

ANÁLISIS DE LA COBERTURA VEGETAL, USO DEL SUELO Y SU IMPACTO EN LA DESECACIÓN DEL LAGO DE TOTA

COVERAGE ANALYSIS PLANT, LAND USE AND ITS IMPACT ON THE DRYING OF LAKE TOTA

María Cristina Mateus
Ing. Agrónoma.
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia,
Cristinamateus2000@yahoo.com

RESUMEN

El trabajo está orientado a analizar, el cambio de cobertura y determinar su impacto en la desecación del Lago de Tota, con fotografías aéreas pancromáticas y una imagen satelital Spot, en la subcuenca del Lago de Tota ubicada entre los municipios de Sogamoso, Tota, Cuitiva, Iza y Aquitania en el departamento de Boyacá, en un periodo de evaluación de 15 años, entre 1995 y 2010

Palabras clave: Sensores remotos, fotografías aéreas, imagen satelital, cobertura del suelo, Lago de Tota

ABSTRACT

The work is aimed to analyze the change in coverage and determine their impact on the drying of Lake Tota, with panchromatic aerial photos and satellite imagery Spot in the basin of Lake Tota located between the towns of Sogamoso, Tota, Cuitiva, Iza and Aquitania, in an evaluation period of 15 years the department of Boyacá, between 1995 and 2010

Keywords: *Remote sensing, aerial photography, satellite imagery, land cover Lake Tota.*

INTRODUCCIÓN

Siendo Colombia un país con una gran cantidad de recursos naturales los cuales son utilizados para su desarrollo económico-social, el tema ambiental es de gran importancia y es el punto central a tratar cuando se habla de un desarrollo sostenible y sustentable de una región en el cual también se encuentran inmersos los ámbitos socio-culturales, políticos y económicos, que son los que van a determinar la calidad de vida de sus habitantes.

Los cuerpos de agua continentales tienen una gran importancia en el mantenimiento de la vida terrestre y su preservación es fundamental para evitar el deterioro de los ecosistemas ocasionado por algún tipo de contaminación natural y o antrópica.

El Lago de Tota merece una especial atención ya que sus aguas constituyen una fuente de abastecimiento para fines urbanos, agrícolas e industriales. En los últimos 26 años el lago de Tota ha perdido por lo menos cien hectáreas de su banco de agua. La transparencia también decreció, pues en el pasado podían verse con claridad las plantas acuáticas de la profundidad. Además ha aumentado la deforestación en la cuenca y el nivel de erosión. Durante 2011 al lago se le extrajeron unos 69.931 metros cúbicos de agua por día. Es la base industrial de empresas ubicadas en el municipio de Sogamoso como Acerías Paz de Río, de igual manera el Lago de Tota es fuente de abastecimiento de agua para los municipios de Sogamoso, Aquitania, Cuítiva, Tota, Iza, Firavitoba, Nobsa y Tibasosa, además, es fuente de la agricultura en seis municipios.

La utilización de imágenes provenientes de sensores remotos, así como el análisis multitemporal establece los diferentes factores que han intervenido en el cambio del ecosistema, es por ello que para el presente estudio, la utilización de estas herramientas es soporte para la identificación de factores negativos en la desecación de fuentes hídricas.

Con el presente trabajo se pretende realizar una visión retrospectiva evaluándose los usos del suelo que han tenido especial impacto negativo sobre la dinámica de desecación del lago de Tota, mediante la realización de un análisis multitemporal, utilizando sensores remotos, de donde se obtendrán resultados de análisis a nivel de vegetación y usos de la tierra en el área de influencia del lago de Tota (desde el año 1995 hasta el 2010), permitiendo con ello apoyar las labores que viene desarrollando entidades estatales como CorpoBoyacá, en la protección del lago de Tota.

El objetivo de este trabajo es analizar e identificar las áreas de mayor impacto negativo sobre la dinámica de desecación sobre el lago de Tota, mediante análisis multitemporal de la cobertura y uso del suelo.

1. LOCALIZACIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El Lago de Tota es un cuerpo de agua dulce situado en el departamento de Boyacá a 15 km al sur de la ciudad de Sogamoso, en jurisdicción de los municipios de Cúitiva, Tota y Aquitania. La subcuenca del lago de Tota está a una altura entre los 3.015 msnm y más de 3.600 msnm y tiene un área de aproximada de 22.000 hectáreas de las cuales 55 Km² corresponden al espejo de agua.

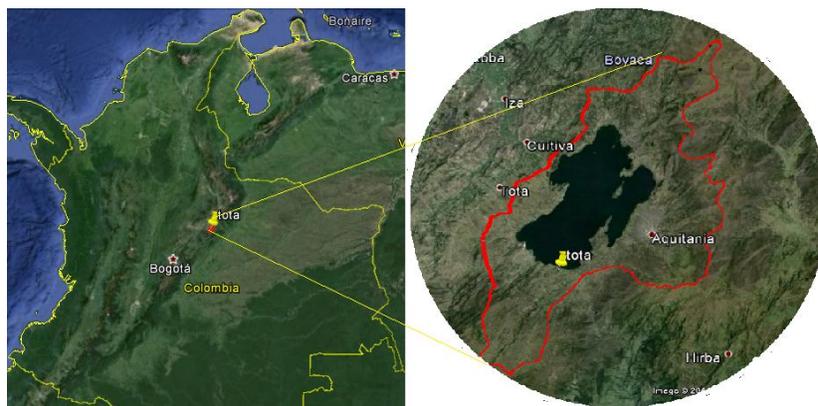


Figura 1 Ubicación geográfica del Lago de Tota.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se presentan los insumos utilizados y métodos para analizar el cambio de cobertura y determinar su impacto en la desecación del Lago de Tota

2.1. INSTRUMENTOS DE PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS

Para la ejecución del proyecto se utilizó el software PCI Geomatics y ArcGIS.

