

**DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL URBANA EN ALGUNAS  
COMUNAS DEL MUNICIPIO DE PASTO, NARIÑO.**

**CHRISTIAN ROBINSON AMAGUAÑA MORENO  
DAVID RICARDO SALAZAR GOYES**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE ING. AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO**

**2014**

**DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL URBANA EN ALGUNAS  
COMUNAS DEL MUNICIPIO DE PASTO, NARIÑO.**

**CHRISTIAN ROBINSON AMAGUAÑA MORENO  
DAVID RICARDO SALAZAR GOYES**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
agroforestal**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE ING. AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO**

**2014**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1<sup>o</sup> del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente de tesis

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Marzo de 2014

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Levantamiento y procesamiento de la información.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
Espacios abiertos disponibles .....	17
Análisis y detección de cambios.....	20
CONCLUSIONES.....	23
BIBLIOGRAFIA .....	24

# DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL URBANA EN ALGUNAS COMUNAS DEL MUNICIPIO DE PASTO, NARIÑO.

**Christian Robinson Amaguaña Moreno**<sup>1</sup>

**David Ricardo Salazar Goyes**<sup>2</sup>

**Jesús Geovanny Solarte Guerrero**<sup>3</sup>

## RESUMEN

Se determinó los índices de cobertura vegetal urbana y espacios abiertos disponibles en las comunas seis (6) y siete (7) del municipio de Pasto; de igual manera, se analizó y detectó cambios de las coberturas en un marco multitemporal de manera supervisada de los años 2005 y 2013; este proceso se realizó a partir de una ortofotografía del año 2005, donde se obtuvo un índice de cobertura vegetal urbana de 30,24 m<sup>2</sup>/hab y de espacios abiertos disponibles de 0,89 m<sup>2</sup>/hab, estos datos fueron obtenidos mediante herramientas y procesos cartográficos como la consolidación y análisis de fotografías aéreas. Con base a los resultados del año 2005, se hizo la respectiva actualización en campo de la imagen 2013 para las variables de estudio, encontrando una reducción de 22,94 m<sup>2</sup>/hab de cobertura vegetal urbana y 0,24 m<sup>2</sup>/hab en espacios abiertos disponibles. Teniendo las ortofotografías 2005 y 2013 consolidadas, se analizó y detectó cambios en un marco multitemporal de las dinámicas, teniendo cambios significativos en las coberturas urbanísticas.

**Palabras claves:** Ortofotografía, índices, procesos cartográficos, marco multitemporal.

---

<sup>1</sup> Estudiante Tesista. 2013. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agroforestal. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. E-mail: moreno3191@gmail.com

<sup>2</sup> Estudiante Tesista. 2013. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agroforestal. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. E-mail: dricardosg@gmail.com

<sup>3</sup> Ingeniero Agroforestal. Profesor catedrático. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. E-mail: solarteg@hotmail.com

## ABSTRACT

It was determined the rates of urban vegetation and open spaces available in the six communes (6) and seven (7) of the municipality of grass; Similarly, are scanned and found changes in coverage in a multitemporal supervised way to the years 2005-2013 framework; This process was carried out through an orthophotograph of the year 2005, was obtained where an index of urban vegetation 30,24 m<sup>2</sup>/hab and available open spaces of 0.89 m<sup>2</sup>/hab, these data were obtained through tools and mapping processes such as the consolidation and analysis of aerial photographs. Based on the results of the year 2005, became the respective update in the image field 2013 for the variables of study, finding a reduction of 22,94 m<sup>2</sup>/hab of urban vegetation and 0.24 m<sup>2</sup>/hab in open spaces available. Having the orthophotos 2005-2013 consolidated, analyzed and detected changes on a multitemporal dynamics framework, having significant changes in urban coverage.

**Keywords:** Orthophotography, indices, mapping processes, multitemporal frame.

## INTRODUCCIÓN

La determinación de la cobertura vegetal urbana puede conllevar a una planificación y manejo de esta, pudiéndose considerar dentro de las políticas públicas. Además, las coberturas vegetales de las ciudades determinan un rol importante en el mejoramiento de la calidad del ambiente, y están directamente relacionadas con la salud y bienestar del habitante urbano, debido a que estos espacios al interior de las ciudades pueden proveer varios beneficios ecológicos, como el aminoramiento de la intensidad de las islas de calor (Akbari y Konopacki, 2005), el secuestro de CO<sub>2</sub>, la reducción de la polución del aire (Nowak *et al.*, 2006). También, ofrecen espacios para realizar actividades físicas y recreacionales que aportan a la reducción del estrés (Kaplan y Kaplan, 1989).

En los pueblos y ciudades de Colombia, donde se concentra cerca del 70% de la población del país, existen problemas urbanos de carácter ambiental como la disminución de coberturas vegetales. Este problema no ha sido atendido por parte de una autoridad

ambiental del gobierno, porque la gestión pública ambiental se centró en las zonas rurales, principalmente en los parques naturales y en las reservas forestales; es decir, esta gestión ambiental se concentró principalmente donde no estaban los asentamientos urbanos (Krishnamurthy y Nascimento, 1997).

Por otra parte, en Nariño, la continua intervención humana ha modificado de una manera permanente la vegetación original; muchas especies nativas han desaparecido al urbanizarse grandes áreas y otras debido a las actividades agropecuarias, obteniendo una elevada concentración urbana y rural de la población; por tal razón, en esta zona quedan pequeños espacios cubiertos de vegetación (Revista Nariño, 2007).

Históricamente, el municipio de Pasto recibió fuertes presiones sobre el medio ambiente a partir de la ampliación de la frontera agrícola y urbanizadora, cuando la necesidad de tierra, conllevaron la extracción de una gran proporción de estos recursos. A partir de la apertura de la vía Panamericana, el municipio empezó a sufrir transformaciones drásticas en su paisaje y sus recursos naturales, incrementándose los requerimientos de vivienda, infraestructura y servicios, con lo cual toma auge la deforestación para la construcción de viviendas, vías, entre otros. Además, la extracción de materiales para la construcción, hasta hace poco con bajo control gubernamental, ha conducido a un deterioro significativo del paisaje, a la contaminación de las fuentes de agua y la polución del aire generando impactos negativos sobre la población y las áreas verdes que forman parte del casco urbano (CORPONARIÑO, 2004).

