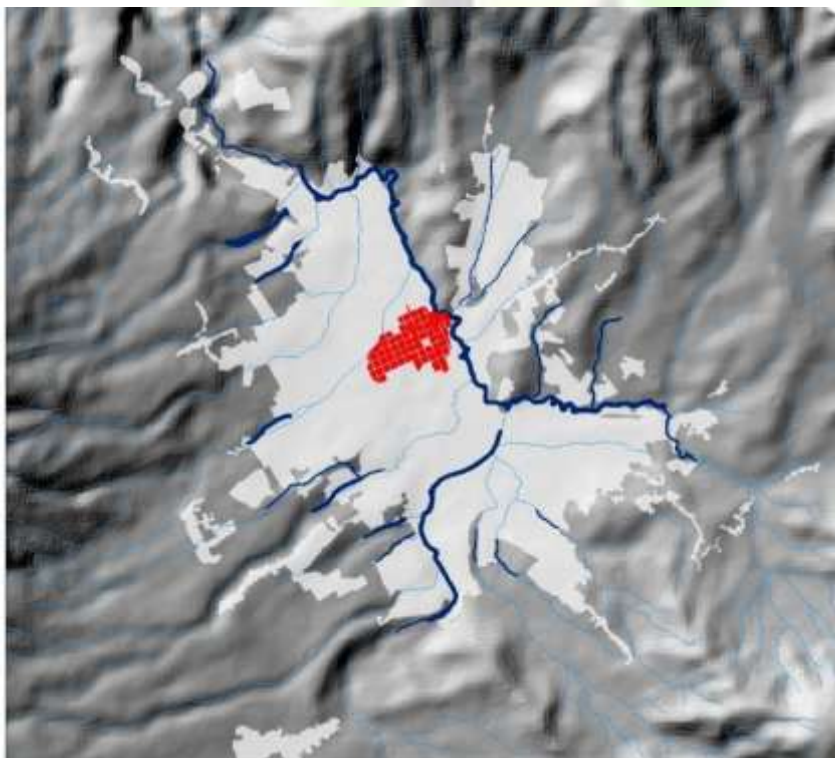
**4.3.1 Ajuste final de la información y cartográfica generada:** Se pretende obtener a través de este análisis multitemporales de expansión urbana varios mapas temáticos.



Es bien sabido que el auge del termino de expansión urbana es muy relevante a la hora de tocar el tema de planificación y por su puesto de ordenamiento territorial; ya que se mostraría la forma idónea o equivocada de cómo un municipio se está dispersando; es por eso que este tema de Expansión Urbana se hace bastante complejo para entenderlo y desarrollarlo; por tal razón este estudio ira orientado a visualizar el patrón que puede estar siguiendo en los años mencionados anteriormente como también las causales de tal dispersión en el tema de peri metraje mediante el respectivo análisis multitemporal.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial el plano más antiguo de Pasto corresponde al año de 1816. En este plano se puede observar la extensión del trazado regular de un manzaneo fundacional, llegando a las 8 cuadras sentido norte sur y 12 cuadras en el sentido oriente.

***Figura 26 Plano año 1816***

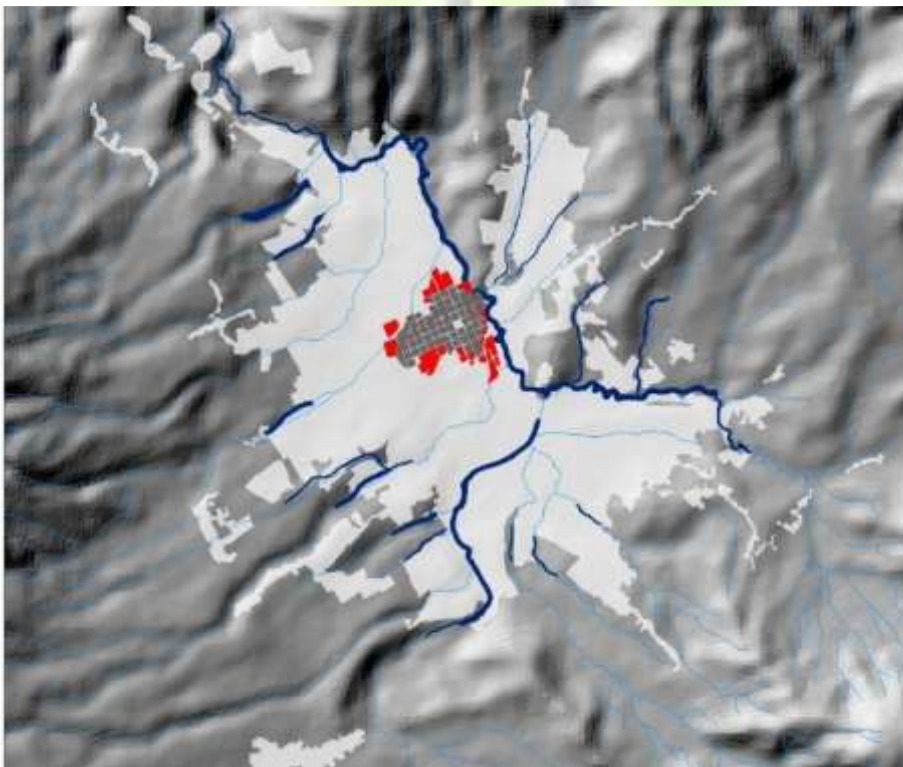


**Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial 2014- 2027**

El segundo registro es el plano correspondiente al periodo de 1864; donde las diferencias no son muy notorias con relación al plano de 1812, pero se puede apreciar un mayor grado de consolidación interior es decir que se refleja probablemente en un mayor aumento de la densidad urbana donde se dice que probablemente se está ocupando de manera más integral las manzanas anteriormente trazadas.

Es importante aclarar un hecho muy interesante que a partir de este periodo elementos naturales como la Quebrada Mijitayo, la de Caracha y el Río Pasto comenzaron a modificar el hasta ahora rígido trazado colonial.

**Figura 27 Plano 1864**



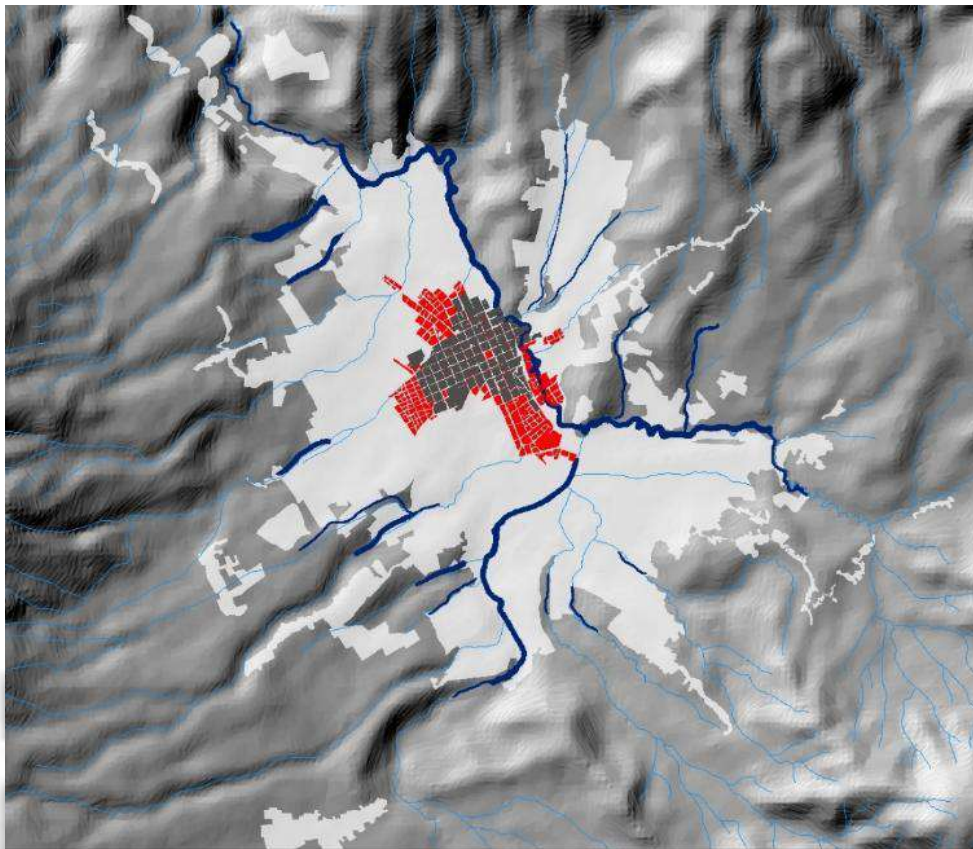
**Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial 2014- 2027**

Posteriormente desde el siglo XX va aumentando toda la información cartográfica principalmente los planos provenientes de tuberías de agua potable entre otros; dichos planos están disponibles en detalle en el documento del POT.



Para el año de 1928 el crecimiento de la ciudad está orientado hacia la parte oriental y por la rivera del Río Pasto evidenciando nuevamente que los elementos naturales siguen influenciando en el crecimiento de la ciudad entre estos están especialmente las quebradas de San Miguel, Chapal, Las Monjas, Caracha, Mijitayo, Río Jesús. Ya a mediados del Siglo XX San Juan de Pasto presenta un gran desarrollo hacia el sur, norte y oriente

**Figura 28 Plano 1928**

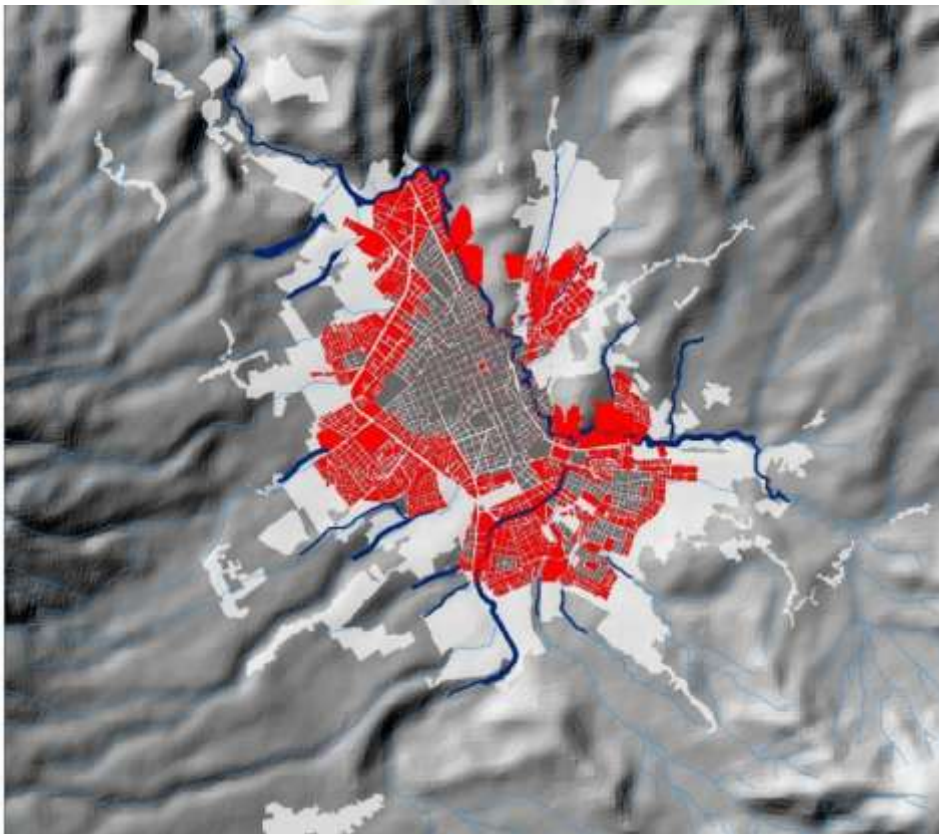


**Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial 2014- 2027**

Ya para la década de los años 70 y 80's se puede evidenciar una expansión en todas las direcciones; a partir de la segunda mitad del siglo XX, en especial, hacia la década de los 80's, la ciudad se consolida como tal, pues tuvo un crecimiento urbano importante, Cerón Solarte, B., & Ramos, M. T. (1.997) hace referencia que “para la década de los setenta aparecieron barrios desligados del centro de la ciudad, ubicados indiscriminadamente en áreas periféricas, sin ninguna norma o planificación, aunque fue notable la expansión hacia el sur-oriente y algunos proyectos urbanísticos que se ubicaron paralelos a la vía

panamericana” este fenómeno pudo haberse dado principalmente por un aumento considerable de la población urbana claro está por la disponibilidad del suelo relativamente fácil para ser urbanizado, sumado también a la necesidad de adquisición de un nuevo suelo para que también pueda llegar a ser habitable y rentable para quienes piensen en ser sus poseedores, dicha necesidad comenzó con la apertura de irrumpir las barreras naturales que se habían respetado por casi 400 años en la historia de la ciudad de San Juan de Pasto, esto dio como un resultado relevante en la modificación de la geometría en cuanto al trazado que se venía expandiendo la ciudad, construyendo así nuevas infraestructuras cerca de las quebradas, aumentando de esta manera la exposición vulnerabilidad de la población ante cualquier evento de tipo natural como inundaciones o en su defecto deslizamientos.

**Figura 29 Plano 1980**



**Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial 2014- 2027**

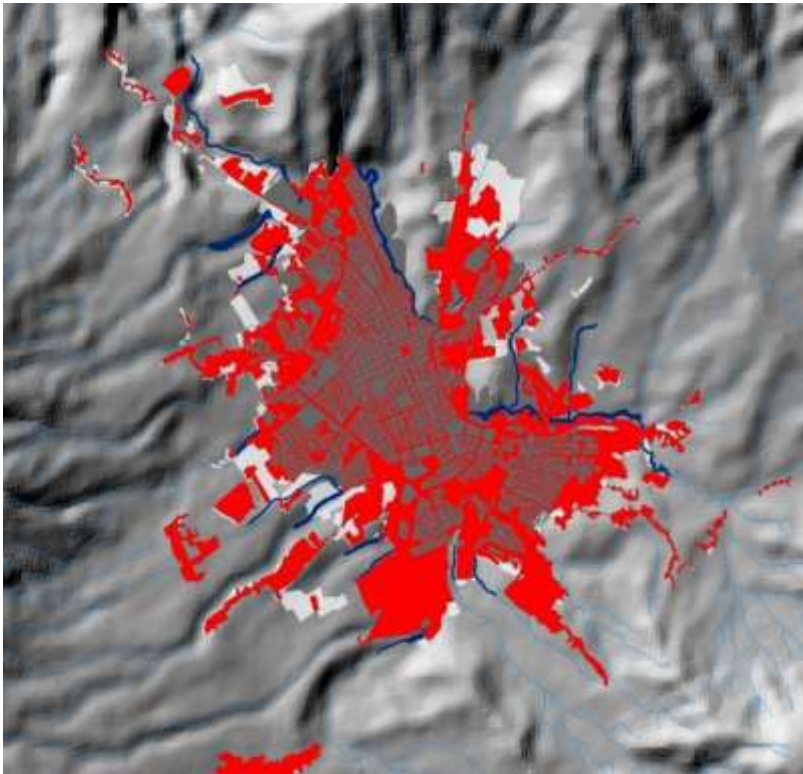
Se puede pensar que desde inicios para habitar un determinado espacio dentro de una ciudad tendría que estar estigmatizada por las bondades que este ofrezca ya sea la cercanía

a ciertos elementos o infraestructuras representativas que puedan estar influenciando para determinar el porqué de dichos asentamientos humanos. En el caso de la ciudad de Pasto la Panamericana ya no es el límite hacia el occidente y ya se empiezan a fortalecer unas tendencias de crecimiento al Norte y Sur siguiendo al Río Pasto, los principales procesos que se pueden observar en el transcurso de las décadas de 1987 y 1999 son el desarrollo extensivo hacia el occidente, Noroccidente y sur de la ciudad, posteriormente se puede ir observando la dispersión de la ciudad al oriente del Río Pasto dando una representación de expansión ramificada divididos por elementos naturales.