2.2. METODOLOGÍA

Las principales actividades comprendidas para el desarrollo del proyecto se observan en la Figura 2, donde se establece la relación y el orden evolutivo de los procedimientos que se llevaron a cabo para lograr identificar y visualizar el objetivo del presente documento.

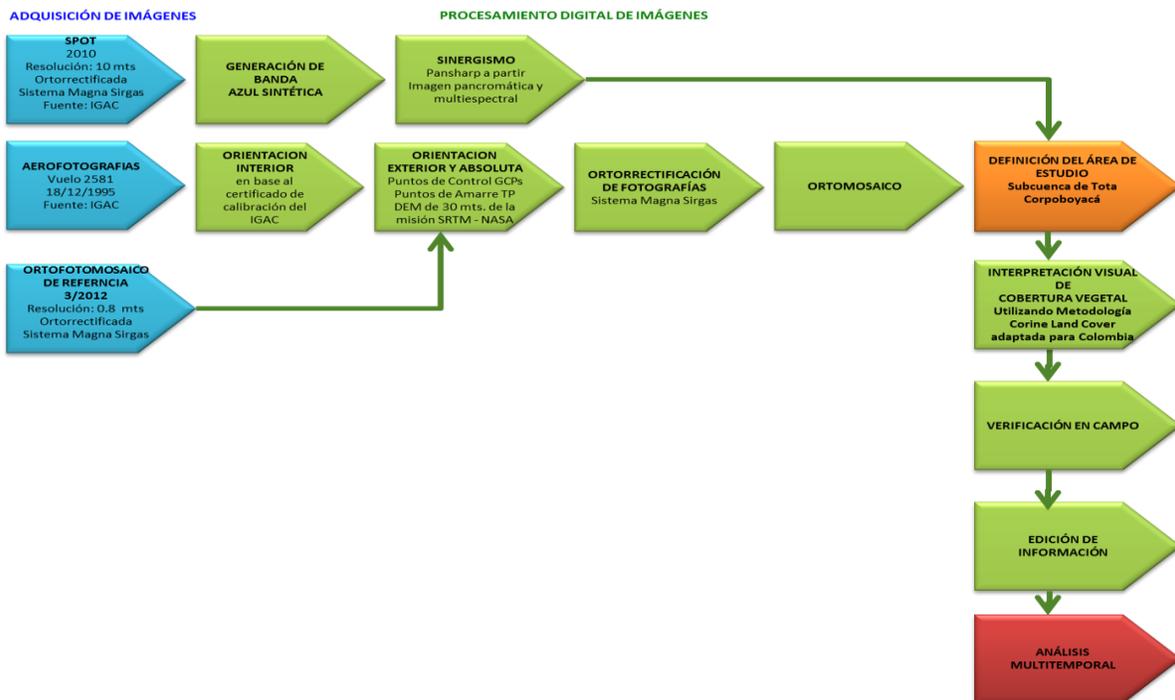


Figura 2 Metodología.

Adquisición de las Imágenes.

En el proceso de identificación y selección de las imágenes a adquirir se tuvo en cuenta los siguientes criterios de selección:

- ❖ Resolución temporal: Búsqueda exhaustiva de imágenes provenientes de sensores aerotransportados como satelitales entre los años 1990 a 2013.
- ❖ Índice de nubosidad: Porcentaje de nubosidad no mayor al 15%.
- ❖ Cubrimiento: Área de interés de la subcuenca del Lago de Tota.

En la Tabla 1 se relacionan los sensores adquiridos.

Sensor	Nivel de procesamiento	Fecha de toma
Fotografía Aérea pancromática	Cruda	18/12/1995
SPOT	Ortorectificada	2010
Fotografía Aérea a color	Ortorectificada	3/2012

Tabla 1. Sensores adquiridos

Procesamiento de las Imágenes

Inicialmente se preparó las fuentes de información base para el estudio, y para ello se realizó la corrección geométrica a las fotografías aéreas pancromáticas tomando como referencia el ortofotomosaico a color para la toma de puntos de control "GCP" y el Modelo Digital de Elevación "DEM" de la misión SRTM de la NASA y luego se generó el respectivo ortomosaico. En el caso de la imagen SPOT, se generó la banda Azul sintética a partir de las bandas verde, roja e Infrarrojo cercano con el objeto de obtener una imagen que facilitará una adecuada interpretación visual y finalmente esta imagen se fusiono con la imagen pancromática SPOT para obtener un producto pansharp de mejor respuesta espacial y espectral.