Esta investigación tuvo como objetivo general cuantificar la disponibilidad de cobertura vegetal urbana en las comunas seis (6) y siete (7) del municipio de Pasto, Nariño, donde se determinó los índices de cobertura vegetal urbana y espacios abiertos disponibles. Finalmente, se analizó los cambios en un marco multitemporal de los periodos 2005 y 2013, determinando las dinámicas de los cambios espaciales.

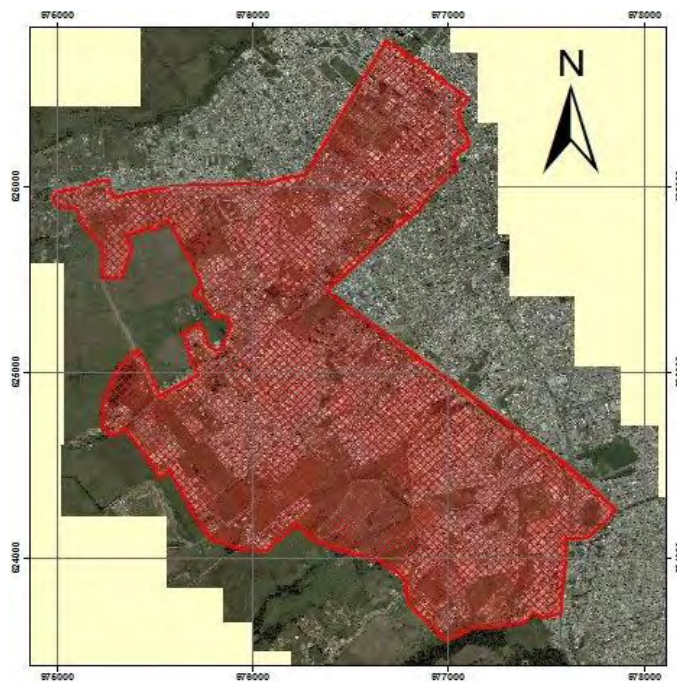


## MATERIALES Y MÉTODOS

### Zona de estudio.

El estudio se realizó en las comunas seis (6) y siete (7) de la zona urbana del municipio de Pasto, Nariño. Estas comunas se encuentran localizadas a  $1^{\circ}12' 52.48''$  Latitud Norte y  $77^{\circ}16' 41.22''$  Longitud Oeste (Figura No 1), conformada por los barrios La Aurora, Villa Campanela, El Bosque, Primavera, Mijitayo, Tamasagra, El Rosal, Condominio Los Andes, Capusigra, San Ignacio, colegio San Felipe Neri, colegio Filipense, colegio INEM, colegio Normal Superior, Altamira, Las Palmas, Las cruces, Jerusalén, Villa de los Ríos, Santa Isabel, Sumatambo, Bachue, Caicedo, Niza, Ciudad Jardín, Cementerio Jardines de las Mercedes, Fundadores, Luis Carlos Galán, Agualongo, Las Acacias y Castillos del Norte, respectivamente. Presentes con una temperatura promedio de  $12^{\circ}\text{C}$ , una altitud de 2.527 m.s.n.m. y una precipitación media anual de 790 mm, poseen aproximadamente  $3'786.272,18 \text{ m}^2$  y tienen una población de 72.616 habitantes. (Alcaldía Municipal de Pasto, 2013).

**Figura No 1.** Ortofotografía comunas seis y siete de la ciudad de San Juan de Pasto.



Fuente: Este estudio (2014).

## **Levantamiento y procesamiento de la información**

La estimación de la cobertura vegetal urbana y los espacios abiertos disponibles; así como también, el análisis multitemporal se realizó con base en dos (2) períodos, correspondientes al año 2005 y 2013.

Se trabajó la metodología de Chuvieco (2000), que corresponde a un análisis multitemporal de manera supervisada. Esta metodología consiste en hacer un reconocimiento previo de la cobertura y de los elementos circundantes de la zona o área donde se desarrollara el estudio. Son muy útiles las experiencias de campo que conlleven revelamientos de cambios de coberturas. Se identificará áreas de cambios en la zona de estudio para realizar el análisis de cambios en los años 2005 – 2013.

Para el año 2005, se obtuvo fotografías aéreas a color con el programa SASPlanet v.12.10, que obtiene planos cartográficos de alta resolución ya georreferenciados. Posteriormente, se elaboró un mosaico de estas imágenes con el programa Global Mapper v.12 exportándolo en formato TIFF (Tagged Image File Format) para la digitalización de las áreas verdes urbanas y espacios abiertos disponibles. Además, la Alcaldía Municipal de San Juan de Pasto aportó con la información secundaria y los shapefiles correspondientes a las comunas de estudio.

Para el año 2013, se actualizó la ortofotografía del año 2005 con base en geoferenciación hecha en campo.

La determinación de la cobertura vegetal, espacios abiertos disponibles y el área de copa para los dos (2) períodos se hizo mediante metodologías cartográficas, matemáticas y georreferenciación.

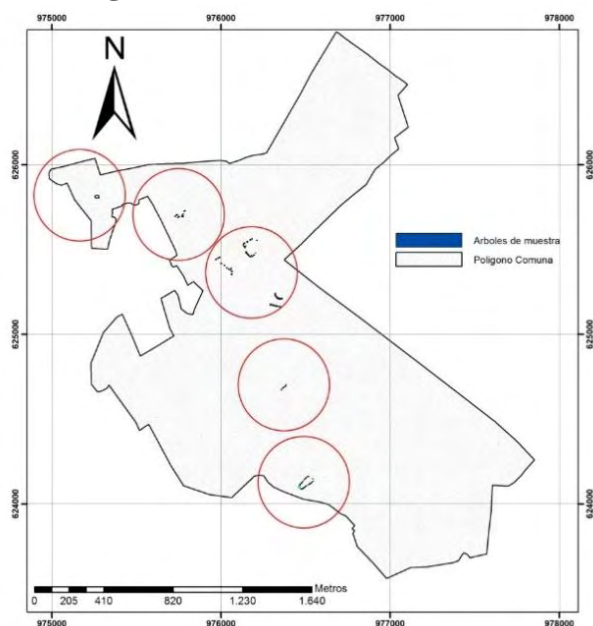
## **Cuantificación de cobertura vegetal urbana y espacios abiertos disponibles**

Para la selección de las unidades muestrales se utilizó el muestro aleatorio, donde se midieron las variables de interés (área de copa arbórea y área de pastos) en metros cuadrados ( $m^2$ ). Mediante procesos cartográficos y matemáticos se obtuvo el área de la dos

coberturas (arborización y pastizales), calculando la totalidad de la cobertura vegetal urbana para el año 2005 y 2013, respectivamente.