Según Cerón Solarte, B., & Ramos, M. T. (1997) explica que “La construcción de la Avenida Panamericana, que atraviesa la ciudad de norte a sur, por el occidente del casco urbano, se constituyó en el eje vial que arrastró el crecimiento de la ciudad hacia el occidente, dando origen a un sector residencial importante de la ciudad conformado por los barrios Capusgra, Maitayo, Sumatambo, Agualongo II, Tamasagra, Panamericano, Mariluz, consolidando, así, un nuevo espacio residencial de estratos socioeconómicos medios y medios altos”

UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

**Figura 30 Plano 1997**



**Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial 2014- 2027**

Pasto es un municipio que se ha caracterizado en los últimos 50 años por un crecimiento progresivo hacia lo urbano, debido a inmigraciones de grupos de poblaciones provenientes del Departamento de Nariño principalmente; en <sup>1</sup> Plan de Ordenamiento Territorial – Pasto 2012: Realidad Posible; Acuerdo 007 de 28 de junio de 2000. Esta consignado que “en efecto, el 67.53% de la población pastusa son nacidos en el mismo Municipio, el 25.3 en el % provienen de diferentes Municipios del Departamento de Nariño y 6.1% de otros Departamentos”



**Tabla 7 Población Pasto según POT**

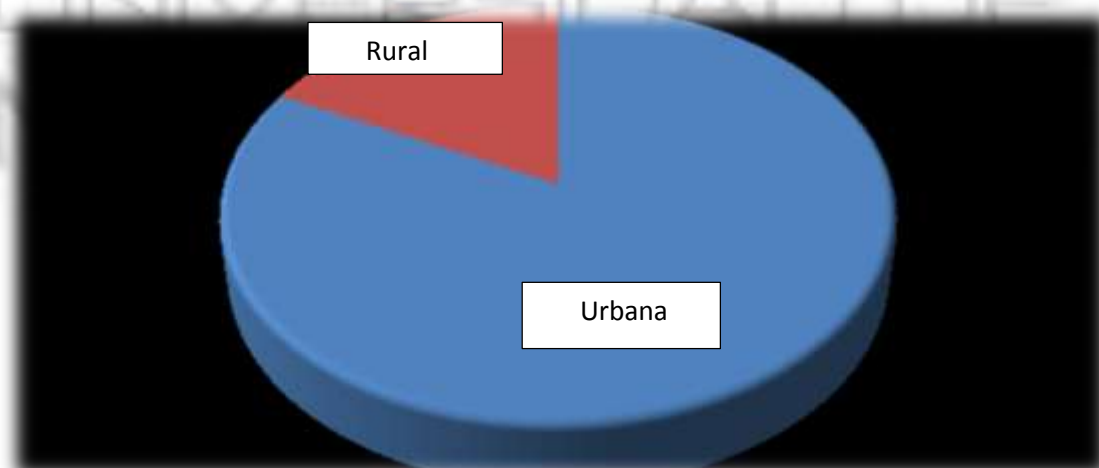
<u>Año</u>	<u>Población Pasto Urbana (cantidad de habitantes)</u>	<u>Superficie Huella (has)</u>	<u>Densidad (hab/ha)</u>
1.940	16.345	205	80
1.955	31.808	230	138
1.967	62.562	387	162
1.970	89.027	515	173
1.980	139.133	809	172
1.987	228.405	1.228	186
1.999	306.286	2.096	146
2.005	312.277	2.102	149
2.014	371.106	2.184	167

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial 2014- 2027

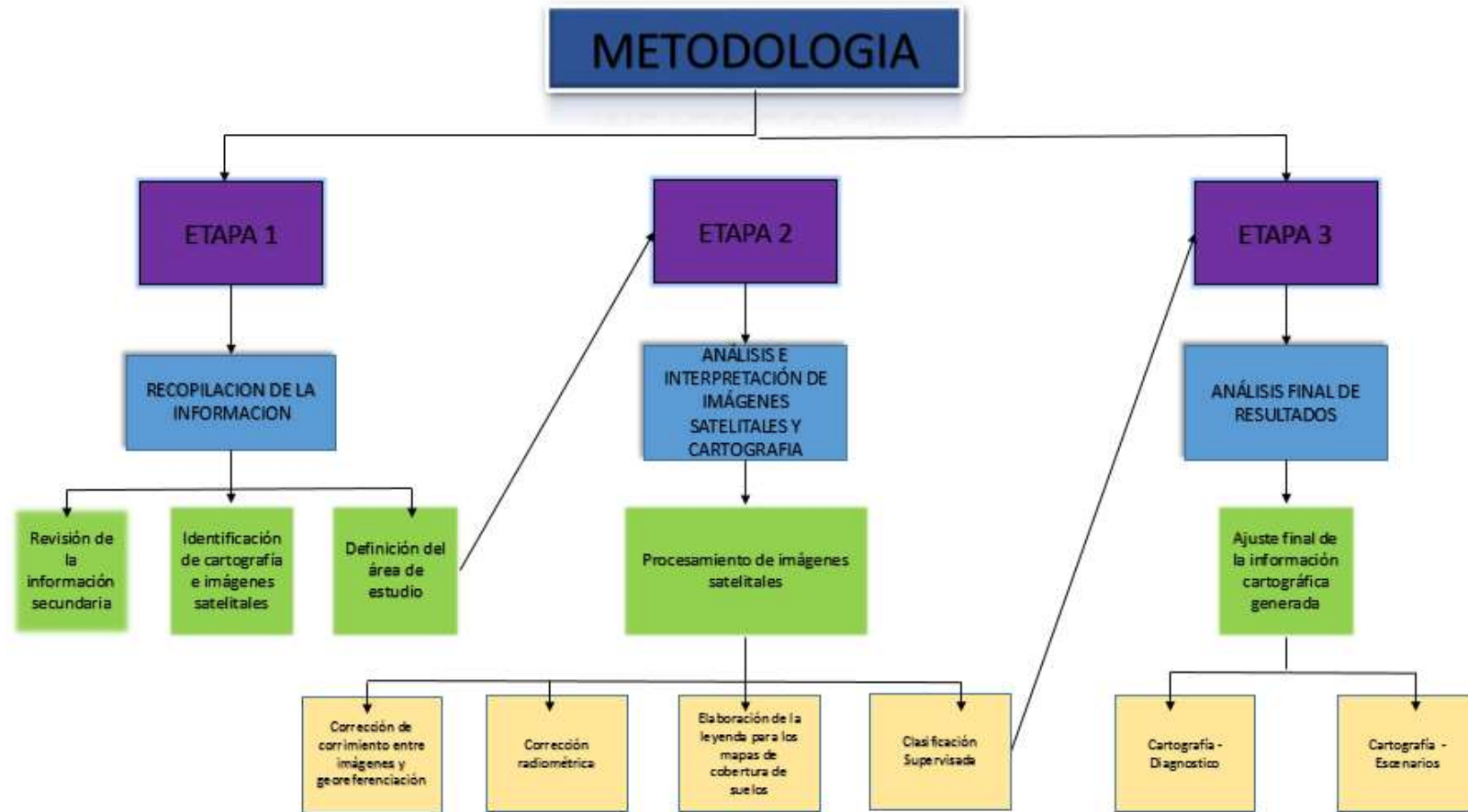
Distribución de la población por sectores urbano y rural

Según las proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, la población del municipio de Pasto alcanza en el año 2014 un número equivalente a 434.486 habitantes, entre ellos, 360.238 (83%) se ubican en el casco urbano y 74.248 (17%) en el sector rural.

**Figura 31 Distribución de la población por sectores urbano y rural**



Fuente: Proyecciones de población 1985 – 2020 - DANE – Colombia  
Procesado: Dimensión Social - POT 2014 - 2027



MAINIZALES

## 5. ESTADO DEL ARTE

La historia de los sistemas de información geográfica se remontan a los inicios de la humanidad, pero no fue hasta la década de los 60's en donde se empezó a aplicar la tecnología de la computación para el desarrollo de estos sistemas de información. Pero para el año 1965, otras aplicaciones comenzaron a surgir, impulsadas en parte por el desarrollo de periféricos especializados, como son los plotters y los digitalizadores de mapas. El geógrafo Brian Berry propuso en 1964 la utilización de una matriz geográfica en la que se conectan las unidades espaciales con sus atributos. Esta matriz permitía tratar cuantitativamente de manera ordenada la información asociada a los lugares. Sin dudas, la matriz constituye un claro antecedente de los SIG y es la base del concepto espacio-tabular que éstos manejan.

Partiendo de estos conceptos básicos, se empiezan a tener en cuenta los conceptos espaciales que han facilitado el desarrollo de esta tecnología, la cual ha ido evolucionando de manera paralela a las ciencias informáticas, desarrollando múltiples aplicaciones (Gutiérrez y Gould, 1994). De igual manera, en la misma época (mediados de los años sesenta) el Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis de la Universidad de Harvard comienza en 1965 a trabajar en el estudio de los modelos de datos geográficos a utilizar en los SIG con el objetivo inicial de utilizar los computadores para generar gráficos con aplicación en la planificación territorial desarrollando el *software* SYMAP.

Países como Canadá se enfrentaron con el problema del procesamiento de los mapas que poseían para calcular la cantidad de recursos naturales sin utilizar que poseían, y generar tablas con la cantidad de tierra disponible para diferentes tipos de desarrollos y usos. La medición de áreas desde mapas consume una gran cantidad de tiempo y son muy inexactas



cuando son realizadas a mano. En cambio, si estos mapas pudiesen digitalizarse, a través de algoritmos simples todas estas tareas podrían realizarse con mayor exactitud y en un tiempo mucho menor.

Para la década de los 80's, los SIG comerciales comenzaron a aparecer ofreciendo una gran cantidad de funciones que resultaban complejas, inexactas y que requerían gran cantidad de tiempo cuando eran ejecutadas a mano por personas. Entre otras opciones incluían la medición de distancias y áreas, transformación de los datos en distintos formatos, análisis estadísticos simples como por ejemplo el cálculo de la media y desviación estándar. A partir de los años ochenta, el desarrollo de los SIG ha tenido un crecimiento exponencial y definitivo que ha sido posible gracias al desarrollo de los computadores y los sistemas de programación. Las empresas privadas tomaron el relevo de las entidades públicas, que en los primeros años financiaron el desarrollo de los SIG. Hoy en día, cada vez son más los programas ofertados que se encuentran en el mercado, algunos de ellos libres. Todos estos desarrollos que se mejoran con el avance de la tecnología permiten la creación de software para implementación de los SIG.

En 1981, se lanza al mercado de manera oficial ArcInfo como el primer sistema de software comercial de SIG importante. Diseñado para microcomputadores, basado en vector y en el modelo de datos relacional de bases de datos, fijó un nuevo estándar para la industria. A partir de allí se comienzan a desarrollar programas como IDRISI, ERDAS, los cuales formalizan la potencialidad del software Raster. En 1985, los ingleses presentaron un modelo orientado a objetos en el cual se consideraba el paisaje tal como era realmente, es decir, todo se conforma en partes y las partes se integran para formar objetos.

Toda vez que gran parte de los avances que se han alcanzado en esta disciplina corresponden a científicos norteamericanos, hay que señalar que uno de los hitos más

importantes fue la creación del Centro Nacional para la Información y Análisis Geográfico (NCGIA) por parte de la Fundación Nacional De ciencias de Estados Unidos en 1988; su finalidad era desarrollar investigación básica sobre el análisis geográfico utilizando SIG (Bosque, 1992).

Los SIG incluían avanzadas capacidades para desplegar los datos, incluyendo el mapeo de estos y la visualización de varios tipos de datos. Una de las primeras implementaciones fue en la arqueología, pero en las ciencias políticas, ciencias sociales, criminología, manejo en situaciones de emergencia y epidemiología también tuvo grandes aplicaciones. También se podría decir que los primeros intentos de desarrollar un SIG se pueden atribuir a los egipcios, quienes utilizaron cuerdas para delimitar terrenos adyacentes al río Nilo, para luego repartirlos entre los agricultores y así garantizar el sostenimiento de su economía

Esta expansión de los SIG fue facilitada por la comercialización simultánea de un gran número de herramientas de dibujo y diseño para el computador (CAD), así como la generalización en el uso de los computadores y la consolidación de las bases de datos relacionales.

Pronto los SIG se comienzan a utilizar en cualquier área en la cual se necesite la combinación de planos cartográficos y bases de datos, como por ejemplo en diseño de carreteras, presas y embalses, estudios medioambientales, socioeconómicos y demográficos, estudios geológicos y geofísicos, prospección y explotación de minas entre otros.

En cuanto a la evolución de tecnologías en las que se basan los SIG es una clave para entender todo lo relacionado con ellos, especialmente su evolución en el transcurso del tiempo.

Tres son los bloques principales del desarrollo informático con una influencia más marcada en el campo de los Sistemas de Información Geográfica: Aunque los primeros

ordenadores y las primeras impresoras de mapas carecían de dichas capacidades, éstas han evolucionado y van incorporando mejoras tanto en la representación en pantalla como en la generación de cartografía impresa.

Desde el inicio, el almacenamiento y acceso de datos ha sido un problema clave en el cual se han producido grandes avances. Por una parte, los problemas asociados a los grandes volúmenes de información y, por otra, los relacionados con su lectura, que ha de realizarse de forma fluida pese a dicho volumen. Así se da una evolución paralela, es decir, a medida que aumentan las capacidades de almacenamiento y lectura, aumenta el tamaño de los datos espaciales.

La entrada de los datos geográficos utilizados en los primeros años de los SIG eran datos en papel que se digitalizaban y almacenaban mecánicamente en tarjetas perforadas en un único proceso mecánico. Desde esos sistemas mecánicos de tarjetas hasta los modernos equipos, la aparición de escáneres de gran precisión y técnicas de digitalización automáticas, entre otros, el ámbito de la entrada de datos para su uso en un SIG ha cambiado completamente.

Además del avance de estos factores, la evolución general de los computadores afecta a todos los elementos de software que se ejecutan en ellos. De los grandes computadores se pasa a los computadores personales; siendo los datos son el elemento principal del trabajo en un SIG; sin ellos, sería inútil su creación. Los primeros datos geográficos con los que se trabajaba provenían de la digitalización de cartografía impresa. Una vez se implementan los primeros SIG y se suplen las necesidades de análisis y gestión de datos espaciales, comienza el proceso de desarrollar nuevas técnicas y planteamientos que permiten ir más allá en dicho análisis. Por ejemplo, McHarg, en su libro *Design with nature* (1969), define los elementos básicos de la superposición y combinación de mapas, los cuales se aplican en la visualización

de las distintas capas de datos geográficos en un SIG. Aunque el proceso de combinación de diversos mapas temáticos ya se había llevado a cabo con anterioridad, es McHarg el encargado de generalizarlas como metodologías de estudio y análisis geográfico, a la vez que tiene un fuerte componente medioambiental como herramienta para una mejor gestión del medio.

Otro ejemplo de la evolución de las técnicas y formulaciones es la geoestadística, una rama de la estadística que aparece de la mano del francés Georges Matheron a principios de los años sesenta. Las formulaciones geoestadísticas, hoy parte característica de los SIG, son desarrolladas en esa época desde el punto de vista teórico; actualmente son de gran valor práctico si se realizan con la ayuda de computadores que procesen los grandes volúmenes de datos.

Otro hecho importante es la aparición de los primeros programas de diseño asistido por computador (CAD), pensados en principio para el diseño industrial. Actualmente, los SIG incorporan capacidades similares a los sistemas CAD, que permiten tanto la digitalización de cartografía como la creación de nuevos elementos geográficos.

Los SIG corresponden a uno de los tipos de sistemas que en nuestros días cuenta con mayor éxito y difusión como apoyo a actividades tanto gubernamentales como de organizaciones privadas. Este crecimiento de su uso en diversas áreas se debe principalmente al avance tecnológico y a la facilidad de acceso al software y hardware que permite a los usuarios finales de estas aplicaciones utilizar y apoyar sus decisiones en información geográfica específica. Los servicios Web de geolocalización, los sistemas de posicionamiento global (GPS), y las consultas de tráfico vehicular, son algunos ejemplos de la penetración que los sistemas de información geográfica han tenido tanto en aplicaciones y software durante los últimos años.

Las tecnologías utilizadas para implementar SIG, ofrecen la oportunidad para almacenar, editar, visualizar y ejecutar consultas geográficas sobre grandes volúmenes de datos geográficos. Esto permite extraer información, y buscar e identificar patrones, integrando variables temporales y de localización. Partiendo de estas ventajas, lo que se busca mediante el desarrollo de esta memoria es la implementación de un Sistema de Información Geográfica Web, el cual combinando información proveniente de diferentes sensores, entregue a los usuarios la posibilidad de poder visualizar y manipular información geográfica proveniente de distintas fuentes.

La principal fuente de información para esta aplicación es la información geográfica generada por un modelo matemático predictivo de deslizamiento de terreno.

La demanda por estos sistemas sigue creciendo, tanto para fines privados y públicos. El poder automatizar ciertas tareas rutinarias (por ejemplo medición de áreas, transformación de datos, etc.) reduciendo tiempos y eliminando los errores que conlleva hacerlo manualmente, han impulsado al desarrollo de este tipo de sistemas en todo tipo de organizaciones. Las entidades públicas han implementado este componente de los SIG en la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartografía. Dichos planos son puestos a disposición de las empresas a las que puedan resultar de utilidad estos productos con la condición de que estas entidades se encargan posteriormente de proveer versiones actualizadas de manera periódica.

La ciudad es una de las grandes creaciones humanas y es indudable que no es un acontecimiento reciente; cada época histórica, a partir del neolítico, tuvo sus hechos urbanos que hasta hoy la representan. Sin embargo en el siglo XIX se produce una transformación muy grande del hábitat, razón por la cual el crecimiento de la ciudad adquiere una dimensión hasta entonces jamás vista, extraordinaria y espectacular, que fue definida como "fenómeno

urbano"; entendido éste como un hecho físico o como un paisaje reflejo del entorno cultural y social en estrecha relación con los usos y las funciones para las que se crean o utilizan. La atenta lectura de un paisaje urbano permite ir más allá de la simple descripción formal, aunque para ello haya que recurrir a otras disciplinas interesadas por su estudio. Por esta vía se descubre desde la Geografía los significados y simbolismos de la ciudad en constante cambio y de sus diferentes elementos, así como las cambiantes interpretaciones a las que están sometidos los mismos, según las características diferenciales de las personas que viven o visitan la ciudad. (Centro de Geociencias Aplicadas Facultad de Humanidades-Facultad de Ingeniería, 2014)

El argumento original del proceso de dispersión y difusión urbana tienen su origen en la búsqueda de mejores condiciones ambientales, calidad de vida, y precios del suelo más reducidos. Entonces, el modelo de crecimiento discontinuo y disperso no es, en general, el resultado de un plan que haya tenido en cuenta la disposición de las infraestructuras de transporte y la de los núcleos urbanizados, ni tampoco de un plan que haya dejado sin urbanizar los terrenos menos aptos o peor situados.--- (Troncoso, 2007 ) Es básicamente un modelo espontáneo que se apoya en gran medida de la infraestructura existente, en el que la gestión inmobiliaria y la actuación personal de los distintos agentes resultan decisivas.