Posteriormente se realizó la interpretación manual y visual en pantalla de la cobertura vegetal presente en el ortomosaico de aerofotografías y en la imagen SPOT, teniendo como criterios las características morfológicas, forma, textura y patrón, así como su contexto espacial, en unidades clasificadas según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Ver Tabla 2.

ATRIBUTOS MAPA DE COBERTURA			
OBJECTID	AREA	CODIGO	COBERTURA
1	41.494	111	1.1.1. Tejido urbano continuo
2	16.538	122	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
3	26.623	2141	2.1.4.1. Cebolla
4	33.197	231	2.3.1. Pastos limpios
5	14.475	232	2.3.2. Pastos arbolados
6	5.944	233	2.3.3. Pastos enmalezados
7	3.928	233	2.3.3. Pastos enmalezados
8	15.615	241	2.4.1. Mosaico de cultivos
9	45.840	242	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos
10	35.621	243	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
11	136.497	244	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales
12	3.340	313	3.1.3. Bosque fragmentado
13	0.199	314	3.1.4. Bosque de galería y ripario
14	21.050	3151	3.1.5.1. Plantación de coníferas
15	3.436	3152	3.1.5.2. Plantación de latifoliadas
16	4.045	3211	3.2.1.1. Herbazal denso
17	0.000	3212	3.2.1.2. Herbazal abierto
18	3.585	331	3.3.1. Zonas arenosas naturales
19	8.118	413	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
20	5509.969	512	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
21	0.405	5143	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental

Tabla 2. Atributos para el Mapa de Cobertura del suelo. **Fuente:** El Autor

Verificación en campo. Para mejorar y validar la interpretación preliminar se realizó una comparación de las diferentes coberturas con un ortofotomosaico del año 2012 y se complementó con la inspección visual directa del terreno lo que permitió ajustar las categorías temáticas de cobertura suelo.

Análisis multitemporal. Se realizó una comparación de imágenes previamente clasificadas de manera independiente. El requisito fue tener elaborada la misma leyenda temática para las dos fechas, con el propósito de que sean realmente comparables. Para efectos de cuantificar la presencia de cada cobertura, se calculó sus respectivas áreas y a partir de esta información se generó una tabla multitemporal de cambios, en donde se presentan y cualifican los cambios en la cobertura presentes entre 1995 y 2010, lo que permite observar, no sólo las zonas de cambio y magnitud del cambio sino también comparar la cobertura de 1995 y la de 2010. La detección de cambios en la cobertura y uso del suelo de la subcuenca se realizó a través de un procedimiento de intersección entre las dos coberturas (1995 y 2010).

Determinación de la cobertura que más incide en la desecación del lago.

Con el fin de facilitar el análisis y la calificación se le asignaron códigos a cada cobertura. Ver Tabla 3.

COBERTURA	CODE
1.1.1. Tejido urbano continuo	A
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	B
2.1.4.1. Cebolla	C
2.3.1. Pastos limpios	D
2.3.2. Pastos arbolados	E
2.3.3. Pastos enmalezados	F
2.4.1. Mosaico de cultivos	G
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	H
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	I
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	J
3.1.3. Bosque fragmentado	K
3.1.4. Bosque de galería y ripario	L
3.1.5.1. Plantación de coníferas	M
3.1.5.2. Plantación de latifoliadas	N
3.2.1.1. Herbazal denso	O
3.2.1.2. Herbazal abierto	P
3.3.1. Zonas arenosas naturales	Q
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	R
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	S
5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental	T

Tabla 3. Codificación de las coberturas del suelo. **Fuente:** El Autor

Para determinar la cobertura de mayor incidencia en la desecación del lago se realizó una matriz donde se calificó el tipo de cobertura, el cambio en el tiempo y su grado de afectación sobre el recurso hídrico, se dieron 3 valores: 5 alta afectación, 3 media afectación, 1 baja afectación. Ver Tabla 4. En la tabla 5 se muestran los valores asignados a cada uno de los criterios para definir el grado de afectación de las coberturas en la desecación del Lago de Tota.

TABLA DE CALIFICACION GRADO DE AFECTACION	
GRADO	CRITERIOS
ALTO: 5	Coberturas expuestas a erosión, escorrentías y que favorecen la pérdida de suelo.
MEDIO: 3	Coberturas que favorecen en cierto grado la disminución de escorrentías e infiltración del agua.
BAJO. 1	Coberturas que favorecen la protección del recurso hídrico.

Tabla 4 Calificación grado de afectación. **Fuente:** El Autor

Para identificar la cobertura que más incide en la desecación del lago se generó un mapa a escala 1:25000 derivado del cruce de las coberturas de 1995 y 2010. A resultado de este cruce se le asignó a cada cobertura la calificación para definir el grado de afectación o impacto que genera sobre el Lago de Tota. En la tabla 5 se presenta la calificación dada a cada una de las coberturas del suelo de acuerdo a su incidencia en la desecación del lago de tota.