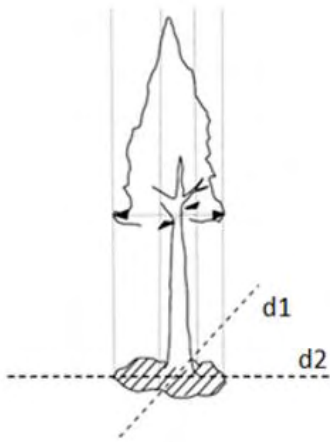
Para la determinación del área correspondiente a arborización urbana (AU) del año 2013, se realizó la georreferenciación, siguiendo la metodología de Mena y colaboradores (2011) se estableció el diámetro de copa a 100 árboles ubicados en 5 zonas muestrales seleccionadas aleatoriamente, como indica la figura 2.

**Figura No 2. Unidades muestrales**



Fuente: Este estudio (2014).

Con los datos obtenidos se determinó el área de copa de cada uno de los árboles, mediante la fórmula que indica Mena y colaboradores, 2011.



$$AC = \left( \frac{\sqrt{d1^2 + d2^2}}{4} \right)^2 \times \pi$$

Dónde: d1 y d2 corresponden a los diámetros medidos en campo con orientación norte - sur y este - oeste, respectivamente (Mena *et al.*, 2011).

Las áreas de copa para el año 2005 fueron medidas en su totalidad en la ortofotografía, mediante un proceso de digitalización con las herramientas de edición del software cartográfico, seguidamente, las coordenadas de los 100 árboles muestreados fueron montados en el software cartográfico para determinar los cambios en las áreas de copa de estos árboles.

Por otra parte, para la determinación del área de los pastizales (AV) del año 2005, se digitalizó en la ortofotografía los polígonos correspondientes a áreas de pastos; sin embargo, para el año 2013 se hizo la actualización en campo; donde se elaboraron los polígonos con la ayuda de un GPS marca Garmin Oregon 450 e imágenes digitales.

Luego se determinó los índices explicativos donde se calculó el índice de cantidad y disponibilidad.

En el índice de cantidad se calculó el área correspondiente de las coberturas vegetales urbanas por habitante, donde se tuvo en cuenta el número total de habitantes dentro de la zona de estudio (HUT) y la superficie urbana total (SUT) en las dos comunas.

En el índice de disponibilidad se tomó una distancia de 200 m desde el borde de las coberturas vegetales urbanas presentes en la zona de estudio y mediante herramientas de análisis espacial SIG se generó un polígono de influencia en torno a cada una de las áreas verdes. Finalmente, se calculó el área de influencia dentro del margen destinado, seguida la metodología estipulada por Mena, *et al.* (2011).

Mediante herramientas de edición se digitalizó los espacios abiertos disponibles (EA) para el año 2005, obteniendo área en metros cuadrados; la ortofotografía presenta una resolución óptima (1:2.500) para distinguir las diferentes coberturas presentes en el área de estudio. Para el año 2013, se corroboraron en campo los datos obtenidos en la digitalización realizada para el año 2005.

### **Análisis multitemporal y digitalización**

Se empleó la ortofotografía del 2005 y la imagen actualizada para el 2013, permitiendo observar no sólo las zonas de cambio, sino también las dinámicas de las coberturas, generando así la tabla multitemporal.

**Digitalización.** Las imágenes clasificadas fueron digitalizadas o vectorizadas para obtener polígonos en formato Shapefile, calculando el área de las diferentes coberturas. (Rodríguez *et al.*, 2009).

**Detección de cambios.** Para detección de cambios en la cobertura vegetal urbana se realizó mediante la intersección entre la cobertura de las imágenes correspondientes al año 2005 y 2013.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Durante la medición e interpretación del área de copa de las unidades muestrales, se obtuvieron los siguientes resultados, como indica la tabla 1.

**Tabla 1.** Área de copa arbórea de los años 2005 y 2013.

Árbol	Área de Copa 2005 m <sup>2</sup>	Área de Copa 2013 m <sup>2</sup>	Árbol	Área de Copa 2005 m <sup>2</sup>	Área de Copa 2013 m <sup>2</sup>	Árbol	Área de Copa 2005 m <sup>2</sup>	Área de Copa 2013 m <sup>2</sup>
1	9,9	10,6	34	35,3	39,7	67	39,2	43,6
2	16,14	19,2	35	19,9	0	68	39,5	42,7
3	9,2	10,1	36	19,7	20,9	69	40,9	42,8
4	14,3	16,1	37	18	21	70	48,5	52,6
5	11,4	16,2	38	16	19,2	71	18,1	21,5
6	7,5	10,4	39	22,8	26,4	72	32,6	34,1
7	13,8	18,5	40	23,7	25,3	73	48	50,1