Términos importantes para tener en cuenta al hablar de expansión urbana son lo concerniente a los descriptores urbanos los cuales son parámetros o variables que reflejan cuantitativamente una determinada realidad urbana sea física, económica o social. -- (Palenzuela) Sus valores permiten “describir” la realidad en estudio, pudiéndolo hacer bajo ciertos criterios intencionales, por ejemplo: representación gráfica de las aceras de más de 2 metros de ancho.--- (Palenzuela) Estos parámetros son muy adecuados para establecer estándares urbanos que permitan luego dibujar el perfil de calidad urbana de una determinada ciudad. Descriptores de habitabilidad y calidad de vida pueden establecerse en el sentido

antes señalado. Otro concepto importante es el de indicador urbano donde explica el carácter social del mismo y del sistema estadístico que implica. Esto tiene traducciones prácticas muy significativas, que van desde la definición de los objetivos de un sistema de indicadores hasta los procedimientos de construcción de este aparato estadístico y que hacen de los indicadores urbanos, entre ellos los ambientales, un genuino producto estadístico social-- (Palenzuela) . Un índice urbano posee las mismas características que el indicador pero su carácter social es aún más acentuado, dada la aleatoriedad que rodea todo proceso de ponderación. El beneficio obtenido se traduce en una mayor síntesis de la información relevante y una mayor eficacia como input en la toma de decisiones.--- (Palenzuela)

Los sistemas de información geográfica al presentarse como una herramienta que brinda resultados para la toma de decisiones permite tanto al usuario como a la población entender de una manera holística el comportamiento de ciertos fenómenos; uno de ellos y que está tomado un auge bastante notorio, es el de expansión urbana; que en la actualidad se podría decir que es uno de los tantos problemas que aqueja a la mayoría de todas las ciudades del mundo ya sean estas ciudades grandes, pequeñas o en su defeco pertenezcan a países desarrollados o no desarrollados. --Este fenómeno generalmente se conforma por dos variables; una se relaciona con la baja densidad con respecto al centro urbano consolidado y planificado; la otra hace referencia a un diseño casual e informal, donde predominan la yuxtaposición de usos. (Centro de Geociencias Aplicadas Facultad de Humanidades-Facultad de Ingeniería, 2014)

En otras palabras, podemos decir que es producto de un limitado planeamiento en cuanto a usos y ocupación del suelo, reglas de mercado, políticas impositivas poco justas y la superposición de injerencias en estructuras gubernamentales. Además, el mencionado fenómeno puede parecer que tendría un impacto relativo, fácil y económicamente solucionable, aunque en verdad implica altos costos asociados. Uno de ellos se relaciona con



los elevados montos que implica llevar servicios a áreas de expansión no planificadas, situación que se torna menos significativa si se la plantea dentro de áreas que si cuentan con esta alternativa. Sin embargo, un tema que se destaca por sobre los otros, es el impacto que genera el crecimiento urbano sobre espacios verdes, tierras de valor ambiental y agrícola, principalmente cuando los centros urbanos se ubican en lugares topográficos poco recomendables, de alto riesgo natural, como llanuras de inundación. Por ello, en el mismo se pretende encontrar y analizar posibles patrones que expliquen el fenómeno urbano de los últimos tiempos.

En la actualidad, los procesos de expansión urbana caracterizados por el modelo por gradiente coexisten con las nuevas tendencias de dispersión, cuyas repercusiones en el periurbano y rural no son consideradas en las normativas. Esto dificulta ordenar el crecimiento de las ciudades, minimizando la afectación a la dinámica natural del territorios en sus diferentes escalas, y aprovechando sus potencialidades, tanto en términos económico productivos, como socioculturales. (Facultad de Arquitectura y Urbanismo). La definición de la ciudad y la determinación del límite de lo urbano son conceptos que se deben tener claros en su amplitud ya que son escenarios donde se van a desarrollar todo tipo de cambios, -- en ocasiones, de la existencia de un continuo rural-urbano, han sido cuestiones ampliamente debatidas por investigadores y por los organismos oficiales de estadísticas y que ha tenido muy diversas soluciones. (Troncoso, 2007 ).

San Juan de Pasto ha tenido una dinámica espacial que ha influenciado claramente en la distribución de su expansión, las principales características y los diferentes patrones de crecimiento socioespacial de la ciudad. “A partir de la segunda mitad del siglo XX, en especial, hacia la década de los 80's, la ciudad se consolida como tal, pues tuvo un crecimiento urbano importante. Se presentan la aparición de nuevos actores urbanos que modifican sustancialmente la ciudad.” ( Cerón Solarte & Ramos, 1.997)

Pasto presenta una forma irregular (ver Mapa 1). Es demarcada al nororiente por el cauce del río Pasto; aspecto geográfico que se constituyó en obstáculo a su crecimiento urbano hasta mediados de los 50's; en el momento esta barrera de tipo natural ha sido rebasada, se han consolidado nuevos barrios y el crecimiento urbano espacial se orienta hacia el sector de Aranda, norte de la ciudad. ( Cerón Solarte & Ramos, 1.997)

Tradicionalmente las normas han expresado la preocupación de contener el crecimiento por extensión, pretendiendo a través de la zonificación definir límites, en primer medida, promoviendo la densificación de las áreas urbana, el completamiento de tejido y la renovación de sectores subutilizados, con actividades en retroceso o degradados en su condición urbana. Así, la técnica de zonificación dio respuesta a estrategias que remiten al modelo de ciudad compacta, y se circunscribe al control del territorio urbano; porque lo ideal es que ciudad se rija bajo unos estándares expuestos y previamente estudiados en el plan de ordenamiento territorial; pues es ahí donde se puede estudiar el actual modelo en el cual la ciudad se está moviendo como también el tendencial para ver donde va.

Existen muchos temores en torno a explorar las posibilidades generadas por la expansión urbana. Las razones que dan origen a esos temores tienen un amplio rango. Por un lado existe el temor de la pérdida de suelo con vocación agrícola y su impacto en la seguridad alimentaria, por otro está el impacto del crecimiento urbano en la sostenibilidad del planeta, así mismo se habla de los impactos frente a la movilidad de los habitantes de las ciudades, así como también las cargas adicionales que se generan en las finanzas municipales. Si bien estas razones son entendibles, en muchos casos mantienen las posibilidades de la expansión urbana en la oscuridad y impiden que se exploren de manera suficiente, clara y directa. Se considera que la mejor manera de encarar esos temores y confrontar la continua expansión urbana es producir y presentar información empírica sólida sobre la dimensión de la expansión urbana real y sus atributos clave, en ciudades alrededor del mundo y en largos

períodos de tiempo. Esa información que busca analizar el fenómeno de expansión, se puede demostrar la extensión, la forma y el contexto de la expansión urbana global, tanto en el pasado distante como en el reciente y sugerir como y cuanto es probable que se crezca en el futuro.

En los territorios latinoamericanos coexisten simultáneamente las tradicionales y las nuevas tendencias de urbanización en el espacio periurbano y el rural (periurbanización, rururbanización, contraurbanización).

Dichos procesos de expansión son resultado tanto de intereses de sectores de la sociedad como de las políticas territoriales, que por acción y/u omisión, ha emprendido el Estado. En muchos casos estos procesos están asociados a procesos de segregación social y fragmentación espacial como se verifica en la RMBA y de modo incipiente en algunos centros urbanos del interior provincial. (Rocca, Plot, Lancioni, Rios, Sfich, & De la Fuente)

Dematteis 1998 expresa que el ciclo del crecimiento de un asentamiento poblacional presenta en orden los siguientes estadios de urbanización: suburbanización, desurbanización y reurbanización correspondiendo a los dos últimos el proceso simultáneo de expansión y dispersión, fases en que se invierte el sentido de los flujos migratorios: antes del campo a la ciudad, ahora de la ciudad al campo.

Si bien en todos los casos la ciudad central -o el centro de la ciudad, según la escala de análisis- sigue teniendo efectos decisivos sobre sus áreas periurbanas, pueden existir fuerzas de interacción más importantes con el contexto regional o global, motivadas entre otras causas, por la pertenencia a cuencas de empleo de otros centros, o por el desarrollo de actividades vinculadas al turismo nacional o internacional, o a servicios especializados demandados por la producción primaria y secundaria; A ello han contribuido las innovaciones tecnológicas (particularmente telefonía celular móvil, Internet, medios de

transporte rápidos) y organizacionales (nuevas formas de relaciones sociales, laborales o comerciales) que favorecieron la diseminación de actividades económicas promoviendo nuevos patrones de organización y distribución de las ciudades. Surgen así nuevas relaciones dentro de la ciudad, en la ciudad y su entorno, y entre las ciudades con la región.

En ese marco, los procesos de urbanización recientes dan cuenta de tendencias de “contraurbanización” y de desarrollo de áreas periurbanas de urbanización dispersa. Castells describe las áreas periurbanas como ámbitos donde “se diluyen las distinciones tradicionales entre campo y ciudad, y la ciudad y la periferia” (Rocca, Plot, Lancioni, Rios , Sfich, & De la Fuente) “...Incluyen en discontinuidad espacial, zonas construidas de diversa densidad, espacios abiertos, actividades agrícolas, reservas naturales, extensiones residenciales, y concentraciones de servicios y actividades industriales, repartidas a lo largo de ejes de transporte constituidos por autopistas y sistemas de transporte público.

Esta nueva tendencia de urbanización, de naturaleza difusa hace referencia a la ausencia de límites físicos y socioeconómicos. En ella, los efectos combinados de expansión y dispersión dan lugar a áreas intermedias donde se mantienen rasgos del espacio rural pero donde se asienta población que no depende económica ni socialmente del campo. Estos ámbitos (periurbano y rururbano) en los cuales se producen cambios morfológicos y demográficos más rápidos y profundos de todo el espacio urbano, tienen rasgos específicos y pueden estar situados más allá del área urbana entre 19 y 50 km de distancia, dependiendo del tamaño de las ciudades o de las facilidades de comunicación y la intensidad de los intercambios. (Rocca, Plot, Lancioni, Rios , Sfich, & De la Fuente) Tienen particularidades específicas en contextos latinoamericanos donde conviven estos mismos componentes con asentamientos poblacionales de extrema pobreza, caseríos en torno a algún establecimiento industrial abandonado o una estación de trenes sin servicio ferroviario “olvidada” en el área

rural; viviendas unifamiliares (residencial primaria o secundaria) y clubes de campo junto a desarmaderos, criaderos de aves o de chanchos y suelos decapitados.

Históricamente las políticas han dado respuesta sectorialmente a problemas urbanos de déficit habitacional, localización de industrias, infraestructuras y servicios de transporte, educación, recreación, etc., y en menor medida a tratar de resolver los problemas más básicos del crecimiento suburbano y de las relaciones entre las regiones metropolitanas y las ciudades centrales.

(Rocca, Plot, Lancioni, Rios , Sfich, & De la Fuente) también, trataron -separadamente al principio- los problemas de la pobreza y de los desequilibrios territoriales, como componentes específicos del problema más extenso y complejo del tratamiento de la economía, cuestiones a las que se agregó más recientemente la incidencia de políticas impositivas, tarifas, transporte, inversiones en infraestructuras y, por supuesto, las repercusiones del contexto global.

Producto de la metodología que se aplicara en el estudio de la Expansión Urbana de la ciudad de San Juan de Pasto será que tipo de fenómenos estan involucrados para dar la actual distribución urbana en la misma aplicada con imágenes de satélite y SIG, se obtendrán mapas con las coberturas de suelo de distintos periodos esto con el fin de afianzar el análisis de expansión y representarían la base para el análisis de cambios ocurridos por efecto del crecimiento urbano.

En este trabajo, a partir de imágenes Landsat ETM y ortofotografías aéreas, se combina una clasificación multiespectral y por texturas para analizar el crecimiento urbano de una zona caracterizada por una importante expansión, intentando caracterizar el tipo de unidades urbanas básicas predominantes: los núcleos urbanos densos y establecidos, las urbanizaciones residenciales y las áreas industriales. Partiendo de esta clasificación, se

estudiara además diversos índices del paisaje relativos al tamaño, la forma y la fragmentación de las distintas unidades urbanas definidas con objeto de añadir información estructural que sirva para completar un análisis objetivo sobre la evolución de estas zonas. Los resultados indicaran un nivel satisfactorio en la identificación de núcleos urbanos, la conveniencia de incluir el análisis de texturas para la identificación de urbanizaciones residenciales, y las limitaciones existentes para la correcta delimitación de zonas industriales. Por último, se proponen y describen varios índices estructurales para la interpretación objetiva de unidades urbanas referidas a la zona de estudio. Palabras clave: Evolución urbana, clasificación multispectral, texturas y estructuras de paisaje.

En los últimos años estamos enfrentando a una serie de cambios espaciales asociados al espectacular crecimiento urbanístico al que se está sometiendo buena parte de nuestro territorio. Este dinamismo del paisaje agudiza la necesidad de disponer de información cuantitativa y georreferenciada actualizada para poder enfrentarse a la ordenación del territorio fundamentada en criterios sólidos. Las imágenes de satélite de resolución media podrían suponer una fuente de información que permitiría una actualización de los espacios urbanizados de forma rápida, eficiente y asumible económicamente.

La Clasificación Multispectral a partir de dos imágenes multispectrales del sensor TM de Landsat, adquiridos diferentes periodos se ha iniciado un proceso de trabajo encaminado a clasificar espectralmente los diversos tipos de cubiertas que generan dispares respuestas espectrales. Las clases que se han considerado en esta clasificación, a partir de un análisis previo de las imágenes multispectrales y de las ortofotografías de la zona.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

El Municipio de Pasto se ubica al sur oriente del Departamento de Nariño. Limita al Norte con los municipios de La Florida, Chachagüi y Buesaco, por el Sur con el Departamento del Putumayo y el municipio de Funes, por el Oriente con los municipios Tangua, Consaca y la Florida.

**Figura 32 Localización de la Ciudad de Pasto**



**Fuente: Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua de Pasto**

La ciudad se encuentra a 2.534 m.s.n.m y su temperatura media es de 14°. La distancia del municipio a la capital es de 798 km. El municipio se divide en área urbana con 12 comunas y zona rural compuesta por 17 corregimientos.



**Figura 33** División político administrativa Municipio de Pasto



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial Pasto 2014-2027

**Figura 34** División de Comunas Municipio de Pasto



**Fuente:** Plan de Ordenamiento Territorial Pasto 2014-2027

Para el análisis multitemporal que se está planteando es este estudio va orientado a realizar una clasificación supervisada con el fin de poder caracterizar la zona, a partir de imágenes satelitales Landsat en fechas representativas para ser analizadas; los años que se han elegido son estimativos bajo los siguientes criterios:

- Conseguir un rango temporal de aproximadamente 20 años para hacer un estudio de evolución de coberturas y usos de suelo.

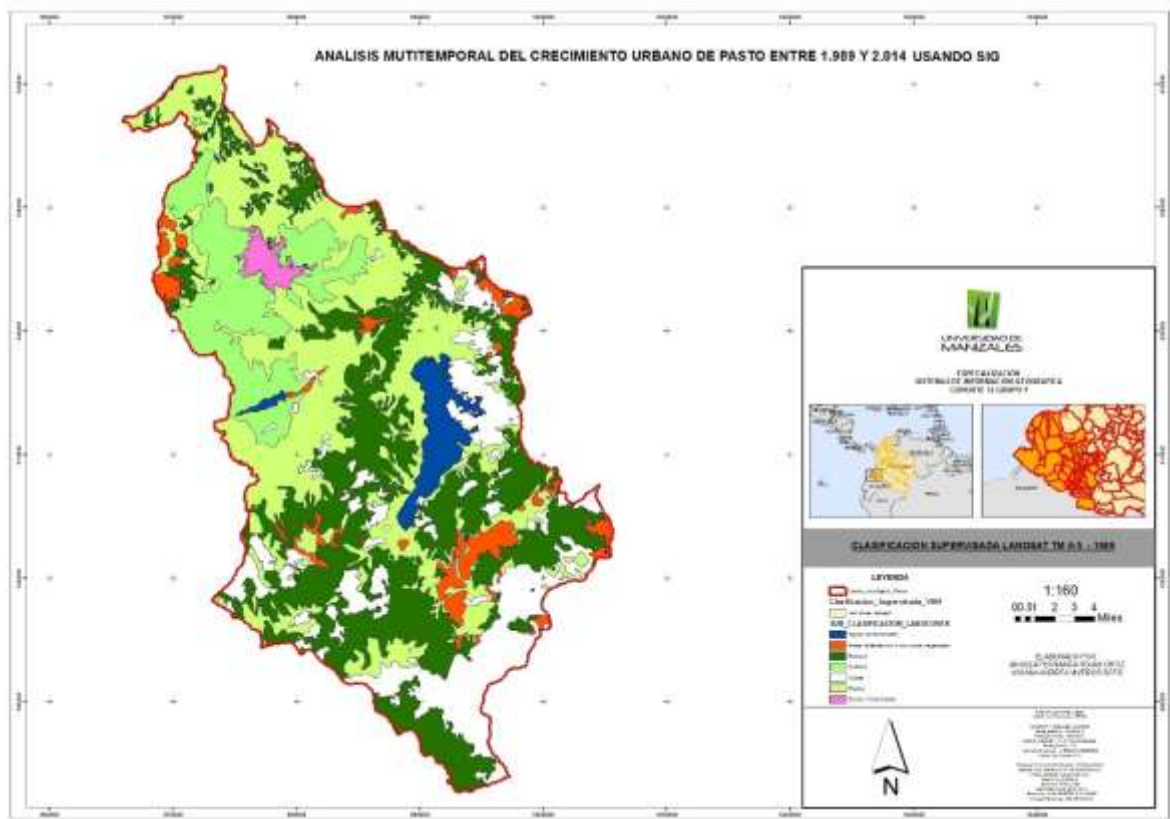
- El estudio va orientado a la parte netamente urbana; nos referimos al casco urbano del municipio de San Juan de Pasto, pero cabe anotar que las respectivas clasificaciones que se le aplicaron fueron en la totalidad del municipio esto con el fin de ver patrones que posiblemente están influenciando en la expansión de la ciudad.
- Con base a la disponibilidad de imágenes y presencia de coberturas nubosas en las mismas se escogieron las imágenes de 1989, 1999 y 2014 procurando así tener las imágenes más recientes esto con el fin de poder generar un mapa de coberturas y usos de suelo lo más actualizado posible.
- Tener como principal referencia la cartografía 1:100.000 del IGAC para certificar las partes donde la visibilidad de las imágenes no sea tan clara ya sea por cobertura nubosa, resolución o escala para poder así hacer la respectiva adaptación del método CORINE LAND COVER.