CALIFICACION GRADO DE AFECTACION POR COBERTURA									
CODE	CALIFICACION	CODE	CALIFICACION	CODE	CALIFICACION	CODE	CALIFICACION	CODE	CALIFICACION
AA	1	EC	5	GM	1	JI	3	OP	1
BB	3	ED	1	GN	1	JJ	3	PB	5
CB	5	EE	1	HB	5	JR	1	PF	1
CC	5	FB	5	HD	3	KK	1	PH	3
CG	5	FC	5	HF	3	KN	1	PP	1
CN	1	FD	1	HG	5	LL	1	QN	1
DB	3	FE	1	HH	3	MM	1	QQ	1
DC	5	FF	1	HI	3	NN	1	QS	1
DD	1	FG	5	HN	1	NR	1	RD	3
DE	1	FH	3	HO	1	NS	1	RI	3
DF	1	FN	1	IB	5	OB	5	RR	1
DG	5	GB	5	IC	5	OD	3	RS	1
DH	3	GC	5	II	3	OF	3	SQ	1
DM	1	GD	1	IN	1	OG	5	SR	1
DN	1	GF	1	JG	5	OH	3	SS	0
DO	1	GG	5	JH	3	OO	1	TT	1
DP	1	GH	3						

Tabla 5. Calificación grado de afectación por cobertura. **Fuente:** El Autor

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

Análisis Multitemporal. Los resultados del análisis multitemporal de la cobertura para las fechas de 1995 y 2010 se presentan como productos digitales en formato vectorial y alfanumérico. Los productos vectoriales son dos mapas de cobertura de la tierra a escala 1:25.000, derivados de la interpretación de aerofotografías del año 1995 y de una imagen Spot del año 2010.

Los Mapas de cobertura del suelo representan la cobertura existente en los años 1995 y 2010, y nos permite representar con mayor precisión los cambios o no de cobertura durante este tiempo.

Estimación de la pérdida de cobertura vegetal y análisis de los cambios ocurridos en la cobertura. La ampliación de la frontera agrícola genera dinámicas

de cobertura de la tierra que pueden ser analizadas con herramientas de multitemporalidad, determinando cuales son las coberturas que se destruyen o modifican a través del tiempo. Para este análisis se realizó la superposición cartográfica de unidades de cobertura vegetal, determinadas para los años 1995 y 2010.

Tipo de cobertura en los diferentes periodos. En la Tabla 6 y Figura 3 se presenta la clasificación de uso de la tierra en los años 1995 y 2010.

CAMBIOS EN LA SUPERFICIE POR TIPO DE COBERTURA DEL SUELO.							
COBERTURA		AREA 1995		AREA 2010		DIFERENCIA EN EL TIEMPO	
COD	NOMBRE	Has	%	Has	%	Has	%
111	Tejido urbano continuo	41.49	0.18	41.49	0.18	0	0.000
122	Red vial	121.12	0.54	128.32	0.57	7	0.032
2141	Cebolla	1955.15	8.70	2047.20	9.11	92	0.410
231	Pastos limpios	822.20	3.66	740.28	3.29	-82	-0.364
232	Pastos arbolados	99.93	0.44	123.85	0.55	24	0.106
233	Pastos enmalezados	286.69	1.28	141.27	0.63	-145	-0.647
241	Mosaico de cultivos	1631.20	7.26	1589.19	7.07	-42	-0.187
242	M. de pastos y cultivos	2809.44	12.50	2729.69	12.14	-80	-0.355
243	M. cultivos, pastos y E. naturales	368.02	1.64	563.09	2.51	195	0.868
244	M. pastos con espacios naturales	174.42	0.78	112.18	0.50	-62	-0.277
313	Bosque fragmentado	85.24	0.38	23.86	0.11	-61	-0.273
314	Bosque de galería y ripario	10.26	0.05	10.26	0.05	0	0.000
3151	Plantación de coníferas	434.32	1.93	435.08	1.94	1	0.003
3152	Plantación de latifoliadas	1491.54	6.64	1662.19	7.40	171	0.759
3211	Herbazal denso	6409.38	28.52	6393.77	28.45	-16	-0.069
3212	Herbazal abierto	42.12	0.19	38.99	0.17	-3	-0.014
331	Zonas arenosas naturales	10.80	0.05	10.10	0.04	-1	-0.003
413	V. acuática sobre cuerpos de agua	169.16	0.75	183.94	0.82	15	0.066
512	Lagunas, lagos	5514.28	24.53	5501.99	24.48	-12	-0.055
5143	Estanques para acuicultura	0.41	0.00	0.41	0.00	0	0.000
TOTAL		22477.17	100.00	22477.17	100.00		