8	14,2	0	41	13,8	17,6	74	34,9	37,3
9	17,6	19,1	42	14,3	20,6	75	45,8	48,8
10	9,5	12,3	43	12,4	15,2	76	39,9	44,2
11	7,6	9,3	44	17,4	20,1	77	48,1	50,1
12	5,8	9,5	45	16,9	21,6	78	68,3	72,9
13	11,7	15,3	46	14,6	19,9	79	43,6	47,3
14	7,6	10,4	47	8,5	0	80	25,3	28,6
15	8,8	11,4	48	9,6	43,1	81	35,6	39,2
16	7,9	8,4	49	15,1	18,4	82	14,9	0
17	6,9	9,3	50	20,5	25,2	83	15,4	20,6
18	6,6	9,9	51	15,4	18,8	84	13,7	0
19	5,5	8,1	52	17,2	20	85	17,6	0
20	9,2	11,3	53	15,3	18,5	86	12,4	15,1
21	5,2	9,2	54	14,5	16,8	87	51,6	55,2
22	10,3	13,3	55	12,3	14,1	88	71,6	75,4
23	32,3	35,2	56	26,5	29,2	89	77,2	80,8
24	19,3	23,5	57	27,9	31,1	90	61,4	69,3
25	16,2	0	58	20,6	0	91	70,1	74,5
26	12,6	13,5	59	34	38,6	92	43,1	49,6
27	14	15,4	60	17,1	20,2	93	40,3	45,2
28	24,8	26,6	61	23,3	26,7	94	40,3	46,2
29	32	36,6	62	29,3	32,9	95	62,4	65,7
30	22,18	25,5	63	34,5	36,8	96	87,4	93,1
31	21,9	25,6	64	42,9	44,2	97	81	89
32	35,6	38,5	65	36,5	40,3	98	77,7	85,8
33	32,2	35,6	66	29,5	33,7	99	54,2	65,4
						100	55,1	58,6
						<b>TOTAL</b>	<b>8529,72</b>	<b>9695,3</b>

**Fuente:** Este estudio (2014).

De acuerdo a la tabla no 1 indica que los valores de área de copa en el año 2005 son inferiores que los valores del año 2013, aumentando 1165,58 m<sup>2</sup>, siendo este un valor a favor para las coberturas vegetales urbanas. Los datos obtenidos muestran que el área de copa es directamente proporcional al tiempo transcurrido, los datos obtenidos en el año 2013 son mayores, inclusive existiendo mortalidad de ciertos individuos de estudio.

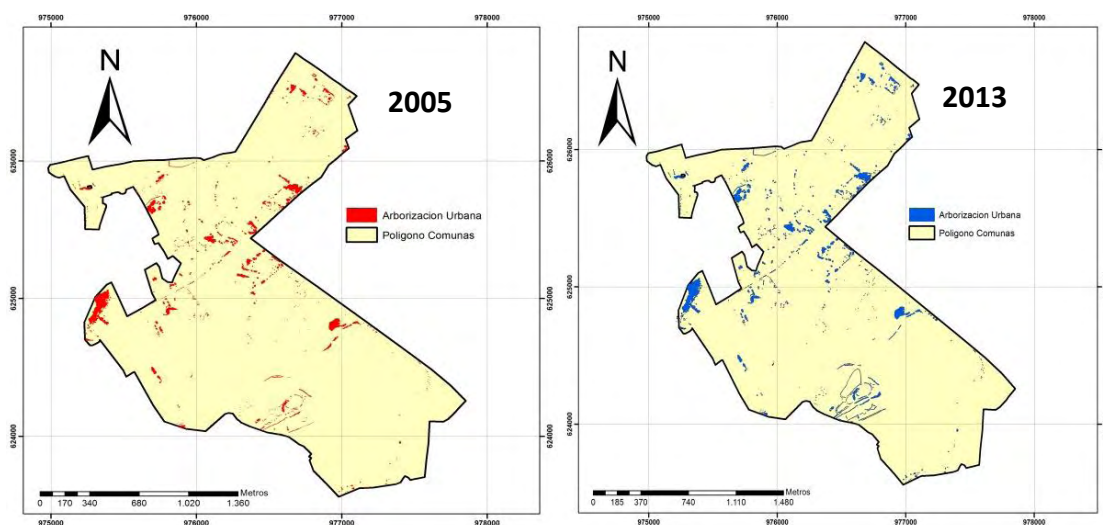
Wareing (1963) indica que la fisiología de los arboles muestran un crecimiento constante, en forma tal que el área de copa arbórea aumenta de manera progresiva en relación con el

tiempo. Cabe señalar que la fisiología de los arboles no son las mismas, los componentes leñosos son determinantes en la capacidad de rebrotes foliares.

### Arborización urbana y pastizales

Para arborización urbana, se identificó que para el año 2013 presentó un área de 9695,3 m<sup>2</sup>, lo cual indicó un aumento de 13,67 % con respecto al dato obtenido para el año 2005, que fue de 8529,72 m<sup>2</sup> (Figura 3).

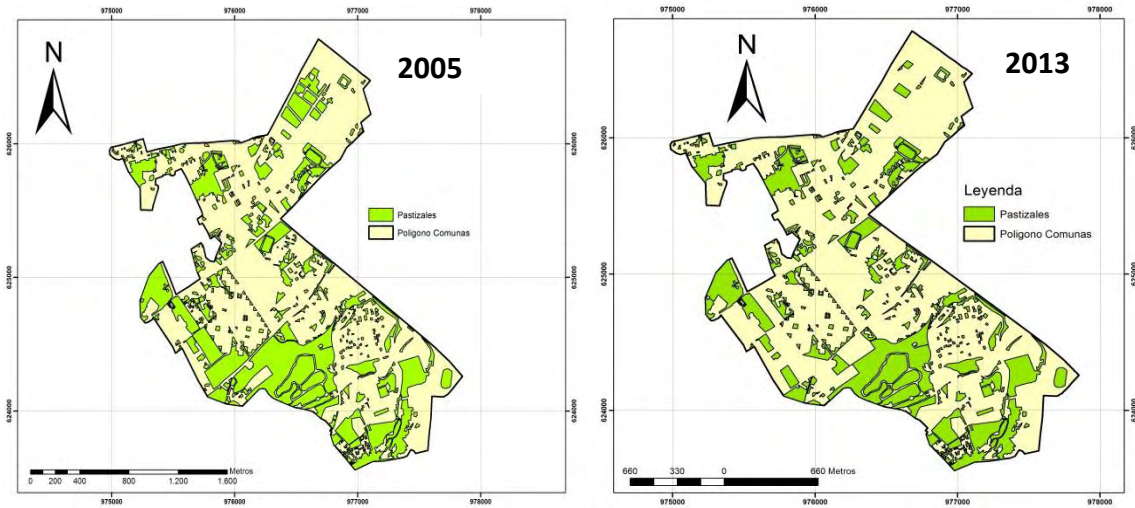
**Figura No 3.** Actualización arborización comunas seis (6) y siete (7), San Juan de Pasto.