Se realizó una previa depuración donde se reestructuró las clases que no se pueden ser interpretadas en la clasificación con Landsat generando una nueva categorización de Usos y Coberturas, como se indicó en el numeral 4.2.1.4 Clasificación Supervisada

UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

## 6.1.1 CLASIFICACIONES SUPERVISADAS

**Figura 35** Mapa Clasificación 1989



Fuente: Este estudio

De la Clasificación de 1989 se obtuvo como resultado el siguiente análisis:

**Tabla 8** Superficies de la Clasificación Imagen Landsat 1989

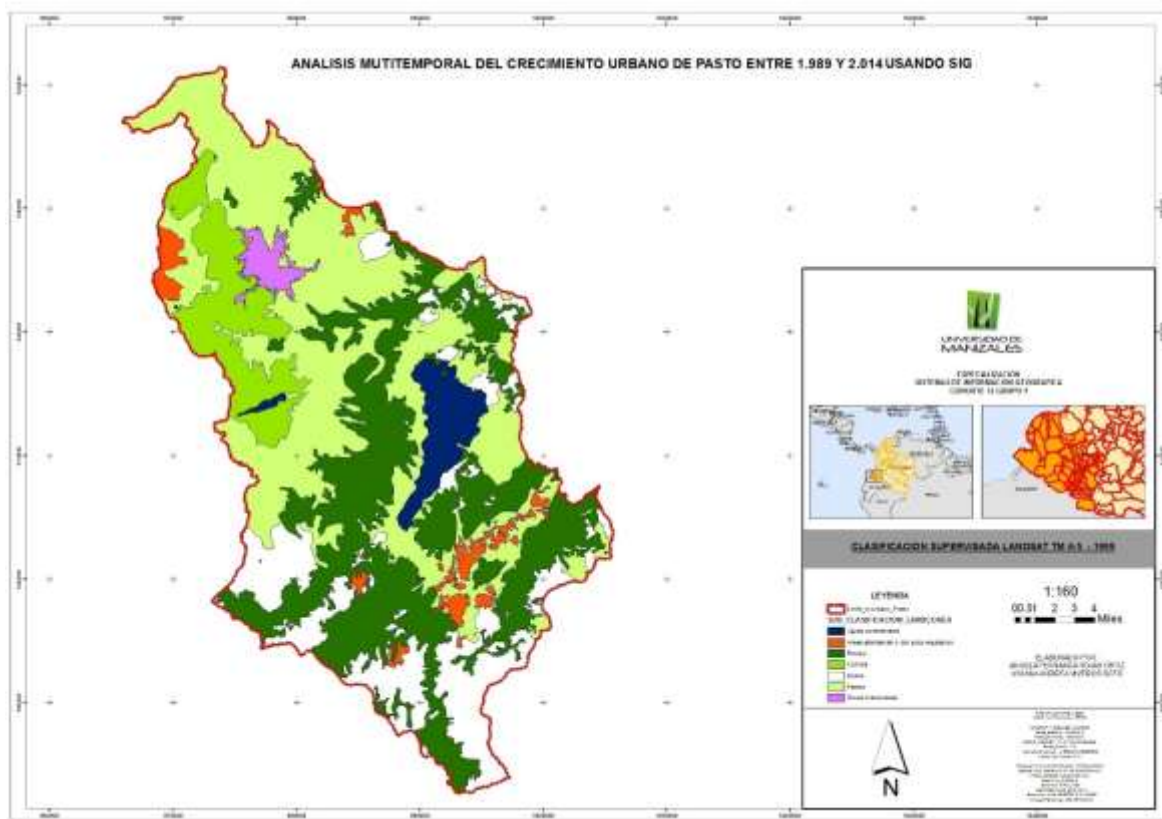
CLASIFICACION 1989	AREAS_HAS	% OCUPACION
Bosque	34265.71458	31.28420683
Áreas abiertas sin o con poca vegetación	5230.332747	4.77523418
Nubes	17446.0979	15.92808853
Aguas continentales	3682.126354	3.361739391
Cultivos	12447.03239	11.3639987
Pastos	35169.59799	32.10944209
Zonas Urbanizadas	1289.490669	1.177290283
<b>TOTAL</b>	<b>109530.3926</b>	<b>100</b>

Fuente; Este estudio

Para el año 1989 según la Clasificación realizada, la cobertura correspondiente a los Pastos son los que tienen un mayor cubrimiento en el Municipio de Pasto con una ocupación

del 32%, seguido del área boscosa con un área del 31.28%, sin embargo la Zona Urbanizada solo alcanza el 1.17% de la ocupación dentro del Municipio.

**Figura 36 Clasificación 1999**



Fuente: Este estudio

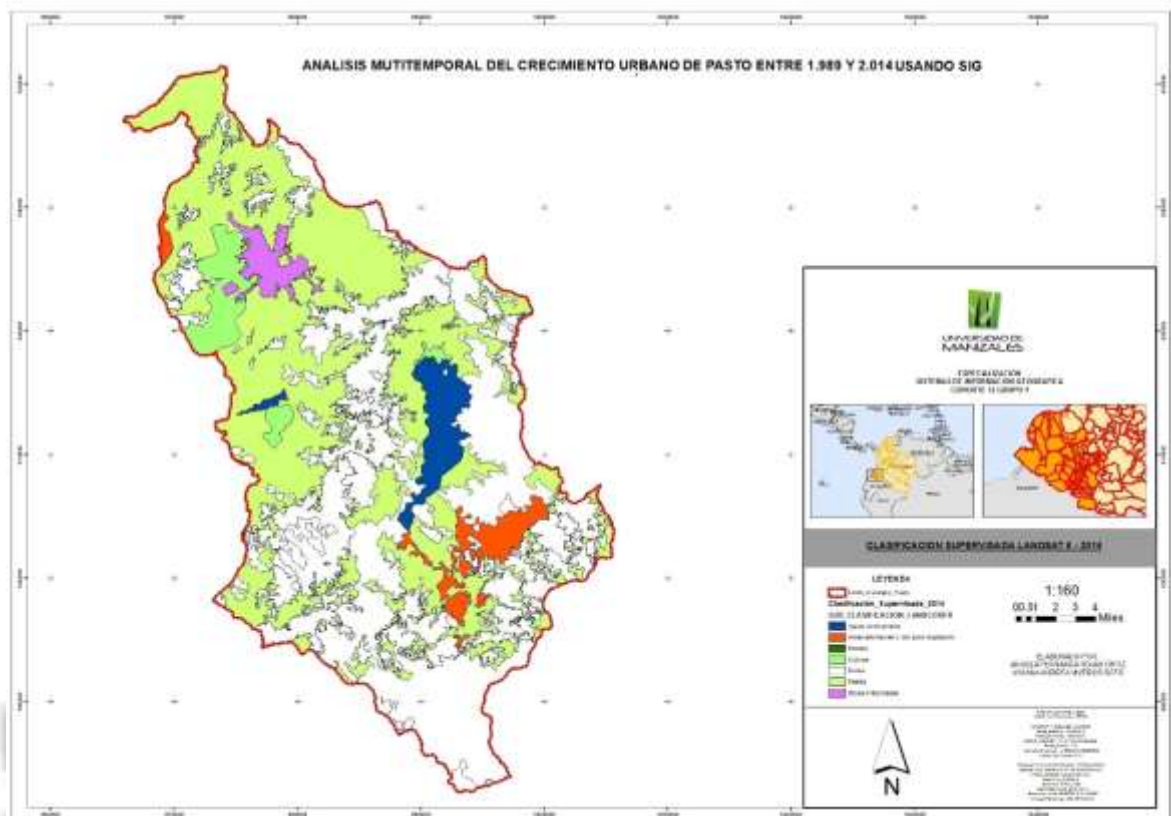
**Tabla 9 Superficies de la Clasificación Imagen Landsat 1999**

CLASIFICACION 1999	AREA_HAS	% OCUPACION
Bosque	33989.16472	31.02475251
Áreas abiertas sin o con poca vegetación	3172.971615	2.896236489
Nubes	16322.79163	14.89917668
Aguas continentales	4297.399894	3.922596194
Cultivos	9674.423051	8.830654808
Pastos	40381.05139	36.85916191
Zonas Urbanizadas	1717.188374	1.567421405
<b>TOTAL</b>	<b>109554.9907</b>	<b>100</b>

Fuente: Este estudio

Para el año 1999 los Pastos aumentaron su ocupación a un 36%, mientras que la zona boscosa disminuye a 31.02, es decir que disminuye un 0.26% y las Zonas Urbanas aumentan a 1.56% es decir que para un periodo de 10 años la ciudad sea expandido o a aumentado en un 0.4%.

**Figura 37** Clasificación de usos de suelo a partir de imagen Satelital Landsat año 2014





**Tabla 10 Superficies de la Clasificación Imagen Landsat 2014**

<b>CASIFICACION 2014</b>	<b>AREAS_HAS</b>	<b>% OCUPACION</b>
Bosques	22720.1181	20.73840756
Áreas abiertas sin o con poca vegetación	3286.323011	2.999680973
Nubes	27004.74393	24.64931666
Aguas continentales	3557.113551	3.246852425
Cultivos	3761.472112	3.433386277
Pastos	47082.10414	42.97547486
Zonas Urbanizadas	2143.87594	1.956881245
<b>TOTAL</b>	<b>109555.7508</b>	<b>100</b>

**Fuente.** Este estudio

Para el año 2014 los pastos han aumentado un 10% con respecto al año inicial de estudio que es 1989, y las zonas de Bosque han disminuido un 11% con respecto al mismo año, mientras que las zonas urbanizadas, han incrementado su ocupación con respecto al año inicial de estudio un 0.7%.

Para el año 2014 la Zonas Urbanizadas representan un total de 2049 has cerca del 2% del total coberturas y usos del Municipio de Pasto.

Las diferencias entre clasificaciones han sido validadas, teniendo en cuenta la explicación principal de la modificación del uso con el paso de los años. De modo que para analizar la evolución de la cobertura y usos del suelo se realiza una comparación seleccionada en la que priman las clases de mayor interés.

**Tabla 11 Comparativa de los cambios de Uso de Suelo entre los años 1989, 1999 y 2014.**

<b>SUPERFICIE EN HAS</b>	<b>1989</b>	<b>1999</b>	<b>2014</b>	<b>DIFERENCIA DE % ENTRE LOS 1989 y 1999</b>	<b>DIFERENCIA DE % ENTRE LOS 1989 y 2014</b>
<b>BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES</b>					
<b>BOSQUES</b>	34265.71 458	33989.16 472	22720.1 181	-0.81%	-33.69%
<b>AREAS ABIERTAS CON O SIN POCA VEGETACION</b>	5230.332 747	3172.971 615	3286.32 301	-39.34%	-37.17%
<b>TOTAL</b>	34265.71 458	33989.16 472	22720.1 181	-0.81%	-33.69%
<b>SUPERFICIES DE AGUA</b>					
<b>Aguas continentales</b>	3682.126 354	4297.399 894	3557.11 355	16.71%	-3.40%
<b>TOTAL</b>	3682.126 354	4297.399 894	3557.11 355	16.71%	-3.40%
<b>TERRITORIOS AGRICOLAS</b>					
<b>CULTIVOS</b>	12447.03 239	9674.423 051	3761.47 211	-22.28%	-69.78%
<b>PASTOS</b>	35169.59 799	40381.05 139	47082.1 041	14.82%	33.87%
<b>TOTAL</b>	47616.63 039	50055.47 444	50843.5 762	5.12%	6.78%
<b>TERRITORIOS ARTIFICIALES</b>					
<b>ZONAS URBANIZADAS</b>	1289.490 669	1717.188 374	2143.87 594	33.17%	66.26%
<b>TOTAL</b>	1289.490 669	1717.188 374	2143.87 594	33.17%	66.26%

**Fuente:** Este estudio

Al realizar la comparación de los tres periodos de estudio se puede determinar que hay una disminución progresiva de los años 1989 a 2014 con respecto a los Bosques, Cultivos y así mismo un aumento progresivo de los Pastos y en las Zonas Urbanizadas. Cabe resaltar que en la Imagen Landsat 2014 hay un porcentaje más alta de Nubes

Realizada la Clasificación del Municipio de Pasto en sus coberturas y usos de suelo, se puede determinar que limitantes pudieron o pueden afectar la expansión urbana, por lo tanto se hace a continuación un análisis de esas limitantes tanto a nivel municipal como en el área de estudio.

**6.1.2 Análisis de limitantes:** A través del mapa de Limitantes se analiza las distintas variables de las amenazas naturales que afectan al municipio y específicamente, a la zona Urbana de Pasto.

Para poder analizar mejor la expansión urbana de la ciudad de Pasto se hace necesario primero analizar a nivel municipal las Limitantes que se presentan, luego analizar en una escala más detallada el área de estudio.

Para poder llegar a un análisis correcto y adecuado se tuvieron en cuenta los siguientes insumos:

- Imágenes Satelitales Landsat
- Imágenes Satelitales de alta resolución (Ortofoto 2012 de la Ciudad de Pasto)
- Modelo Digital del Terreno
- POT 2014-2027.

A través del análisis de las limitantes a escala Municipal lo que se pretende es tener una visión más clara de cómo se comporta el Municipio.

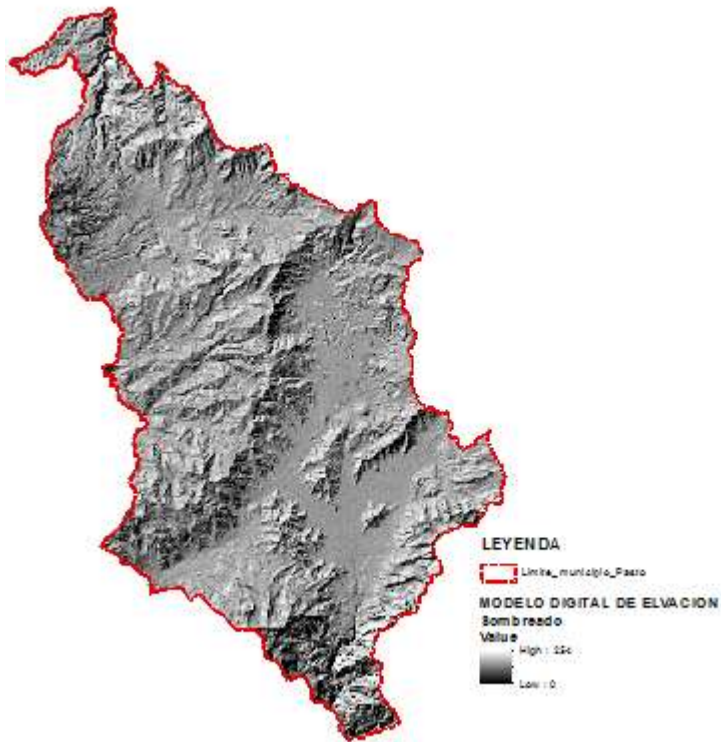
Lo primero a analizar es el DEM (Modelo Digital de Elevación)

- **Modelo Digital del Terreno**

A través del DEM se hace el análisis del Municipio y del área de estudio. Se obtuvo el DEM por medio de las curvas de la Base cartográfica la cual se la descargo de la página que se menciona en el literal 4.1.1, las curvas son cada 100 metros, con base en ellas se generó

en ArcGIS 10.2.2 las curvas cada 5 metros para el área Municipal y para el área de estudio cada 3 metros.