Tabla 6. Cobertura del suelo por año. **Fuente:** El Autor

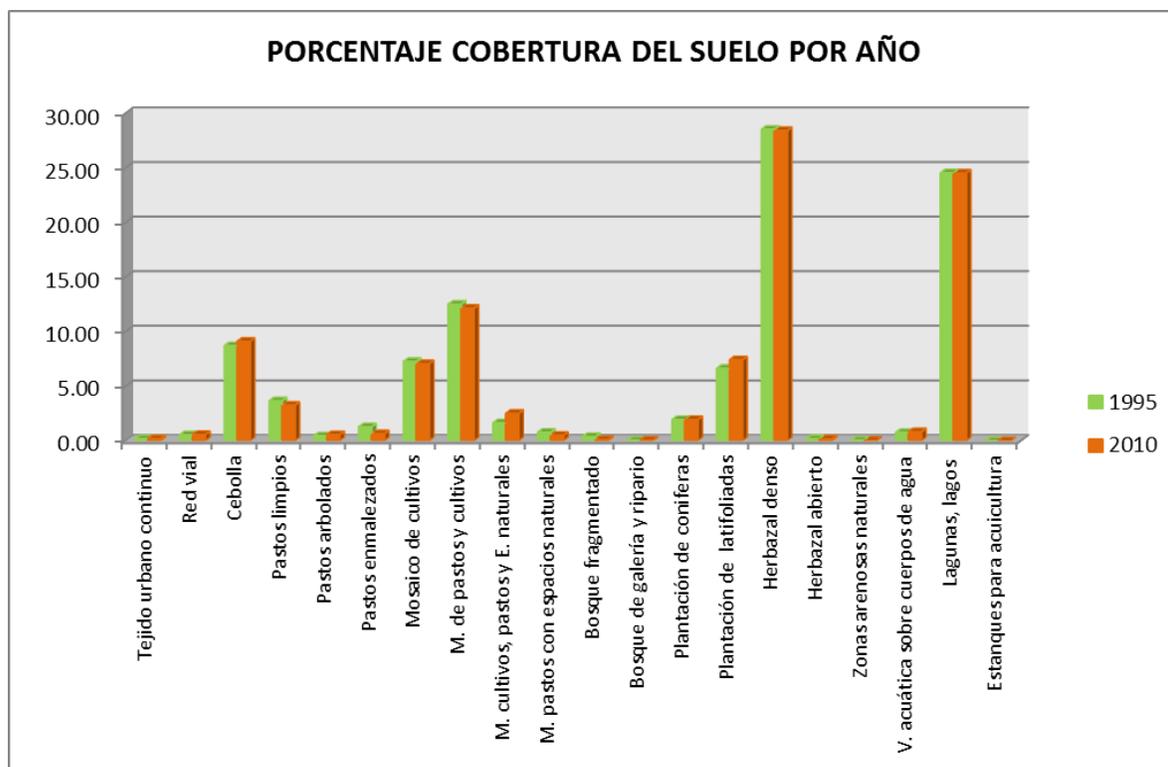


Figura 3 Porcentaje de Cobertura del suelo por año. **Fuente:** El Autor

En cuanto a la cobertura del suelo para el año 1995 se puede observar que el Herbazal denso ocupa la mayor área de la cuenca 6409.38 has (28.52%) y que para el año 2010 presentó una disminución de 16 Has, seguido de Mosaico de Pastos y cultivos paso de un 12.50% en 1995 a 10.789% en el 2010, mientras que el cultivo de la cebolla registro un aumento del 0.41% pasando de 1631.20 Has (7.25%) a 2047.20 Has (9.11%). La Plantación de Latifoliadas registra un leve aumento de 0.759% y la cobertura Lagunas y lagos presentó una disminución en su área del 0.055%, correspondiente a 12 Has.