**Fuente:** Este estudio (2014).

En cuanto a la actualización en pastizales se obtuvo para el año 2013 un área total de 1'307.309,70 m<sup>2</sup>, un 8,16 % menos, con respecto al año 2005 que presentó un área total de 1'615.963,33 m<sup>2</sup> (Figura 4).

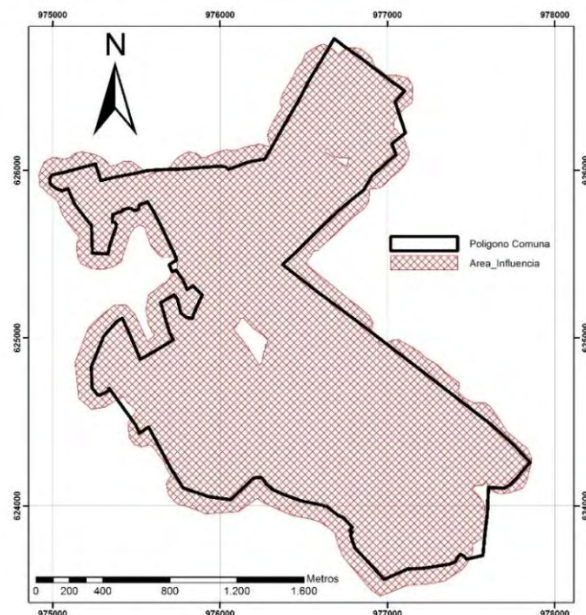
**Figura No 4.** Actualización pastos comunas seis (6) y siete (7), San Juan de Pasto.



**Fuente:** Este estudio (2014).

Se determinó el área de influencia de la cobertura vegetal urbana presente en la comunas seis (6) y siete (7) mediante un proceso de digitalización en ArcGIS, se tomaron 200 metros del borde de las coberturas vegetales presentes y se formó un polígono de influencia (Figura 6).

**Figura No 6.** Área de influencia



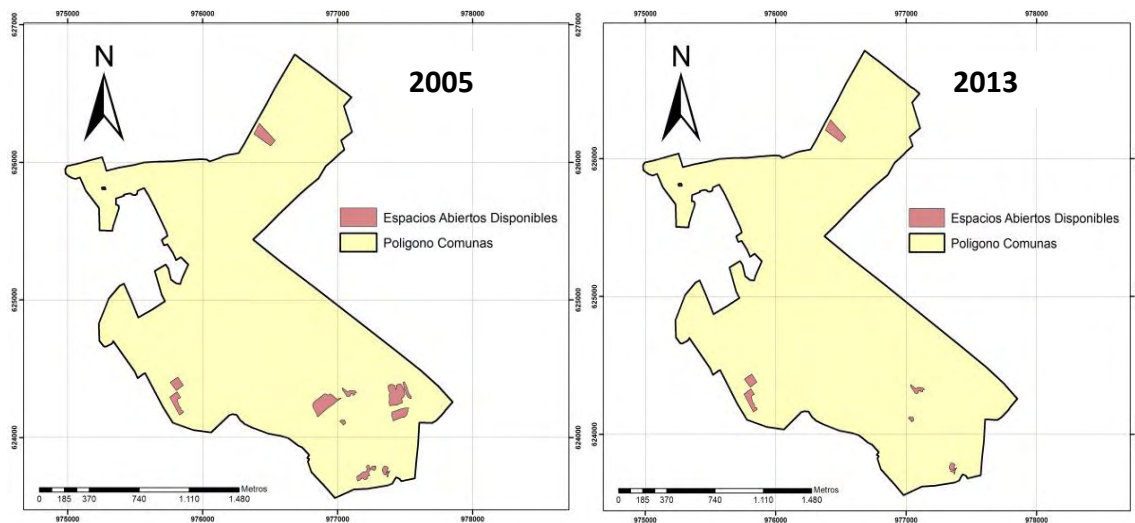
**Fuente:** Este estudio (2014).



## Espacios abiertos disponibles

Los índices de frecuencia de cobertura vegetal urbana y espacios abiertos disponibles para el año 2005 y 2013, indican la superficie de área verde y espacio disponible existente (Figura 5), medidos en metros cuadrados de superficie urbana por habitante.

**Figura No 5.** Actualización espacios abiertos disponibles comunas seis (6) y siete (7)



**Fuente:** Este estudio (2014).

De acuerdo a la figura 5, los espacios abiertos disponibles disminuyeron para los periodos 2005 y 2013, existiendo una disminución porcentual del 26,96 % equivalente a 30244,61 m<sup>2</sup>. Esta pérdida de espacios abiertos disponibles puede ser debido a la demanda de espacios para las construcciones civiles.

## Determinantes para índices de cobertura vegetal urbana y espacios abiertos disponibles

**Tabla 2.** INDICES DE CANTIDAD OBTENIDOS AÑO 2005 y 2013

INDICES	FORMULA	UNIDAD (2005)	UNIDAD (2013)
Área arborización	AU	8529,72 m <sup>2</sup>	9695,3 m <sup>2</sup>
Área pastizales	AV	1'615.963,33 m <sup>2</sup>	1'307.309,70 m <sup>2</sup>

Área espacios abiertos disponibles	EA	48.157,30 m <sup>2</sup>	17.912,69 m <sup>2</sup>
Habitantes en zona de estudio	HUT	53.717	72.616
Superficie urbana total	SUT	3'786.272,18 m <sup>2</sup>	3'786.272,18 m <sup>2</sup>
Índice pastizales	AV/HUT	30.08 m <sup>2</sup> /hab	22,25 m <sup>2</sup> /hab
Índice arborización	AU/HUT	0,16 m <sup>2</sup> /hab	0,69 m <sup>2</sup> /hab
Índice cobertura vegetal urbana total	AV+AU/HUT	30,24 m <sup>2</sup> /hab	22,94 m <sup>2</sup> /hab
Índice espacios abiertos disponibles	EA/HUT	0,89 m <sup>2</sup> /hab	0,24 m <sup>2</sup> /hab
Frecuencia cobertura vegetal urbana total	AV+AU/SUT	0,43 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0,35 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Frecuencia de espacios abiertos disponibles	EA/SUT	0,012 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0,004 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>