**Figura 38 Modelo Digital de Elevación Municipio de Pasto**

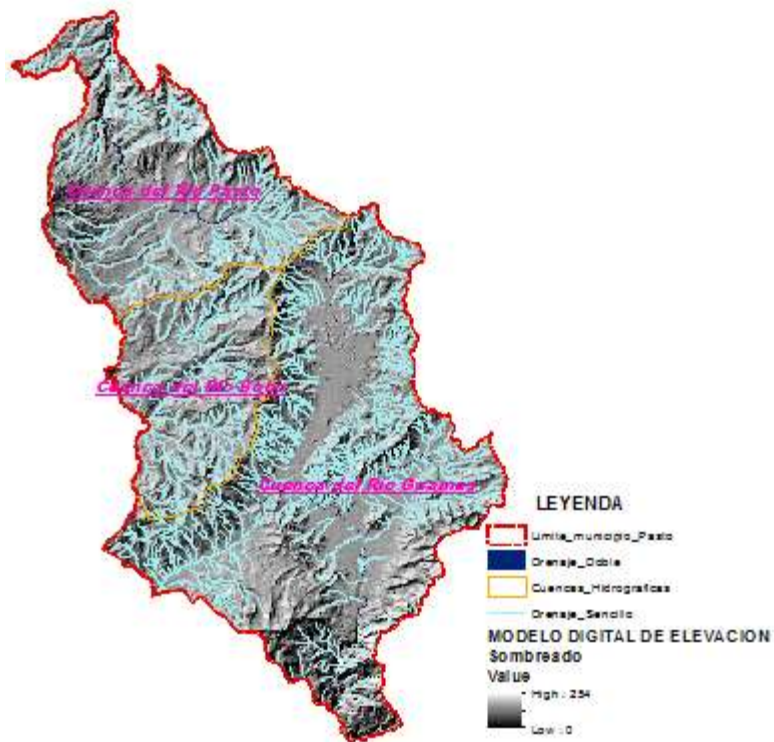


**Fuente: Este estudio**

- **Cuerpos de Agua**

Seguido a la creación del DEM, se identificaron las tres principales cuencas: Río Bobo, Río Guamuez y Río Pasto, además de la Laguna de la Cocha y la laguna de la Coba Negra

**Figura 39** Cuerpos de Agua



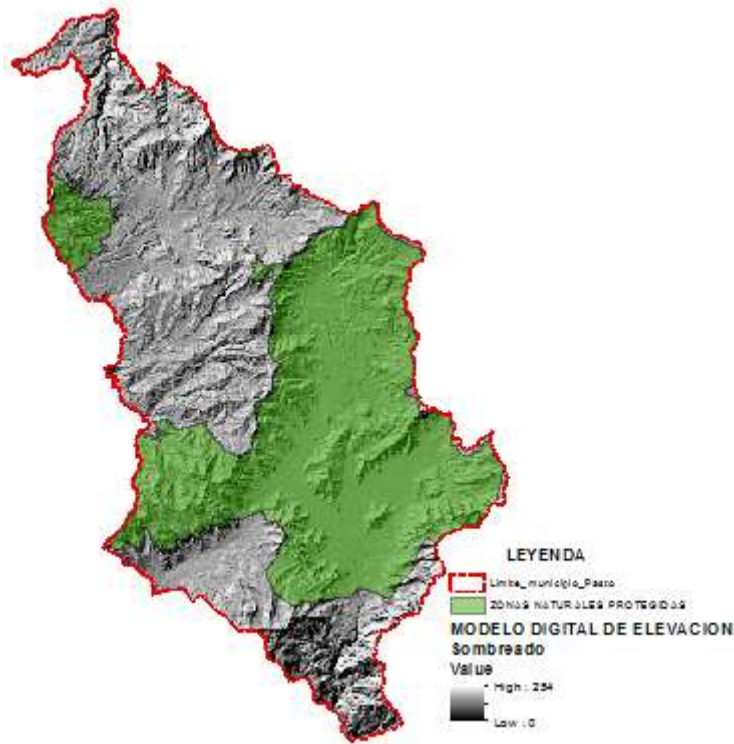
Fuente: Este estudio

- **Zonas naturales protegidas**

En el Municipio de Pasto hay 502 km<sup>2</sup> aproximadamente de Zonas protegidas, las cuales no se pueden considerar como zonas de expansión dentro del Municipio.

UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

**Figura 40 Zonas Naturales Protegidas**



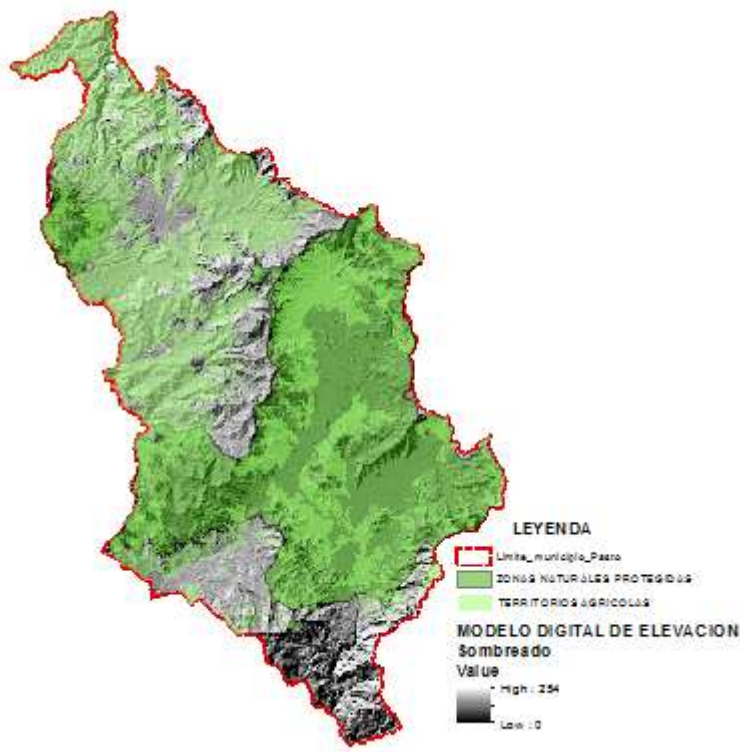
Fuente: Este estudio

- **Territorios Agrícolas**

Junto con las zonas protegidas es necesario unir los Territorios Agrícolas, los cuales fueron identificados en las Imágenes Satelitales (Imágenes Landsat), estos territorios no deben ser considerados en la Expansión Urbana ya que son de fundamental importancia en la subsistencia de la ciudad misma, ya que definir estos sectores como parte de dicha expansión es robarle al Municipio zonas que prestan una función eco sistémica y económica fundamental.



**Figura 41 Territorios Agrícolas y Zonas Naturales de Protección**

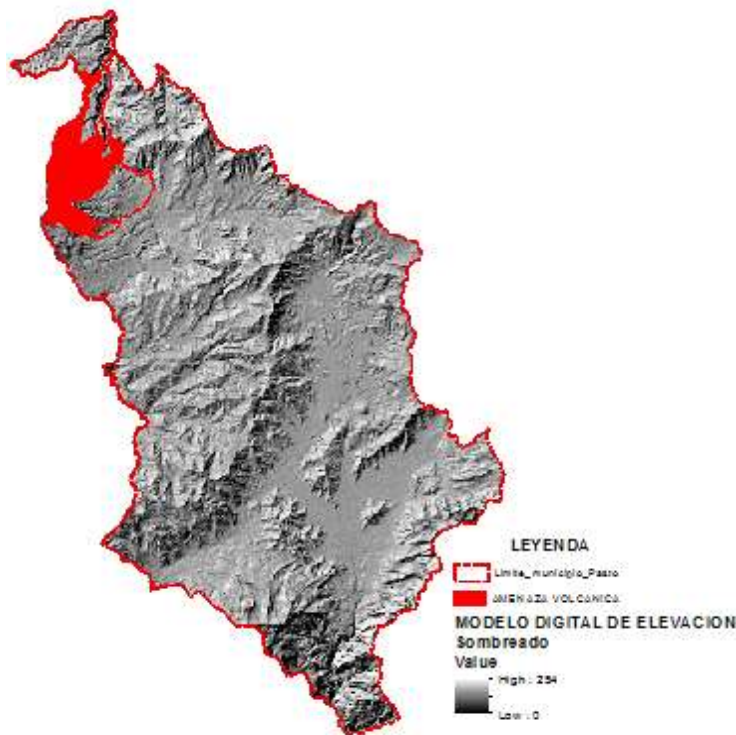


Fuente: Este estudio

- **Amenaza Volcánica**

Otra de las limitantes con las que cuenta el Municipio para la expansión es la amenaza volcánica, amenaza definida por el Servicio Geológico Colombiano. La presencia del Volcán Galeras a 9 kms de la ciudad hace que sea una limitante fuerte para el desarrollo de esta, a que es un volcán activo con erupciones recientes que compromete la seguridad de los habitantes de la ciudad y de municipios aledaños a este.

**Figura 42 Amenaza Volcánica**



**Fuente: Este estudio**

- **Pendientes**

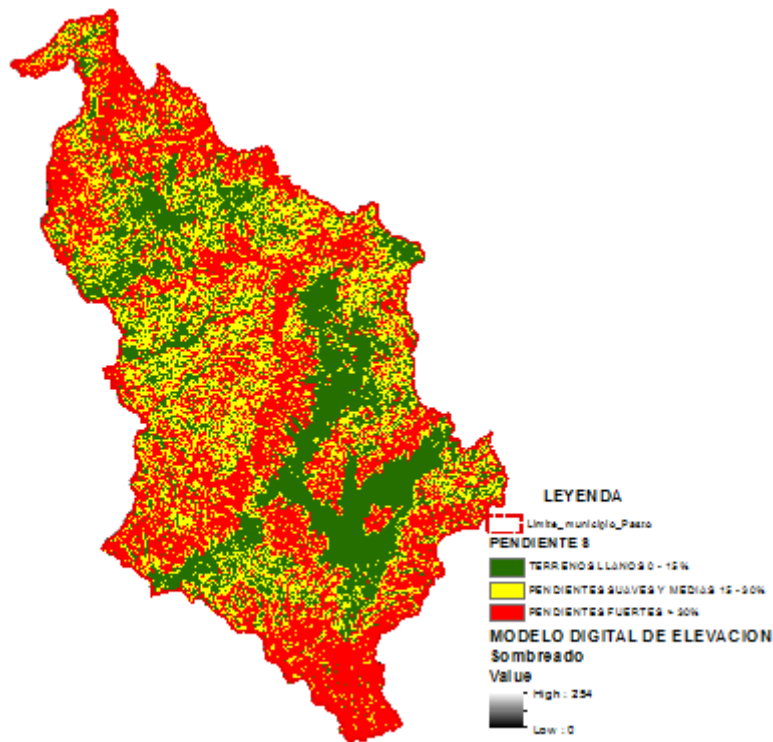
Otro factor limitante de la expansión son las pendientes del terreno, las cuales se obtuvieron mediante la utilización del Modelo Digital de Elevación. Para este análisis se clasificaron las pendientes en 3 rangos, los cuales son:

0 entre 0 y 15% Terrenos Llanos

Entre 15 y 30% Pendientes Suaves y Medias

Y Mayores de 30% Pendientes Fuertes

**Figura 43 Pendientes**



**Fuente:** Este estudio

Una vez identificados los limitantes que ha tenido el Municipio, se puede dividir en 3 categorías el por qué la Expansión Urbana en los 25 años del estudio se ha dado como lo indicara más adelante con el análisis de los perímetros urbanos y de las clasificaciones supervisadas. Estas categorías son:

- Zonas Compatibles para el Desarrollo Urbano: áreas sin amenazas naturales y con pendientes menores a 15%.
- Zonas Condicionadas para el Desarrollo Urbano: áreas sin amenazas naturales y con pendientes medias, entre 15 y 30%
- Zonas Incompatibles para el Desarrollo Urbano: áreas con amenazas naturales o con pendientes fuertes, de más de 30%

**Tabla 12 Zonas Compatibles, Condicionadas e Incompatibles para Crecimiento Urbano**

TERRENOS LLANOS (0 – 15%)	<b>Compatible para el crecimiento urbano</b>
PENDIENTES SUAVES Y MEDIAS (15 – 30%)	<b>Con limitaciones (condicionada) para el crecimiento urbano</b>
PENDIENTES FUERTES (> 30%)	<b>Incompatible para el crecimiento urbano</b>
TERRENOS CON AMENAZAS Y ZONAS PROTEGIDAS	<b>Incompatible para el crecimiento urbano</b>

Fuente: Este estudio

**Figura 44 Zonas Compatibles, Condicionadas e Incompatibles para Crecimiento Urbano**



Fuente: Este estudio

Una vez hecho el análisis de los limitantes a nivel municipal, se hace un análisis de los limitantes en el área de estudio que es la ciudad de San Juan de Pasto.

Para entender la expansión urbana de la ciudad en los 25 años de estudio, se debe tener en cuenta cuales han sido los limitantes que esta ha tenido, estos son:

## LIMITANTES

- Amenaza Volcánica
- Inundaciones
- Rondas Hídricas
- Deslizamientos
- Socavamiento
- 
- Patrimonio Cultural
- Limitaciones por pendiente del terreno

Los limitantes han sido obtenidos del POT, del Servicio Geológico Colombiano y de este Estudio.

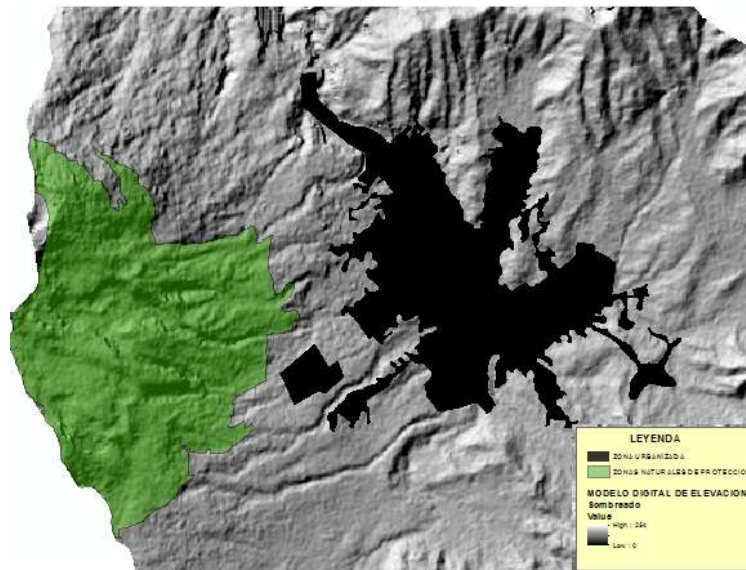
A escala del área de estudio se determinaron también los limitantes

- **Zonas Naturales Protegidas**

El primer limitante a analizar en la zona urbana es las Zonas Naturales Protegidas, el Municipio cuenta con aproximadamente 502 km<sup>2</sup> de estas zonas, las cuales no afectan directamente a la zona urbana, están alejadas de ella, y de su zona de expansión como lo evidencia a imagen 38.

UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

**Figura 45 Zonas Naturales protegidas y zona Urbanizada\_ Zona de estudio**



**Fuente:** Este estudio

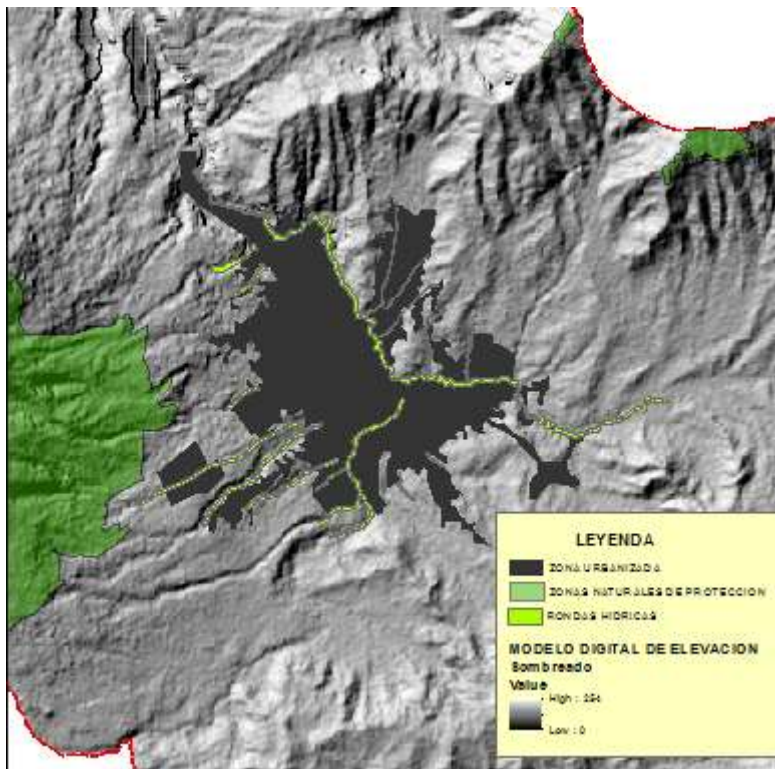
- **Ronda Hídrica**

Otro limitante tener en cuenta son las Rondas Hídricas las cuales son una faja de protección, siguiendo los cursos fluviales, para la ciudad de Pasto se ha presentado un desarrollo de las zonas urbanizadas que se sobrepone con las rondas hídricas, como se puede ver en la imagen siguiente:

UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES



**Figura 46 Ronda Hídrica, Zonas Naturales protegidas y zona Urbanizada\_Zona de estudio**



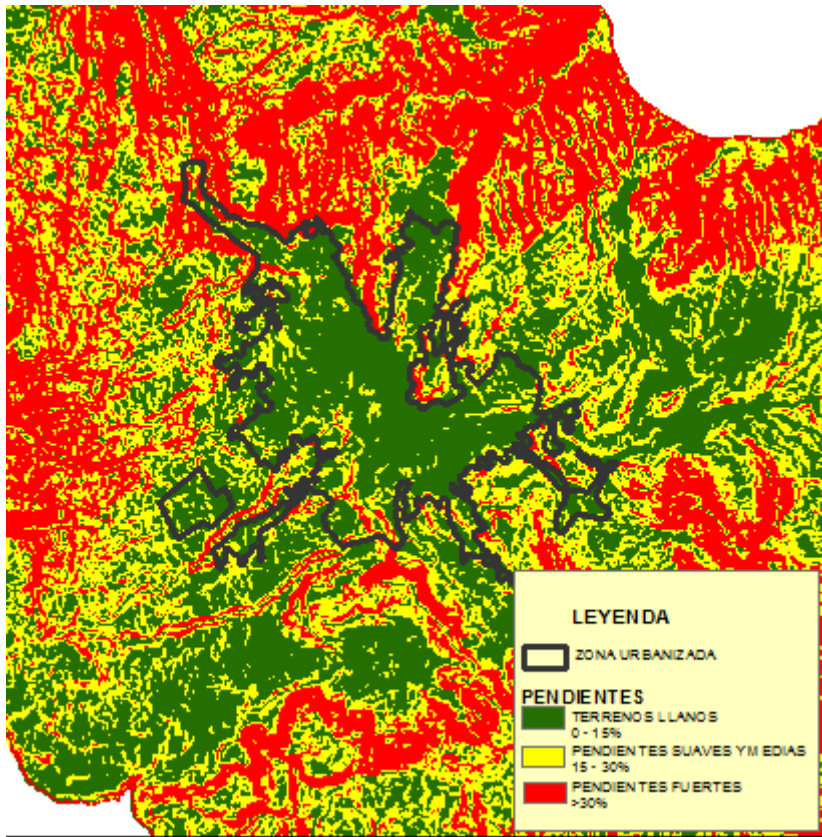
Fuente: Este estudio

- **Pendientes**

Las Zonas con pendientes entre 0 y 15% son consideradas aptas para el desarrollo.