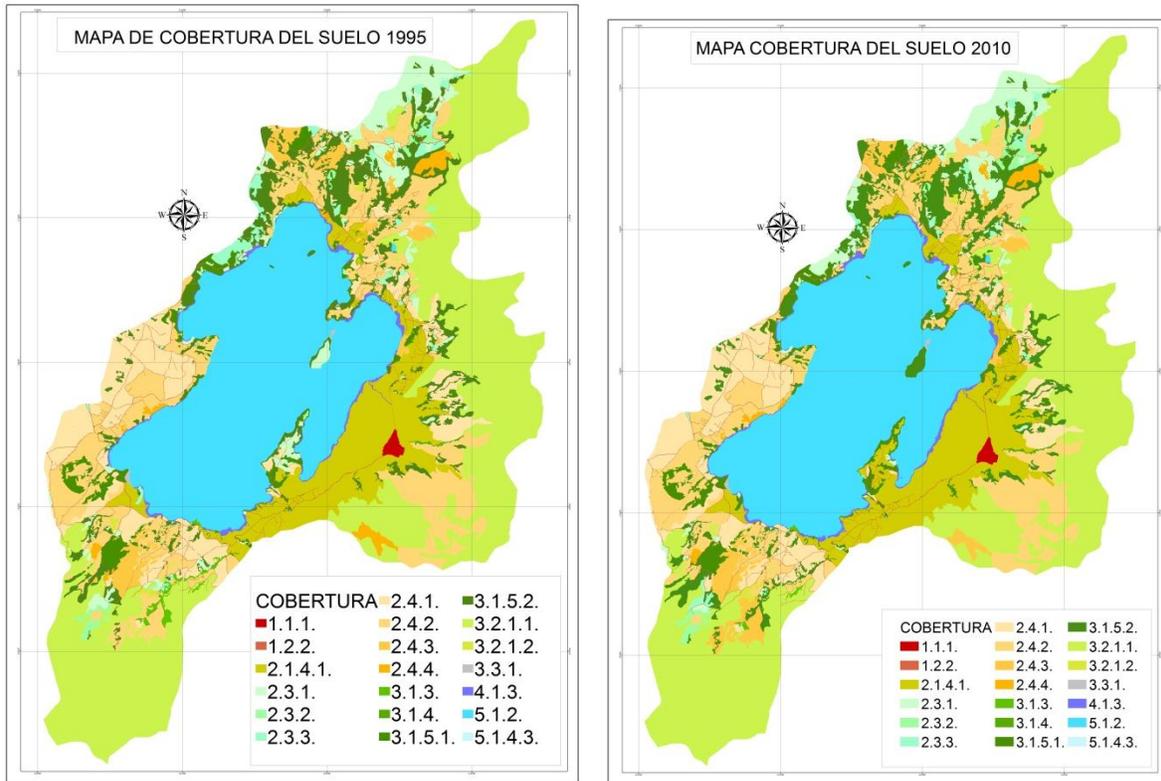


Figura 4. Mapas de Cobertura del suelo 1995 y 2010. **Fuente:** El Autor

Análisis multitemporal uso del suelo en la subcuenca Lago de Tota. La Tabla 7 nos muestra que la superficie dedicada al uso agropecuario registró una disminución del 0.55%, para el año 1995, 8147.05 Has estaban destinadas a uso agropecuario mientras que para el año 2010 se registraron 8046.77. El uso forestal y de protección se aumentó en un 0.4%, para el año 2010 se destinaron 8564.07 (Has) a bosques, plantaciones de coníferas, latifoliadas y Herbazales, mientras que para 1995 el área fue de 8472.857 Has.

La figura 5 nos muestra que no hubo cambios significativos en el uso del suelo durante 1995 y 2010.

CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO.							
COBERTURA / USO DEL SUELO		AREA 1995		AREA 2010		DIFERENCIA EN EL TIEMPO	
CODIGO	NOMBRE	Has	%	Has	%	Has	%
111	Tejido urbano continuo	41.49	0.18	41.49	0.18	0	-0.002
122	Red vial	121.12	0.54	128.32	0.57	7	0.026
TOTAL	TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	162.61	0.72	169.82	0.748	7	0.024
2141	Cebolla	1955.15	8.70	2047.20	9.01	92	0.316
231	Pastos limpios	822.20	3.66	740.28	3.29	-82	-0.365
232	Pastos arbolados	99.93	0.44	123.85	0.55	24	0.101
233	Pastos enmalezados	286.69	1.28	141.27	0.63	-145	-0.647
241	Mosaico de cultivos	1631.20	7.26	1589.19	7.07	-42	-0.188
242	M. de pastos y cultivos	2809.44	12.50	2729.69	12.14	-80	-0.356
243	M. cultivos, pastos y E. naturales	368.02	1.64	563.09	2.51	195	0.868
244	M. pastos con espacios naturales	174.42	0.78	112.18	0.49	-62	-0.282
5143	Estanques para acuicultura	0.41	0.00	0.41	0.00	0	0.000
TOTAL	AGROPECUARIO	8147.05	36.25	8046.77	35.696	-100	-0.553
313	Bosque fragmentado	85.24	0.38	23.86	0.11	-61	-0.273
314	Bosque de galería y ripario	10.26	0.05	10.26	0.05	0	0.000
3151	Plantación de coníferas	434.32	1.93	435.08	1.94	1	0.003
3152	Plantación de latifoliadas	1491.54	6.63	1662.10	7.39	171	0.767
3211	Herbazal denso	6409.38	28.52	6393.77	28.45	-16	-0.072
3212	Herbazal abierto	42.12	0.19	38.99	0.17	-3	-0.014
TOTAL	FORESTAL	8472.87	37.69	8564.07	38.101	91	0.412
331	Zonas arenosas naturales	10.80	0.05	10.1	0.045	-1	-0.003
413	V. acuática sobre cuerpos de agua	169.16	0.75	183.94	0.82	15	0.066
TOTAL	AREAS HUMEDAD Y SEMINATURALES	179.96	0.80	194.04	0.863	14	0.063
512	Lagunas, lagos	5514.28	24.53	5501.99	24.48	-12.28	-0.05
TOTAL	SUPERFICIES DE AGUA	5514.28	24.53	5501.99	24.48	-12.28	-0.05