**Fuente:** este estudio (2014).

Como se muestra en la tabla 2, los resultados para el año 2005 y 2013 reflejan la dinámica en los espacios de cobertura vegetal urbana, construcciones civiles y espacios abiertos disponibles. El índice de cobertura vegetal urbana en el año 2005 representó 30,24 m<sup>2</sup>/hab, lo que supera el índice dictado por la Organización Mundial de la Salud de 10 m<sup>2</sup>/hab, ahora bien, para el año 2013 este índice representó una baja a 22,94 m<sup>2</sup>/hab, pero sigue siendo superior a la norma internacional que dicta la OMS en la que asegura que entre más alto el índice de áreas verdes o coberturas vegetales urbanas habrá un mayor impacto sobre la calidad de vida del habitante urbano. Se puede afirmar que se presentó una disminución de 24,14% de cobertura vegetal urbana entre los años 2005 y 2013.

En cuanto al estudio desarrollado por Mena *et al.* (2011) al determinar los índices para la ciudad de Parral, identificó que el área que estudio dispone de 12,72 ha de áreas verdes, equivalentes a 4,82 m<sup>2</sup>/hab, lo cual implica una frecuencia de áreas verdes de 0,022 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. Estos valores podrían aumentar, si se agregan los espacios abiertos disponibles, llegando con ello a 12,06 m<sup>2</sup>/hab.

De acuerdo a lo señalado por Orta (1996), la disponibilidad promedio de áreas verdes en Francia es de 25 m<sup>2</sup> por habitantes, mientras que en España ronda los 12 m<sup>2</sup>.

Por otro lado, la ciudad de Curitiba en Brasil cuenta en la actualidad con 20 millones de m<sup>2</sup> de área verde, lo que representa 52,2 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, superando largamente la propuesta de la Sociedad Brasileña de Arborización Urbana (SBAU) de 15 m<sup>2</sup> por habitante (SBAU, 1996), mostrando índices de cobertura vegetal urbana altos por habitante.

En cuanto a Nilo (2003) afirma que de acuerdo a un catastro realizado por la Comisión Nacional de Medio Ambiente en el año 2003 el promedio metropolitano era de 3,2 m<sup>2</sup>/hab, pero las comunas más pobres registraban valores muy inferiores entre 2,9 y 0,4 m<sup>2</sup>/hab, mientras que las comunas de los más altos ingresos tenían entre 6,7 y 18,8 m<sup>2</sup>/hab. De igual manera Reyes y Figueroa (2010), registraron en su investigación que en el año 2009 el promedio era de 3,9 m<sup>2</sup>/hab con valores extremos de 1,3 m<sup>2</sup>/hab en Quinta Normal, y 12,6 m<sup>2</sup>/hab en Santiago.

Por último, Sanchez (2010) afirma en su estudio realizado en Santiago de Chile que en Vitacura con una población de casi 81.000 personas tiene 18,3 m<sup>2</sup> por habitante, mientras Puente Alto con unos 692.000 habitantes posee 1,8 m<sup>2</sup> por cada residente. Providencia es la segunda comuna con mayor superficie de áreas verdes por individuo, con 13,8 m<sup>2</sup>, cifra que dista del 1,2 m<sup>2</sup> que tiene Pedro Aguirre Cerda, el sector con el índice más bajo. Quinta Normal, Pudahuel e Independencia también muestran números preocupantes, con 1,3 m<sup>2</sup> verdes por cada persona.

Los resultados obtenidos por los autores anteriormente mencionados en comparación con los datos obtenidos en esta investigación reflejan una similitud en los promedios del área de cobertura vegetal urbana por habitante, en las comunas seis (6) y siete (7) de la ciudad de San Juan Pasto indicó 22,94 m<sup>2</sup>/hab, respectivamente.

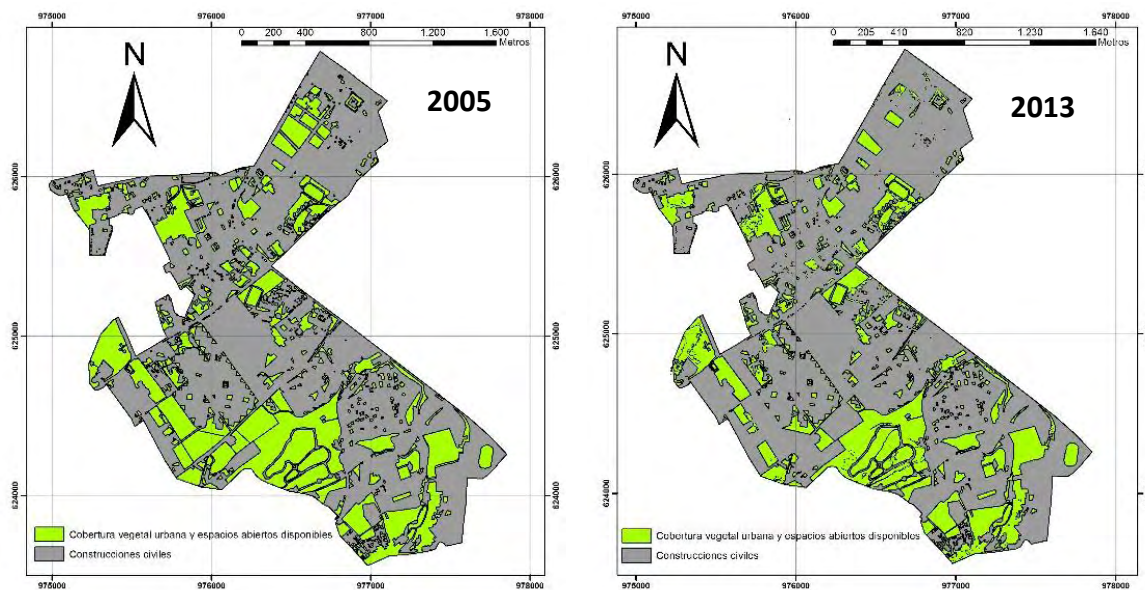
Dependiendo del tipo de ciudad, existe una alta variabilidad en el indicador de metros cuadrados (m<sup>2</sup>) por habitante, lo que podría asociarse a los niveles socioeconómicos de los habitantes y al tipo de ciudad y sociedad.