Las que tienen pendientes entre 15% y 30% se incluyen como zonas condicionadas para el desarrollo y las zonas de más de 30% son zonas con limitación absoluta para el desarrollo urbano

**Figura 47 Pendientes\_Zona de estudio**

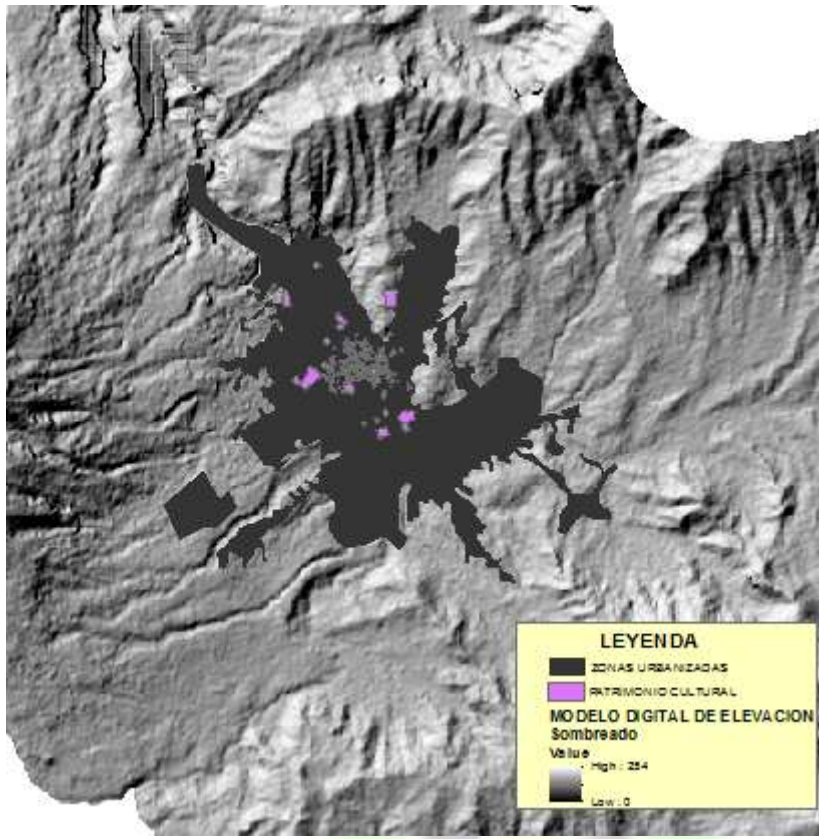


Fuente: Este estudio

- **Patrimonio Cultural**

Una de las limitantes que tiene la ciudad, es el Patrimonio cultural, dentro de la ciudad y más en el centro de ella, se hallan bienes que son considerados de conservación, son aquellas casas o edificios que ya sea por la fachada o por su antigüedad no pueden ser modificadas “Los bienes del patrimonio cultural son Inalienables, inembargables e imprescriptibles. Es deber de la persona y el ciudadano la protección de los recursos naturales y culturales. Plantea la protección del patrimonio cultural como fundamento de la nacionalidad“ (PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, 2014).

**Figura 48 Patrimonio Cultural**

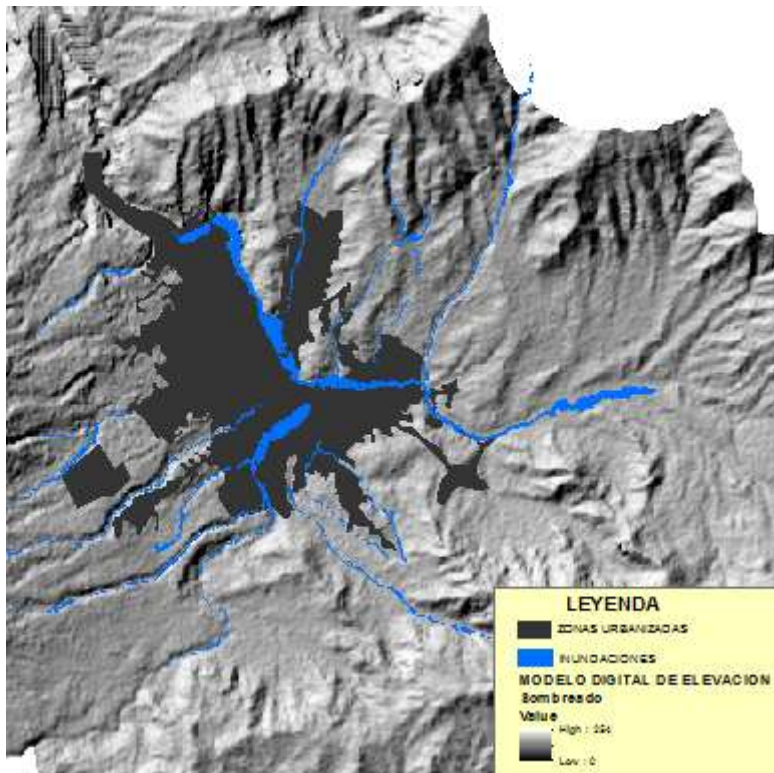


Fuente: Este estudio

- **Inundaciones**

Otra limitante que se ha tenido en cuenta en la ciudad para que su desarrollo se realice menos en ciertas zonas de la ciudad, aunque esto no quiere decir que no se lleve a cabo, es la amenaza por inundación, la cual está relacionada al Río Pasto y sus afluentes.

**Figura 49 Inundaciones**



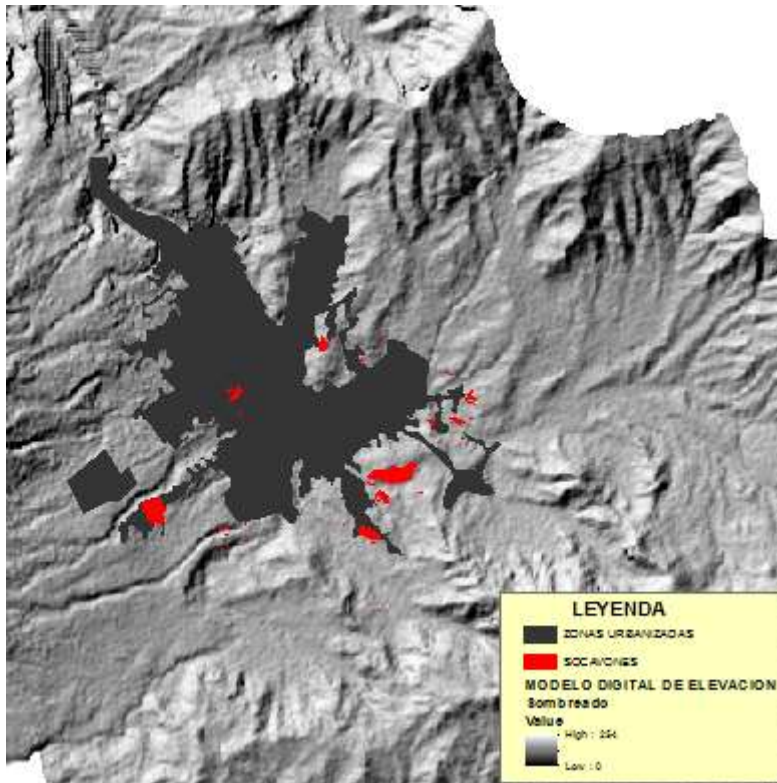
Fuente: Este estudio

- **Socavamientos**

En la ciudad antiguamente existían excavaciones de arena, las zonas donde se hacían estas prácticas con el tiempo fueron construidas sin tener en cuenta estudios de suelo, al pasar el tiempo fueron colapsando las construcciones causando enormes daños, ahora las viviendas que se hallan en estos lugares han sido abandonadas y estas zonas fueron declaradas zonas de Amenaza Alta como una limitante absoluta para el desarrollo



**Figura 50 Socavamientos**

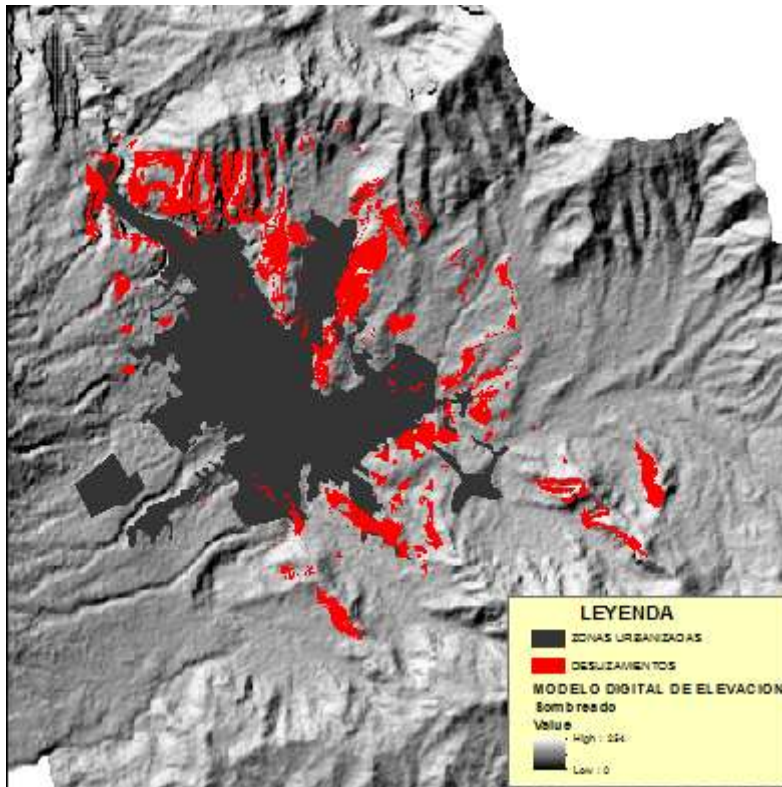


**Fuente:** Este estudio

- **Deslizamientos**

Los deslizamientos tienen una relación con las zonas de pendientes con un % mayor a 30, estas zonas como se evidencia en la imagen a continuación relacionada, indica que ciertas zonas que tienen este tipo de amenaza se hallan habitadas, a pesar de que estas son amenazas altas y no deberían considerarse para el desarrollo urbano.

**Figura 51** Deslizamientos



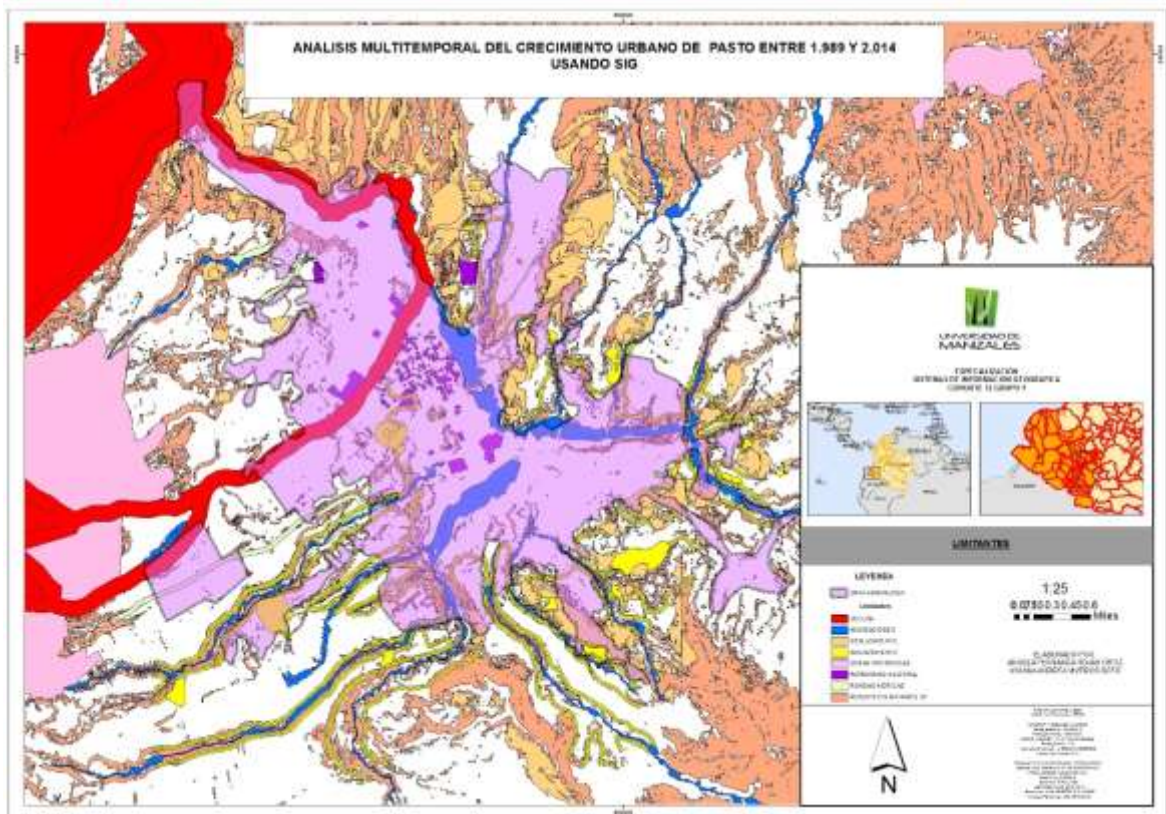
**Fuente:** Este estudio

## **LIMITANTES**

En el Mapa de Limitantes se tienen en cuenta todos los anteriores limitantes explicados, donde se puede observar por donde se ha ido expandiendo la ciudad teniendo en cuenta las zonas de amenaza por todos los factores ya explicados. Las áreas ocupadas dentro de las zonas de amenaza deberían ser reubicadas, dejando estas áreas para espacios de protección en el caso de la amenaza volcánica, en los casos de socavamiento, deslizamiento e inundaciones, deberían considerarse como espacios públicos e infraestructuras de mitigación.