Tabla 7 Cambios en el Uso del suelo. Fuente: El Autor

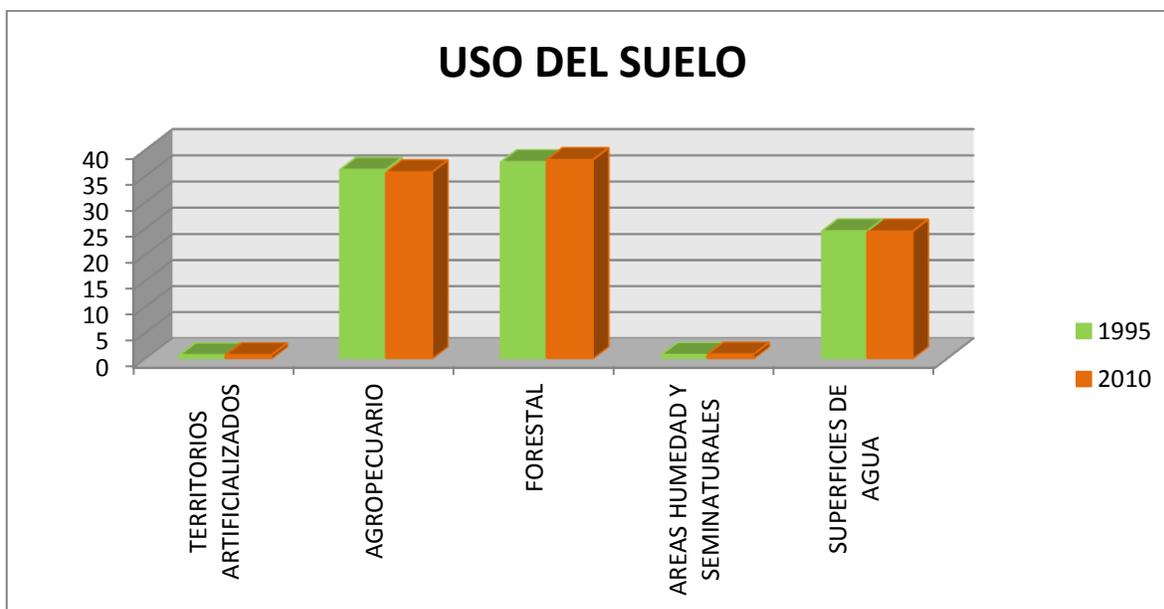


Figura 5 Comportamiento del uso del suelo. Fuente: El Autor

Análisis para la Determinación de la cobertura que más incide en la desecación del lago. En la Figura 6. Se observa que 3686.009 Has correspondientes a un 3.92% de la cobertura del suelo está incidiendo en la desecación del lago de Tota. Las coberturas correspondientes a cultivos, especialmente cebolla son las que más afectan al lago de Tota.

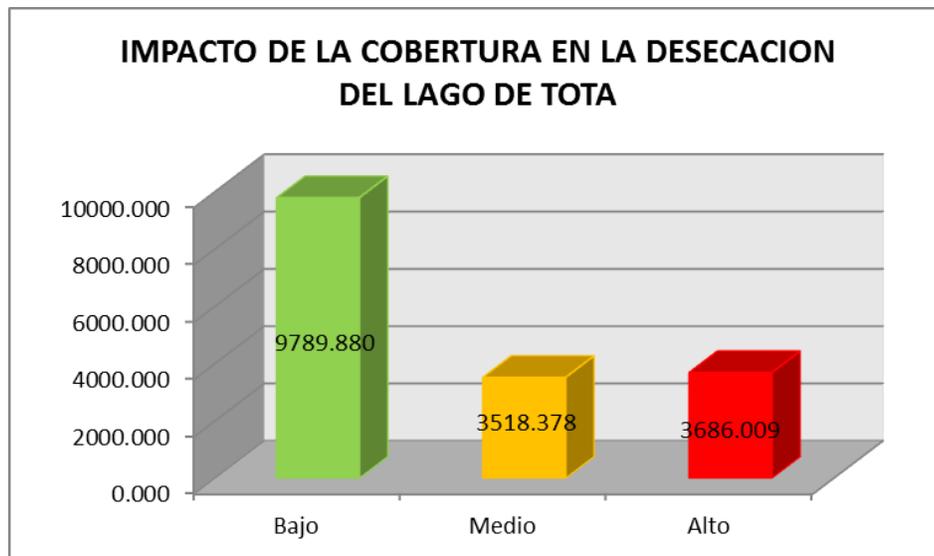


Figura 6. Impacto de la cobertura en la desecación del Lago de Tota. **Fuente:** El Autor

En la figura 7 se puede observar que la cobertura y uso del suelo que más incide en la desecación del lago de Tota está ubicado en el área próxima al cuerpo de agua y que corresponde al monocultivo de la cebolla. La Tabla 7 nos muestra que de 3686.009 Has de cobertura y uso del suelo que están incidiendo en la desecación del lago de Tota el 55.48% corresponde a cebolla.