Índice de disponibilidad. La determinación de índices explicativos en la dinámica de la cobertura vegetal urbana aporta al desarrollo de las ciudades en proyección, otorga cifras que funcionan como referencia cuantitativa, además de representar un punto de partida para el control, planificación, creación y manejo de las coberturas vegetales urbanas. En el caso del área estudiada, el considerar las coberturas vegetales en las comunas seis (6) y siete (7) se determinó que el área de influencia es de 4'624.120,8 m<sup>2</sup>, logrando un predominio inclusive por fuera del polígono de las comunas.

### **Análisis y detección de cambios**

De acuerdo al análisis realizado, los resultados muestran que en las comunas seis (6) y siete (7) han ocurrido varios cambios en la cobertura vegetal urbana, espacios abiertos disponibles y construcciones civiles (Figura 7), ocasionados por el crecimiento de las áreas urbanizadas en la ciudad durante los últimos 8 años.

**Figura No 7. Construcciones civiles.**



**Fuente:** Este estudio (2014).

Las construcciones civiles son la principal causa de disminución de espacios abiertos disponibles y coberturas vegetales. La expansión urbana conlleva al desarrollo de la ciudad en obras de carácter civil, las comunas seis (6) y siete (7) no han sido excepción de ese

fenómeno y han presentado un crecimiento porcentual positivo en cuanto a obras civiles, conllevando a la disminución de las coberturas vegetales y espacios abiertos.

En la **tabla 3** se muestra la dinámica en la disminución de la cobertura vegetal urbana 2005 y 2013.

**Tabla 3.** Cobertura urbana en los últimos 8 años.

Clasificación	Año 2005 (m <sup>2</sup> )	% del área	Año 2013 (m <sup>2</sup> )	% del área	Comportamiento (%)
Pastizales	1'615.963,33	42,68	1'307.309,70	34,52	↓ 19,11
Arborización	44.897,96	1,18	50.734,69	1,33	↑ 12,7
Espacios Abiertos Disponibles	48.157,30	1,27	17.912,69	0,47	↓ 62,9
Construcciones Civiles	2'077.253,59	54,87	2,612.419,21	63,68	↑ 16,1
<b>TOTAL</b>	3'786.272,18	100	3'786.272,18	100	

**Fuente:** este estudio (2014).

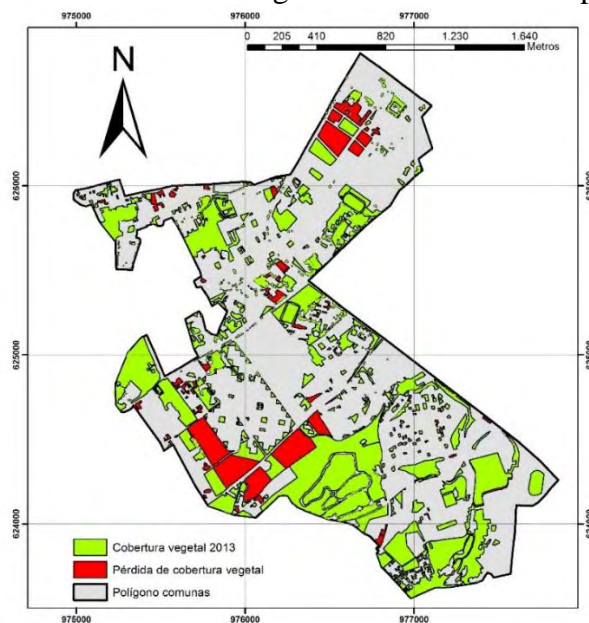
**Cambios cobertura vegetal urbana.** Con referente a la tabla 3, los pastizales en las comunas seis (6) y siete (7) en el municipio de Pasto para el año 2005 cubría 1'615.963,33 m<sup>2</sup>, 42,68% de su extensión total. La actualización de la fotografía aérea para el año 2013 reportó que se perdieron 308.653,63 m<sup>2</sup>, durante estos 8 años. La arborización urbana cubría 1,18% para el año 2005 de la extensión total de las comunas, para el año 2013 la actualización de la fotografía aérea reportó un aumento, siendo un 1,33 % de la extensión total en el área de estudio. De igual manera para el año 2005 los espacios abiertos disponibles reportaron 48.157,30 m<sup>2</sup>, 1,27 % del área de estudio, esta tuvo una drástica baja

reportando en la actualización para el año 2013 una disminución de 30.244,61 m<sup>2</sup>, esta corresponde a 0,47 % del área total de la zona de estudio. Cabe señalar que las construcciones civiles para el año 2005 ocuparon 2'077.253,59 m<sup>2</sup> siendo 54,87 % y para el año 2013 ocupa 2,408.299,18 m<sup>2</sup> siendo un 63,68 % de la superficie terrestre del estudio total.

Lopez y Guevara (2012) en el análisis de cobertura vegetal en la microcuenca urbana Hato de la Virgen ubicada en el municipio de Ibagué, identificaron un aumento considerable de la infraestructura (16,07 %), los pastos aumentaron en 15.29 %. La arborización urbana aumentó un 9.34%.

Cataluña y colaboradores (2011) en su investigación en la microcuenca urbana La Aurora ubicada en el municipio de Chocó, identificaron un desarrollo en infraestructura civil (22,6%), los pastos disminuyeron un 12,43 % y la arborización presentó un aumento en un 2,4 %, proceso estudiado entre los años 2004 y 2007.