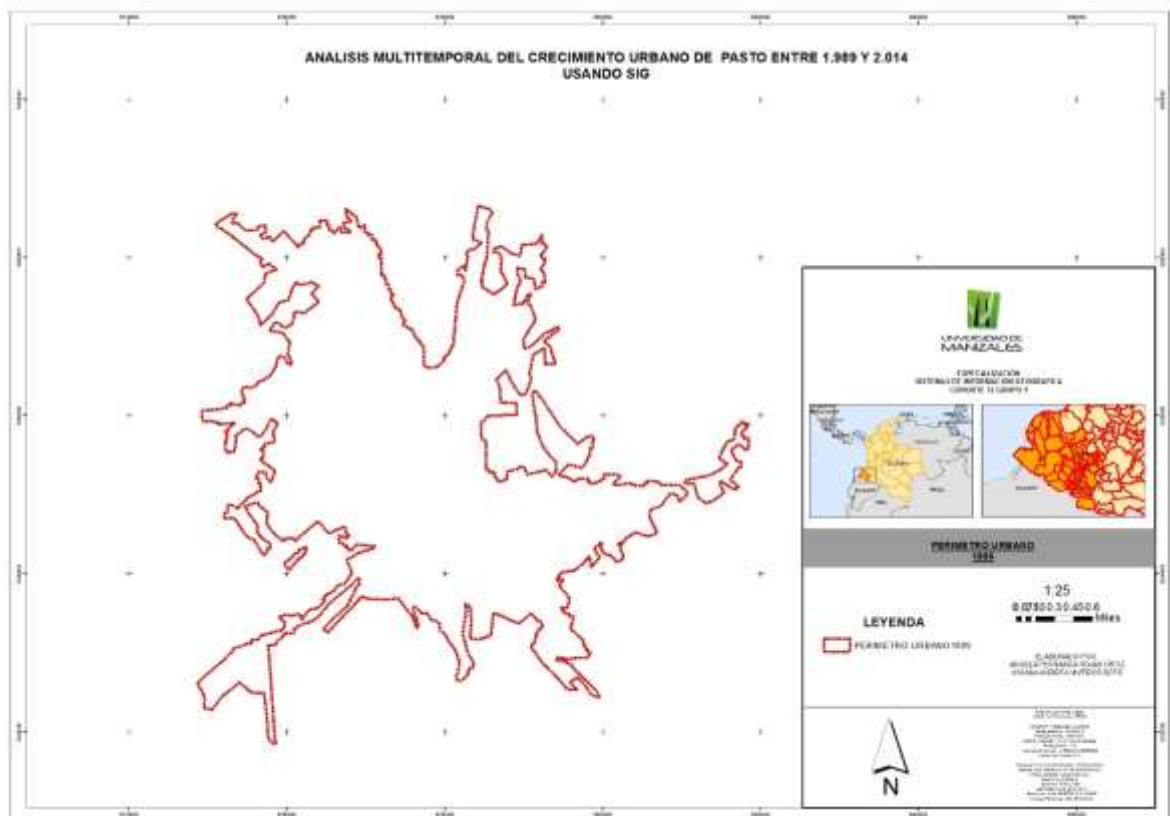
**Figura 52 Mapa Limitantes**



**Fuente: Este estudio**

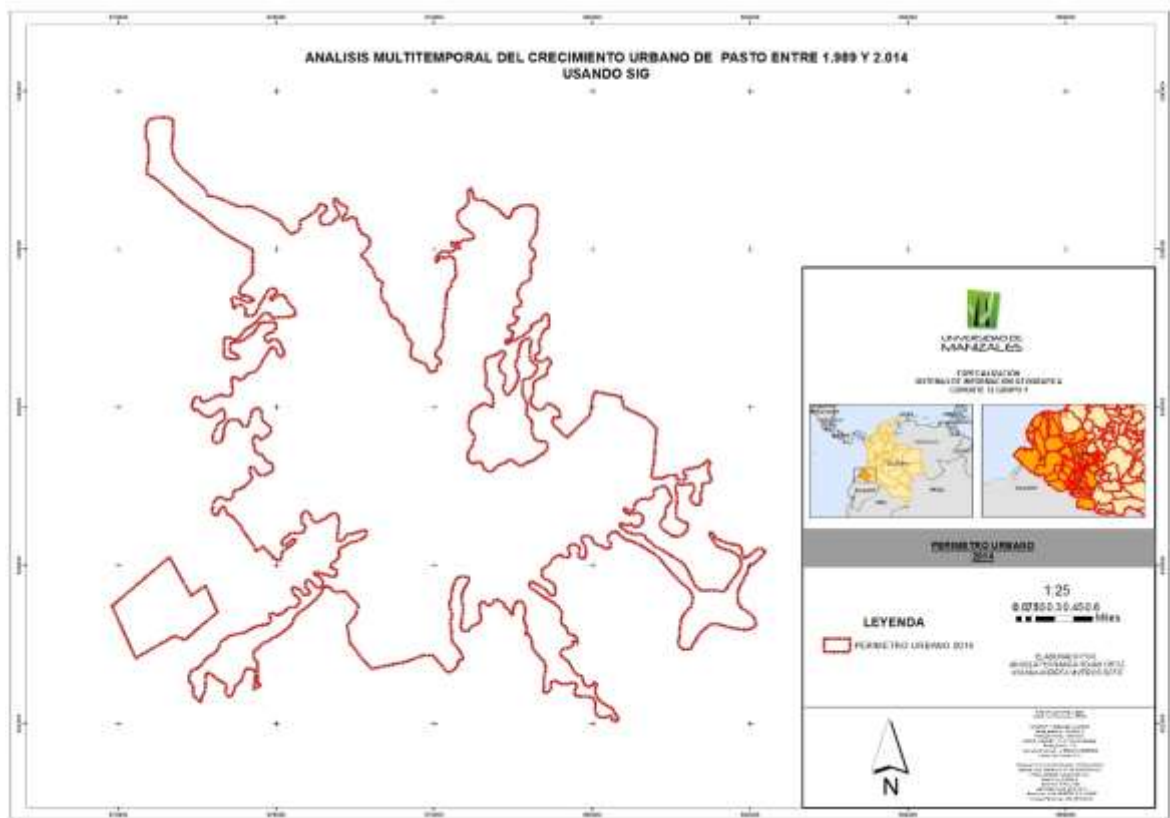


**Figura 54** Mapa Perímetro Casco Urbano Ciudad de San Juan de Pasto 1999



**Fuente:** Este estudio

**Figura 55 Mapa Perímetro Casco Urbano Ciudad de San Juan de Pasto 2014**

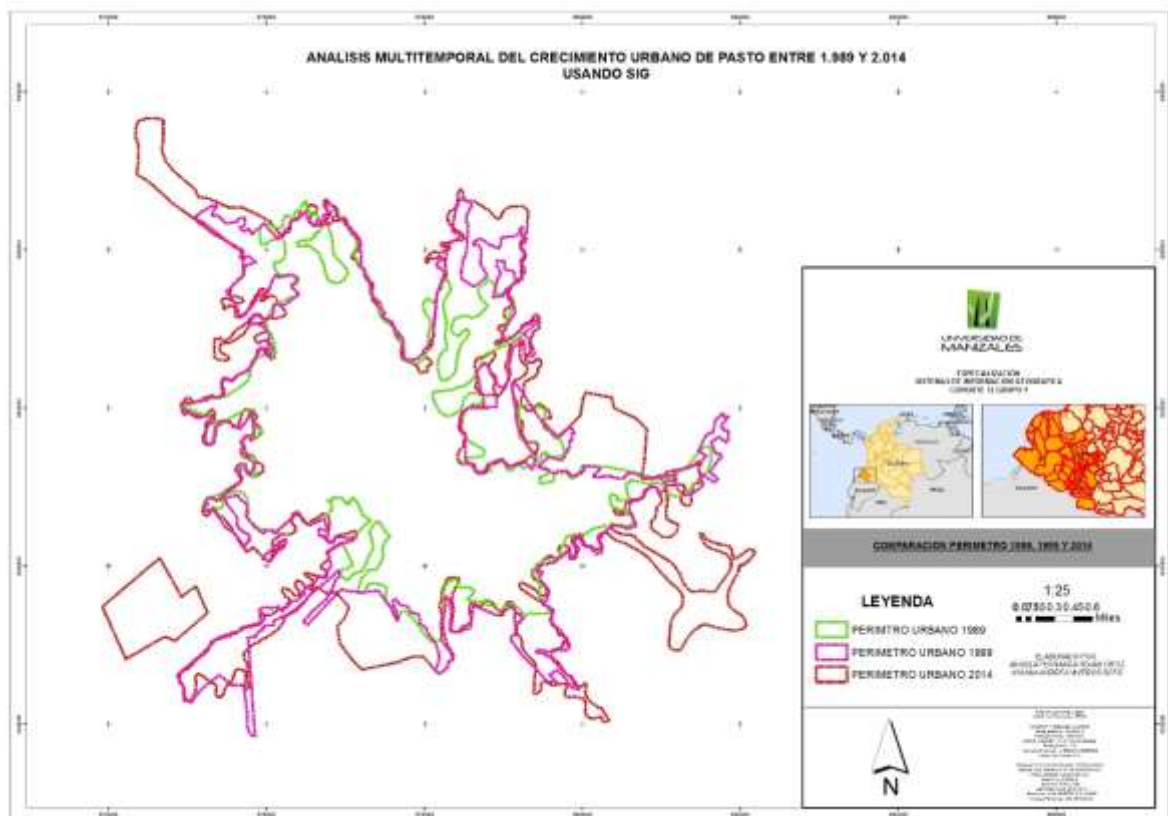


**Fuente:** Este estudio

Es evidente que el cambio del perímetro más representativo donde se puede visualizar el aumento del mismo, es del periodo correspondiente de 1999 al 2014; el periodo de 1989 presento una dispersión no tan notoria a diferencia de las anteriores.

Se podría decir que el crecimiento urbano de la ciudad de San Juan de Pasto en el periodo correspondiente de 1989 y 1999 es homogéneo y regular ya que se puede visualizar que en la expansión respeta un patrón no tan representativo a diferencia del crecimiento observado en el perímetro del año de 2014 donde dicha expansión está dada en la ubicación norte y nororiental como también en la zona suroccidente de la misma. En el siguiente mapa podemos observar dicho patrón geográfico y espacial que se desarrolla en los periodos planteados del análisis.

**Figura 56** Mapa Unión de Perímetros años 1989 – 1999 – 2014

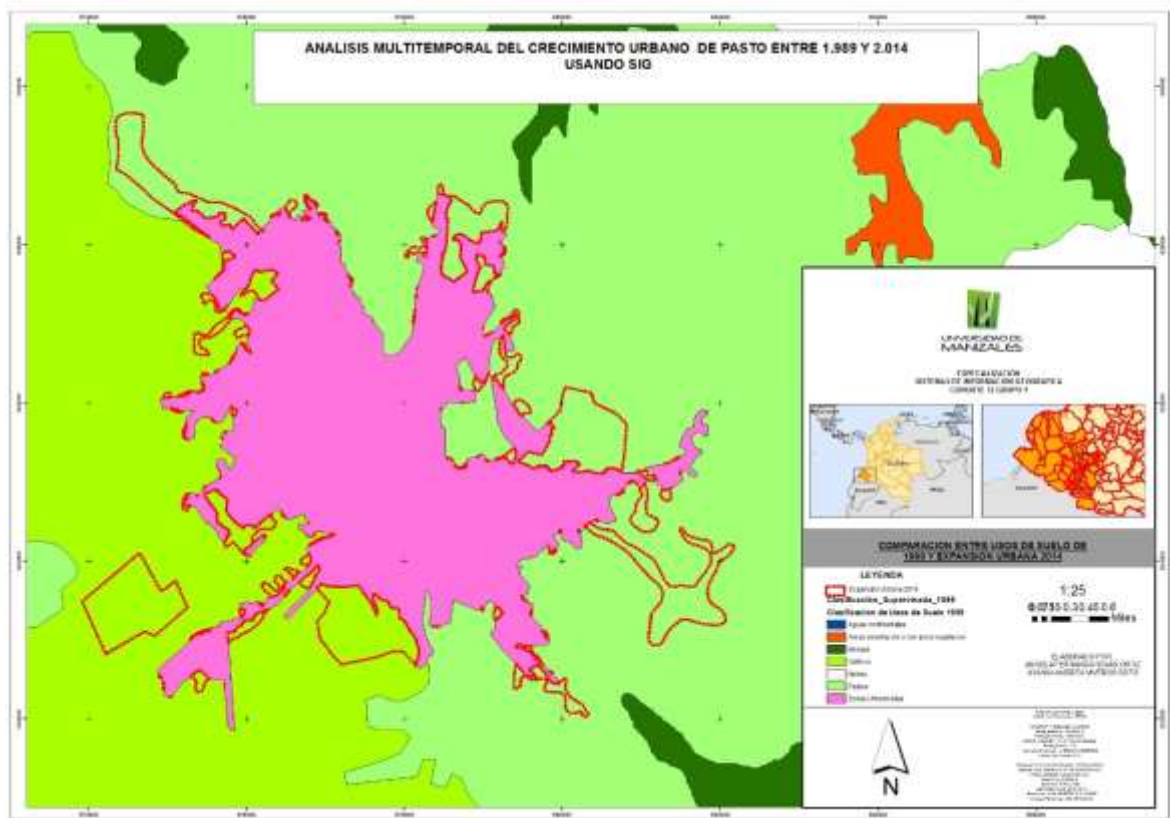


Fuente: Este estudio





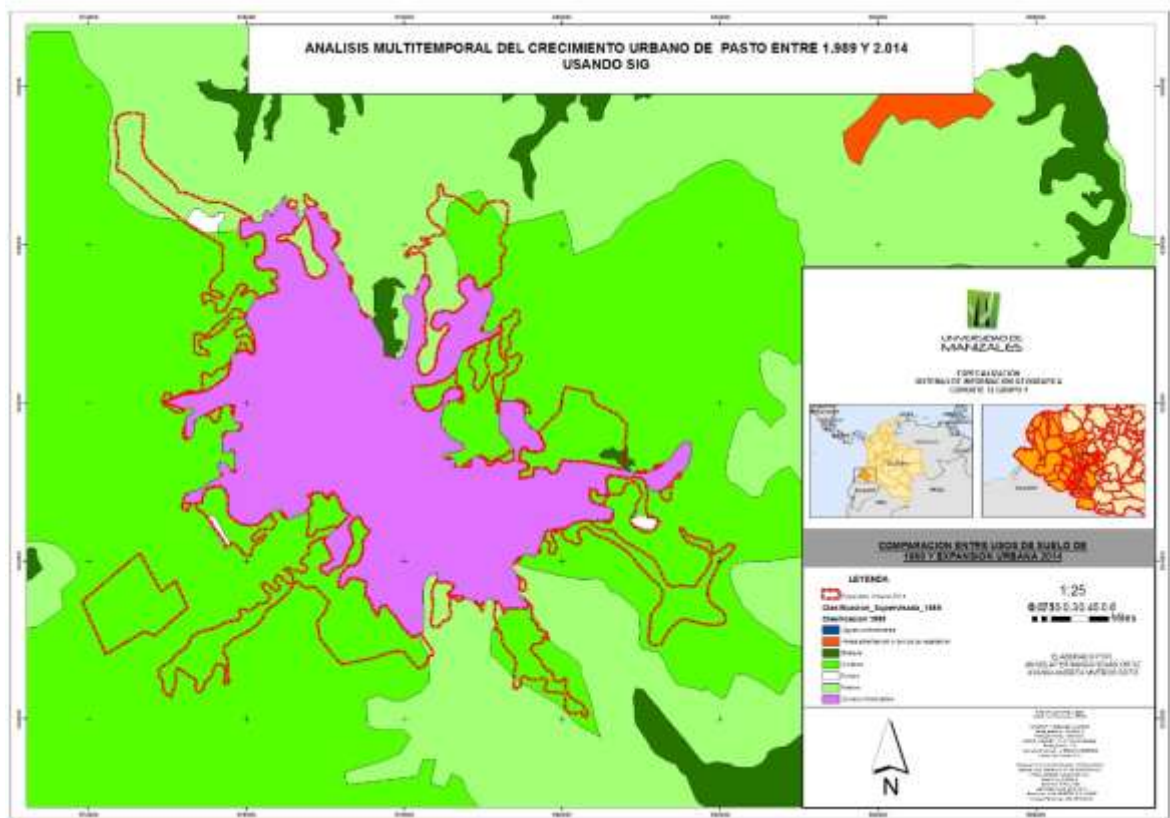
**Figura 58** Mapa Uso de Suelo periodo 1999 y 2014



**Fuente:** Este estudio

La expansión correspondiente a este periodo continúa con el mismo patrón de crecimiento que el anterior solo con la diferencia de que la cobertura de pastos amplió mucho más que el anterior grafica buscando de esta manera los mejores valores agregados que llevan a una expansión idónea que cuide o preserve las bondades de la naturaleza.