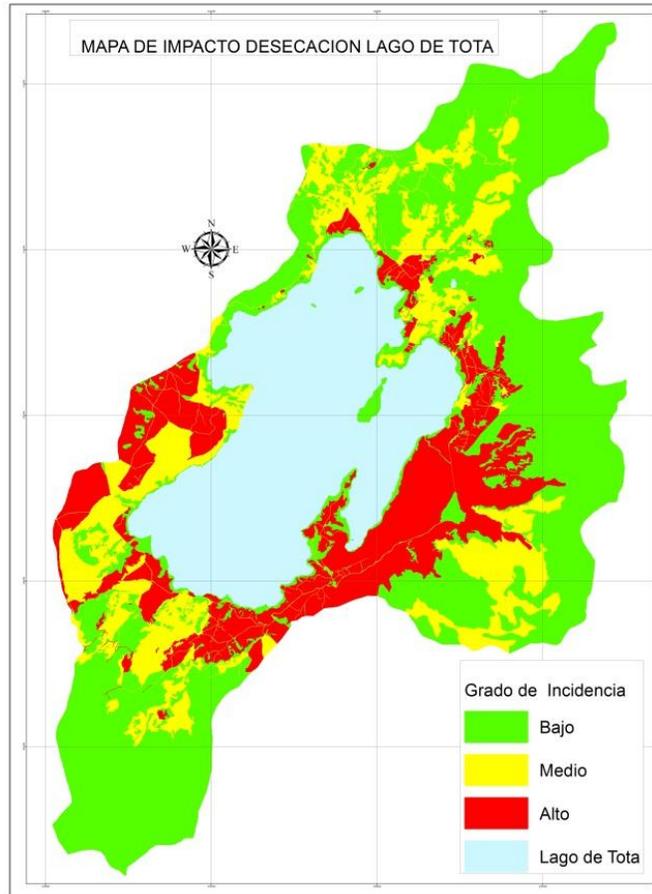


Figura 7 Mapa de impacto de la cobertura y uso del suelo en la desecación de lago de Tota. **Fuente:** El Autor

4. CONCLUSIONES

Los cambios ocurridos en la cobertura del suelo en la cuenca del Lago de Tota no fueron significativos durante este periodo, evidenciándose que el ser humano en su afán de sobrevivir ha usado desenfrenadamente los recursos modificando la cobertura de plantaciones de Latifoliadas en una serie de relictos donde aflora la roca y las áreas de cultivos de cebolla por años han sido destinadas a este sistema de producción el cual genera un impacto ambiental sobre este ecosistema.

El análisis comparativo de cada tipo de cobertura para las dos fechas muestra que no hubo grandes cambios en la subcuenca. Las plantaciones de coníferas y Bosque de galería y ripario no presentan cambios en la superficie, sin embargo las plantaciones de latifoliadas si muestran un leve aumento, el cual se debe a que una vez las áreas de producción agropecuaria presentan baja producción son dejadas en descanso para su recuperación.

Los pastos limpios y Mosaico de cultivos presentan una leve reducción, alguna de estas áreas pasaron a incrementar la superficie del cultivo de cebolla (monocultivo) especialmente el zona aledaña al lago.

Los Herbazales denso y abierto representan el 28.57% del área total de la subcuenca, los cuales se ubican en la zona de páramo. Esta cobertura reviste gran importancia para la regulación y captación de agua proveniente de los procesos de condensación en ésta zona, y por consiguiente favorecen el caudal del lago de Tota.

Las coberturas que más inciden en la desecación del lago son los cultivos especialmente el de la cebolla debido a son sistemas de monocultivos los cuales durante todo su estado vegetativo los suelos permanecen limpios y por tanto vulnerables a ser arrastrados por aguas lluvias o de regadío hasta el lago de Tota.

Este trabajo ha permitido determinar los cambios de cobertura a partir del análisis de fotografías aéreas e imágenes de satélite de diferentes fechas, contribuyendo a mejorar el acervo de información que será útil para la toma de decisiones que permitan un aprovechamiento sostenible de la cuenca del lago de Tota.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos:

Al Especialista Oscar Eduardo Forigua Forigua, por su valiosa colaboración.

A la Geóloga Adriana Cárdenas Quiroga, Coordinadora de la especialización en Geomática.

Al Instituto Geográfico Agustín Codazzi., IGAC por el suministro de imágenes satelitales y fotografías aéreas.

CorpoBoyacá. Por el suministro del polígono de la Subcuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Kienyke, «"Por qué está en peligro el lago de Tota?», *Kieneyke.com*, 2013.
- [2] CORPOBOYACA-PUJ, «"Plan de ordenación y manejo de la cuenca del lago de Tota.",» CORPOBOYACA-Pontificia Universidad Javeriana, Tunja, 2005.
- [3] Geoplades Cia.Itada, «"Estudio multitemporal del Nor-oriente del ecuador",» the nature Conservancy, Quito Ecuador, 2009.
- [4] E. Tiempo.com, «"Duitama tomará agua del lago de Tota",» *Duitama tomará agua del lago de Tota*, Febrero 2012.
- [5] Instituto Geografico Agustín Codazzi, «"Interpretacion visual de imágenes de sensores remotos y su aplicacion en el levantamiento de cobertura y uso de la tierra",» Bogotá, Bogotá, 2005.
- [6] Ministerio del Medio ambiente, Vivienda t Desarrollo territorial y UAESPNN, «"Adopción de la metodología Corine Land Cover para la caracterización de las coberturas de la tierra a escala 1:100.000 en las áreas del sistema de parques nacionales naturales de Colombia"».

ANEXOS

- ❖ Carpeta Imágenes
 - Fotomosaico_1995.Pix
 - Spot. Pix. Con 5 bandas
 - 3 bandas originales. (Verde , Rojo, Infrarrojo)
 - 1 banda sintética (azul)
 - 1 Banda pancromática

- ❖ Base de datos *.gdb.
LagoTota.gdb
 - Información vectorial.
Cobertura 1995
Cobertura 2010.
Impacto

- ❖ Archivo *. Mxd del proyecto para ser visualizados en el software ArcGis 10.2.
 - Cobertura 1995.mxd
 - Cobertura 2010.mxd
 - Impacto.mxd

- ❖ Carpeta con las estadísticas.
- ❖ Carpeta Pdf
 - Mapa de cobertura 1995
 - Mapa de cobertura 2010.
 - Mapa de Impacto