**Figura No 8.** Diferencia de Cobertura Vegetal Urbana durante el periodo 2005 a 2013

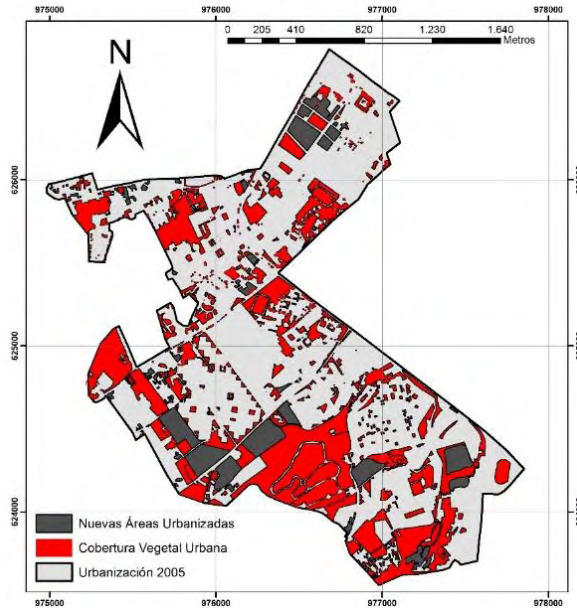


**Fuente:** este estudio (2014).

La figura No 8 presenta la pérdida de cobertura vegetal urbana en las comunas seis (6) y siete (7), siendo las construcciones civiles el principal causante de esta disminución. La

presencia de la vía Panamericana y demás avenidas han influido en el desarrollo urbanístico de esta zona. Los pastizales ha sido la cobertura vegetal que ha sufrido una mayor disminución de área.

**Figura No 9.** Nuevos espacios urbanizados y cobertura vegetal urbana 2013.



**Fuente:** Este estudio (2014).

De igual manera, los espacios abiertos disponibles se ven afectados por las construcciones civiles, como se muestra en la interposición de imágenes de la figura 9. Esta figura indica las nuevas áreas urbanizadas, la urbanización ya presente desde el 2005 y la cobertura vegetal urbana para el año 2013.

## CONCLUSIONES

Al comparar los índices de cobertura vegetal y espacios abiertos disponibles en los períodos de estudio, se observó una tendencia hacia la arborización en el año 2013; sin embargo, los pastizales y espacios abiertos disponibles fueron mayores en el año 2005, el año 2013 presentó disminución de área en pastizales y espacios abiertos disponibles.

La superposición de imágenes en el análisis y detección de cambios indicó que hay una disminución y/o cambio de las coberturas vegetales urbanas causa de efectos de carácter antrópico.

Se considera que los factores más importantes en los cambios correspondientes al área de coberturas en el lapso de 8 años, es el aumento considerable de las construcciones civiles dentro de las comunas, lo que significó un aumento de tipo de cobertura a costa de la cobertura vegetal urbana.

Se propone como alternativa de conservación de las coberturas vegetales urbanas, la inclusión de estas, dentro de los espacios abiertos disponibles, como también considerar dentro de las políticas ambientales, a las coberturas vegetales urbanas como eje principal de la sostenibilidad vegetal urbana.

## **BIBLIOGRAFIA**

AKBARI, H y KONOPACKI, S. (2005). Calculating energy-saving potentials of heat-island reduction strategies. Energy Policy. p. 721-756.

ALCALDIA MUNICIPAL DE PASTO. (2013). Datos generales del Municipio de Pasto. Consultado: Julio, 2013. Disponible en: <http://goo.gl/6jZBcR>

CATALUÑA, M, MONTERO, D y CAICEDO, C. (2009). Proyecto Nuevo Quibdó. Colombia. Consultado: Diciembre, 2013. Disponible en: <http://goo.gl/Wy9xBm>

CHUVIECO, E. (2000). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en base a imágenes satelitales y su relación con las patentes de desmonte en concepción l área de los municipios de Concepción y San Javier en los periodos 1996-1998 y 1998-2000. Tesis de postgrado. Bolivia. p. 29. Consultado: Enero, 2014. Disponible en: <http://goo.gl/FRntc0>

CORPOÑARIÑO. (2004). Actualización plan de ordenamiento cuenca alta del río Pasto. San Juan de Pasto, Nariño. 74 p.



KAPLAN, R y KAPLAN, S. (1989). The Experience of Nature. Cambridge: Cambridge University Press. 340 p.

NILSSON, K y RANDRUP, T. (1997). Urban and peri-urban forestry. en: WORLD FORESTRY CONGRESS, Antalya. Forest and tree resources. Bakanlikar, p. 97-110.

NOWAK, D, CRANE, D y STEVENS, J. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry & Urban Greening, p.115-123.

KRISHNAMURTHY, y NASCIMENTO, J. (1997). Áreas verdes urbanas en América Latina: una introducción, en “Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe”. 42 p.

MENA, C. ORMAZÁBAL, Y. MORALES, Y. SANTELICES, R. y GAJARDO, J. (2011). Índices de área verde y cobertura vegetal para la ciudad de Parral (Chile), mediante Fotointerpretación Y SIG. 11 p.

NILO, C. 2003. Plan verde: Un instrumento para la gestión y el fomento de las áreas verdes en el Gran Santiago. Consultado: Junio, 2013. Disponible en: <http://goo.gl/qviJnr>

LOPEZ, J. y GUEVARA, C. 2012. Análisis del cambio de tipo de cobertura en la microcuenca urbana Hato de la Virgen ubicada en el municipio de Ibagué. Universidad del Tolima, Colombia. 8p.

ORTA, S. (1996). La empresa de jardinería y paisajismo. Madrid: Mundi-Prensa. 362 p.

REVISTA NARIÑO. (2007). Problemas Ambientales en el Municipio de Ipiales. Consultado: Agosto 2013. Disponible en: <http://goo.gl/y1kAvG>

REYES, S. y FIGUEROA, I. (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. Estudios Urbanos Regionales, EURE. Pontificia Universidad Católica de Chile.

RODRÍGUEZ, M., ROMERO, M. y MUÑOZ, D. (2009). Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca las Minas, Corregimiento de la

Laguna, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Pasto - Nariño. 16 p.

SANCHEZ, N. (2010). Áreas verdes en el Gran Santiago: estadísticas. Consultado: Agosto, 2013. Disponible en: <http://goo.gl/iW5yrB>

SBAU. (1996). (Sociedad Brasileña de Arborización Urbana). SBAU Informativo Trimestral.

WAREING, P. (1963). Physiological studies on the rooting of cuttings. Comisión Forestal. Reporte de desarrollo forestal. Londres, Inglaterra.