**Figura 59** Mapa Uso de Suelo periodo 1989 y 2014

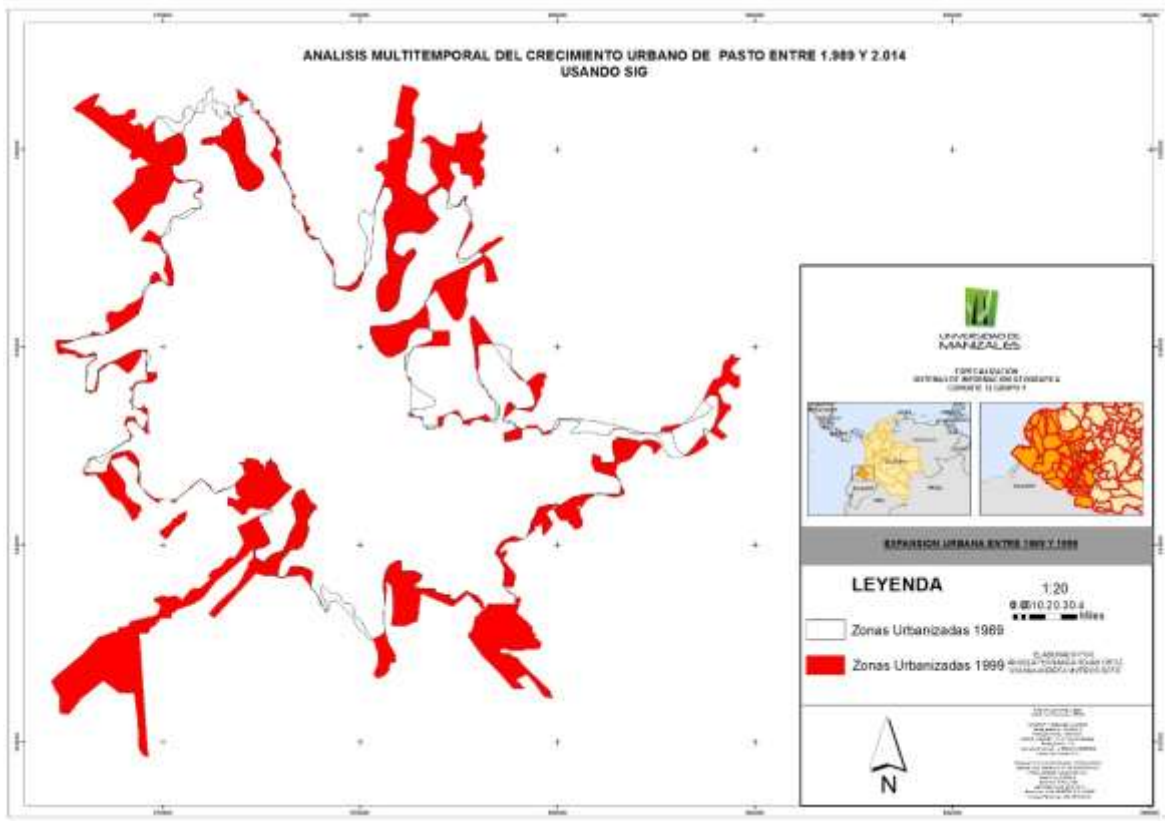


**Fuente:** Este estudio

El manejo de coberturas correspondiente a este periodo se puede visualizar en gran manera la predominancia de los cultivos al rededor del perímetro urbano, que con el tiempo pasaron a ser de otro uso dando paso actualmente como se lo observo en los anteriores mapas al uso urbano es decir orientando de esta manera a la actual expansión urbana del 2014.

### 6.1.5. Análisis Comparación Huellas de Expansión

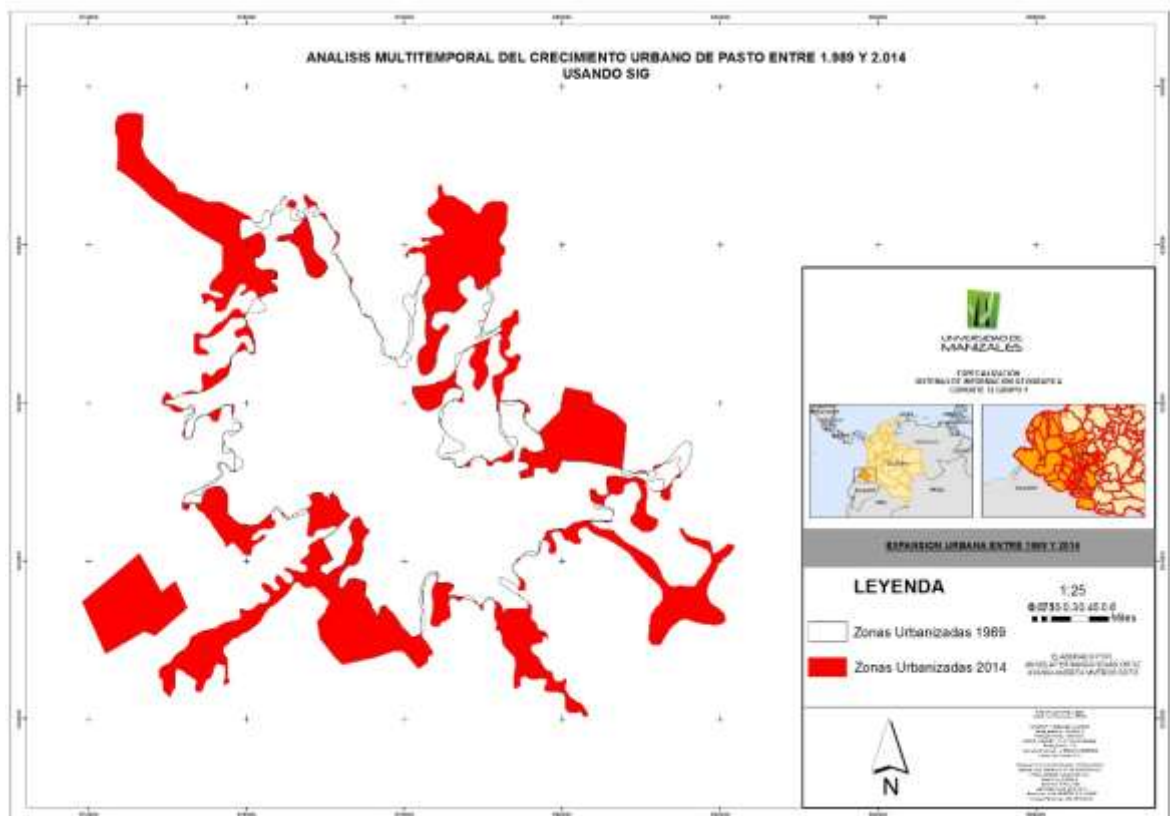
**Figura 60** Mapa Expansión Urbana 1989 y 1999



**Fuente:** Este estudio

En este periodo se puede observar que la mancha urbana se distribuye uniformemente con relación de un periodo a otro y con la diferencia de 10 años esta dispersión marca el crecimiento de forma homogénea. Para 1999 se puede observar el crecimiento principalmente hacia el sector N y NE, consolidándose así nuevos barrios y el crecimiento urbano espacial que se orienta hacia el sector de Aranda, norte de la ciudad, se podría decir que en el proceso de expansión de esta ciudad ha ido ocupando terrenos de difícil acceso como consecuencia de su topografía caracterizada por altas pendientes y por ende son propensos a catástrofes naturales.

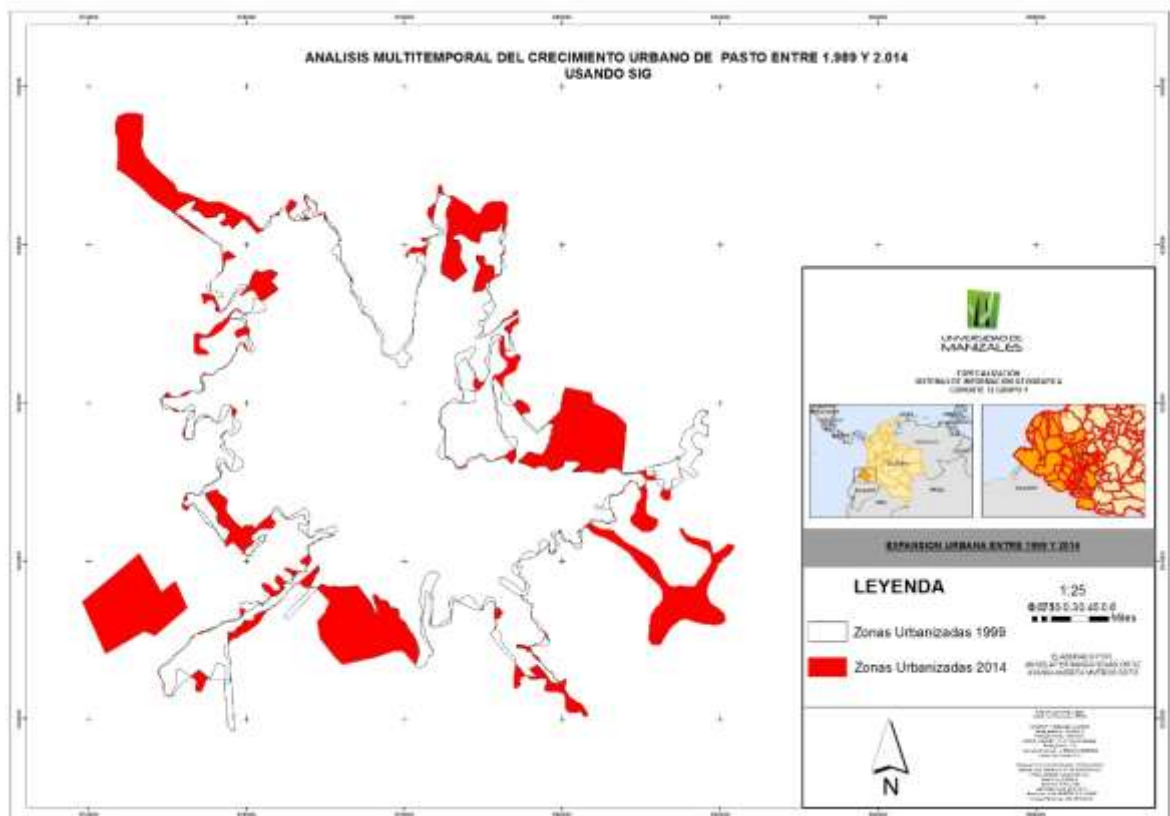
**Figura 61** Mapa Expansión Urbana 1989 y 2014



**Fuente:** Este estudio

El contraste que se puede observar en el mapa se podría decir que la huella urbana del 1989 con relación al 2014 es bastante diferente constituyéndose en un modelo irregular de expansión analizando que su crecimiento está desarrollado en el sector N y NE como también en el sector S y SO; hablado claro está en términos representativos ya que se observa también que en el sector SE existe la huella de expansión.

**Figura 62** Mapa Expansión Urbana 1999 y 2014



**Fuente:** Este estudio

Para el año de 1999 la trama con relación a los periodos planteados se encuentra en constante expansión proporcional; avanzando principalmente sobre áreas N, SO y SE. Según fuentes secundarias hablan que para el año de 1989, las actividades constructoras tuvieron cierto descenso gracias a la reactivación del volcán Galeras y de esta manera como consecuencia las autoridades municipales se vieron en la obligación de determinar zonas de restricción inmediata para sectores vulnerables a la amenaza volcánica. A diferencia del periodo del 2014 se puede observar que la mancha urbana crece claramente consolidando sus espacios más dispersos de los que acabamos de determinar.

A través de la cartografía temática complementaria, se pudo observar que se acentúa un modelo de crecimiento por uso residencial de diferente tipología. Mientras en la zona Sur se

evidencian barrios planificados, en otros son usos de tipo más abierto, e incluso barrios cerrados o semicerrados. En esta etapa desaparece la continuidad de la trama para dispersarse en manchas sobre diferentes áreas, la mayoría de ellas en torno a las partes altas de la ciudad dejando así el fenómeno de centralidad, ahora cabe anotar que el fenómeno de masificación de viviendas de interés social son las que están dando la pauta en un porcentaje representativo para expandir la huella urbana; La morfología urbana en este lapso de tiempo no reprodujo la ciudad; los planes de vivienda de las diversas empresas privadas así como los del Estado siguieron Cerón Solarte, B., & Ramos, M. T. (1.997). hace referencia en que han insistiendo en planteamientos fríos, cartesianos, que escasamente proveían a una familia de un número apropiado de metros cuadrados; en este sentido, el espacio dedicado a la vivienda de cada familia era en promedio de 180 m<sup>2</sup>, en estos momentos el espacio se ha visto reducido notablemente a 60 ó 70 m<sup>2</sup>".



UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES



## CONCLUSIONES

A partir del análisis hecho en este trabajo de grado se puede concluir

El análisis determino que la ciudad para el año 2014 tuvo un crecimiento urbano de 21.44 km<sup>2</sup>, con una diferencia para el 1989 de 8.54 km<sup>2</sup> y con el año 1999 de 4.27 km<sup>2</sup>.

Se puede determinar que la expansión urbana de la ciudad de San Juan de Pasto en los 25 años de revisión a través de las imágenes de satélite y la información obtenida por medio de las entidades públicas involucradas, ha sido una expansión teniendo en cuenta muchas de las limitantes que se presentan en el Municipio, sin embargo en algunos casos estas limitantes no han sido tomadas en cuenta por la población de bajos recursos que se ha ido asentando en lugares considerados de amenaza alta, ya sea por falta de conocimiento de la zona, lo cual se lo atribuye al gobierno local que no ha dado a conocer a la ciudadanía muy bien estas problemáticas, y otras se debe a que la población en su necesidad de crear un lugar de vivienda, se establece donde la tierra y sus posibilidades económicas lo permiten, haciendo de estas zonas sus lugares de vivienda, y expandiéndose de esta forma la ciudad hacia donde una buena planificación de la ciudad no debería permitir.

La expansión urbana de la ciudad se está deteniendo por muchos limitantes, aunque se puede observar que la ciudad ha ido tomando terreno donde antiguamente eran usos de suelo destinados a tierras agrícolas, se debe tener en cuenta que para los años venideros la expansión urbana se hará de forma vertical, ahora ya está pasando, pues muchas variables impiden que esta se siga extendiendo por lo largo del Municipio.

La expansión Urbana se hará hacia los Corregimientos, los cuales con el paso de los años se integraran a la Zona urbana de Pasto como parte de ella, pues las condiciones de vida permiten tener en cuenta estas zonas como parte de la Ciudad.

## RECOMENDACIONES

Como profesionales en áreas de planificación regional y ordenamiento territorial; lo ideal es tener en cuenta que cuando se trata de temas donde se busque una mejora continua de un determinado espacio geográfico dentro de una ciudad, departamento o municipio es recomendable contar hoy en día con herramientas de apoyo visual para la toma de decisiones, es decir los Sistemas de Información Geográfica están permitiendo al profesional o usuario entender mejor la dinámica de un espacio ya que se está tratando con información veraz y actualizada que de una otra forma puede ser manipulada de acuerdo al interés de quien proponga un estudio, para que de esta manera sirva de apoyo para la toma de decisiones, también se suman otro tipo de valores agregados como el trabajar con un grupo interdisciplinario para que la finalidad de cualquier trabajo propuesto sea más productivo para el desarrollo urbanístico de la ciudad.

Mediante respectivas actualizaciones desde cualquier entidad pública o privada que tengan en cuenta que la cartografía digital es la carta de navegación para estudiar, analizar y entender cualquier fenómeno que se quiera profundizar, por ende tratar en lo posible que cada una de ellas cuente con información actualizada y georeferenciada con el fin de homologar la información y de esta manera facilitar cualquier estudio puntual.

UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

## BIBLIOGRAFIA

- Cerón Solarte, B., & Ramos, M. T. (1997). *BIBLIOTECA VIRTUAL LUIS EDUARDO ARANGO*. Obtenido de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/pasto/parte2/cap2-4.htm>
- Centro de Geociencias Aplicadas Facultad de Humanidades-Facultad de Ingeniería*. (24 de Mayo de 2014). Obtenido de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/07-Tecnologicas/T-011.pdf>
- Barcelona, U. (04 de 07 de 2001). *REVISTA BIBLIOGRÁFICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES*. Obtenido de <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-298.htm>
- Barrancos, D. M. (s.f.). <http://www.usal.edu.ar>. Recuperado el 2012, de [http://www.usal.edu.ar/archivos/geousal/docs/segundo\\_nro.\\_14\\_el\\_crecimiento\\_urbano\\_de\\_tandil.pdf](http://www.usal.edu.ar/archivos/geousal/docs/segundo_nro._14_el_crecimiento_urbano_de_tandil.pdf)
- Borsdorf, A. (s.f.). <https://repositorio.uc.cl>. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/3935/000340039.pdf?sequence=1>
- Facultad de Arquitectura y Urbanismo, L. P. (s.f.). *Septimo Congreso de Medio Ambiente*. Obtenido de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26730/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26730/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Fernandez, G. (2012). *El crecimiento urbano de tandil.pdf*. Obtenido de [http://www.usal.edu.ar/archivos/geousal/docs/segundo\\_nro.\\_14](http://www.usal.edu.ar/archivos/geousal/docs/segundo_nro._14)
- jniubnunuhnbnhun. (s.f.). Obtenido de [ugvgv vgbbygb](http://www.usal.edu.ar)
- Los Andes, E. (14 de 06 de 2010). <http://archivo.losandes.com.ar/notas/2010/6/14/editorial-495990.asp>. Obtenido de [www.archivo.losandes.com.ar](http://www.archivo.losandes.com.ar)
- Monitoreando La Expansion Urbanaa nivel global*. (s.f.). Obtenido de <http://blogs.iadb.org/urbeyorbe/2015/07/02/monitoreando-la-expansion-urbana-a-nivel-global/>
- Monografias.com*. (s.f.). Recuperado el 04 de 12 de 1997, de <http://www.monografias.com/trabajos/idecomplemundo/idecomplemundo.shtml>
- Palenzuela, S. R. (s.f.). <http://www.forumambiental.org>. Recuperado el 1999, de <http://www.forumambiental.org/pdf/huella.pdf>
- Rocca, M. J., Plot, B., Lancioni, A., Rios, L., Sfich, V., & De la Fuente, M. S. (s.f.). *PROCESOS DE EXPANSION URBANA*. Obtenido de [www.catedras.fsoc.uba.ar/panaia/augm/MI.85.doc](http://www.catedras.fsoc.uba.ar/panaia/augm/MI.85.doc)

Troncoso, J. C. (Septiembre de 2007 ). <http://upcommons.upc.edu/>. Obtenido de [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11616/JORGE%20CERDA%20TRONCOSO\\_TREBALL.pdf](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11616/JORGE%20CERDA%20TRONCOSO_TREBALL.pdf)



UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES