

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES  
CARRERA DE ECOLOGÍA**



**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS CAMBIOS DE LA COBERTURA DE LA  
TIERRA E INCIDENCIA DE LA FLORICULTURA EN EL MUNICIPIO DE  
MADRID, CUNDINAMARCA DESDE 1985 HASTA 2015**

**FELIPE HOMEZ TORRES**

Director del Trabajo de Grado: **Juan Carlos Benavides Duque**

**TRABAJO DE GRADO  
Presentado como requisito parcial  
Para optar al título de ECÓLOGO**

**Bogotá, D.C.**

Mayo 2017

Señor, Tú no defraudas a quien confía en Ti.  
A mi madre, quien ha sido la luz en el camino  
A Sussy, por su compañía y apoyo moral  
A Bruce Lee, mi socio.

## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	¡Error! Marcador no definido.
1. INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1. Problema de Investigación.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2. Justificación.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3. Propósito del proyecto.....	¡Error! Marcador no definido.
2. OBJETIVOS.....	¡Error! Marcador no definido.
3. MARCO TEÓRICO.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1. Ecología del paisaje.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2. Fragmentación y matrices de transición.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3. Análisis multitemporales.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4. Transformación antrópica y demografía .....	¡Error! Marcador no definido.
3.5. Floricultura .....	¡Error! Marcador no definido.
3.6. Antecedentes.....	¡Error! Marcador no definido.
4. Área de estudio.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1. Territorial/geográfico:.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3. Localización geográfica del área de estudio .....	¡Error! Marcador no definido.
4.2. Biofísico: .....	¡Error! Marcador no definido.
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	¡Error! Marcador no definido.
6. RESULTADOS.....	¡Error! Marcador no definido.
6.1. Clasificación de coberturas.....	¡Error! Marcador no definido.
6.2. Dinámica de transformación de la cobertura.¡	¡Error! Marcador no definido.
6.3. Cobertura de cultivos de flores.....	¡Error! Marcador no definido.
6.4. Evaluación de exactitud.....	¡Error! Marcador no definido.
7. DISCUSIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
9. BIBLIOGRAFÍA.....	¡Error! Marcador no definido.

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Evolución de las exportaciones 1970-2015.....	12
Figura 2. Diagrama conceptual .....	15
Figura 3. Localización geográfica del área de estudio .....	16
Figura 4. Diagrama metodológico.....	19
Figura 5. Mapa de clasificación de coberturas Madrid 1985 .....	22
Figura 6. Mapa de clasificación de coberturas Madrid 2000 .....	23
Figura 7. Mapa de clasificación de coberturas Madrid 2015 .....	24
Figura 8. Porcentaje de cobertura de cultivos de flores.....	26
Figura 9. Cobertura de cultivos de flores con respecto al área urbanizada. .	27
Figura 10. Exactitud de la clasificación según matrices de transición. ....	29
Tabla 1. Codificación de las unidades de coberturas de la tierra de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia.....	19
Tabla 2. Matriz general de coberturas .....	20
Tabla 3. Matriz de transición 1985- 2000 (porcentaje de pérdida).....	25
Tabla 4. Matriz de transición 2000-2015 (porcentaje de pérdida).....	25
Tabla 5. Cobertura de cultivos de flores .....	26
Tabla 6. Matriz de confusión 1985 .....	27
Tabla 7. Matriz de confusión 2000 .....	28
Tabla 8. Matriz de confusión 2015 .....	28

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación pretende dar a conocer los procesos de transformación en el paisaje que se han generado en el municipio de Madrid Cundinamarca por la incursión y desarrollo de la floricultura. El desarrollo industrial y agrícola del municipio ha llevado a cambios en los usos del suelo, prácticas agrícolas, economía, sistemas de extracción y sistemas de producción durante los últimos 30 años.

Este proyecto está situado bajo la pregunta general ¿Ha influido la floricultura en la transformación del paisaje desde 1985 hasta 2015 en el municipio de Madrid Cundinamarca? El trabajo de investigación tuvo una orientación cuantitativa, haciendo uso de imágenes de Google Earth donde se analizó la transformación del paisaje. Encontramos que el paisaje de Madrid se ha modificado de manera considerable en los últimos 30 años con un cambio de área de cobertura de cultivos de flores hasta el 2000 de 606 ha a 1667 ha y un cambio al 2015 a 1300ha. El trabajo evidencia el efecto de la floricultura y la importancia que tiene en el desarrollo de tal proceso agrícola en los cambios de cobertura del municipio. Esta investigación se espera que sirva de referente para posteriores planes de ordenamiento territorial en el municipio.

## **ABSTRACT**

The present research aims to show the processes of the transformation in the landscape that have been generated in the municipality of Madrid Cundinamarca by the incursion and development of floriculture. The changes generated in the land use, agricultural practices, economics, extraction systems and production systems over the last 30 years. By means of this series of factors it is expected to show the changes in the landscape.

Has the floriculture influenced the transformation of the landscape from 1985 to 2015 in the municipality of Madrid Cundinamarca? is the general question of this project that will have a quantitative orientation, it is intended to carry out a review of availability of Landsat images and aerial photographs where the landscape transformation can be analysed, finding out what changes of the coverage have been presented, what the change of the dominant coverage is, what the probability of the change of the coverages in the next period is and what factors determine the changes of the coverage; finally, it is expected to create a document showing the transformation of the municipality landscape, in such a way that it serves as a reference to subsequent plans of territorial ordering in the municipality.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Problema de Investigación**

La transformación de los ecosistemas naturales es el resultado de la ocupación humana y el uso del suelo generando altas tasas de deforestación, debido al uso desordenado de la tierra, por la creación de sistemas de producción a corto plazo (Guevara & Laborde 2008). Los intensivos cambios de uso del suelo en los últimos años evidencian la tendencia de ampliación de pasturas y usos de agricultura comercial (Guevara & Laborde 2008).

La transformación de los diferentes ecosistemas está relacionada principalmente con el incremento en la población humana, y por este motivo se está dando el incremento en el uso de la tierra para suplir necesidades y poder obtener beneficios económicos y sociales para la subsistencia de las comunidades (Foley *et al.* 2005). En Colombia se realiza deforestación para el establecimiento de zonas de cultivo o ganaderas, de tal forma que se intentan suplir necesidades alimentarias y económicas a costa de la pérdida de bienes y servicios ecosistémicos (Etter & McAlpine 2008).

La transformación en Colombia se ha dado de maneras diferentes dependiendo de la región, por ejemplo la deforestación en la Amazonía y en zonas bajas en la región Andina se da el clareamiento por colonización para generación de zonas ganaderas; así mismo existen factores direccionadores diferentes en cada caso, donde hay un cambio drástico en el uso de la tierra, principalmente por la ampliación de la frontera agrícola (Etter & McAlpine 2006; Etter *et al.* 2006). En Colombia el cambio en los usos de la tierra ha ocurrido de manera más intensa en los Andes (Etter 2000), donde la principal fuente de transformación es el pastoreo y la agricultura, además de esto, en la zona andina, la mitad de sus ecosistemas tienen menos del 10% representado en zonas protegidas (Armenteras, Gast & Villareal 2003), es por esto que es importante el estudio en esta zona. En el municipio de Madrid, la agricultura comercial junto al desarrollo industrial de la región, son los principales transformadores del paisaje durante los últimos 50 años (Páez 2009).

### **1.2. Justificación**

Madrid Cundinamarca es un municipio que posee un alto comercio a nivel florícola, pues posee una riqueza alta de suelos con aptitud para la agricultura con bajos requerimientos de nutrientes, adicionalmente posee un amplio acceso a infraestructura de transporte, lo cual ha facilitado el establecimiento del comercio floricultor, sin embargo, se desconoce el impacto que éste ha tenido en la transformación del paisaje, y si responde a dinámicas económicas, sociales o culturales. En este estudio se pretende identificar cómo han cambiado las

coberturas y el uso del suelo en tres periodos de tiempo e identificar cuáles han sido los factores que han podido intervenir.

Por lo anterior, es importante destacar la importancia de la realización de este trabajo, hay ausencia de investigación y desconocimiento de los efectos e impactos que ha tenido la intensificación de la agroindustrialización florícola durante las últimas décadas en la sabana del occidente de Bogotá (Páez 2009). Se hace importante la reconstrucción histórica a nivel espacial del cambio de las coberturas durante estos años, analizando qué cambios son predominantes y de esta manera poder hacer una predicción a nivel de paisaje que pueda dar luces a planes de ordenamiento territorial del municipio.

El municipio de Madrid coincide con lo que sucede en diferentes regiones de Estados Unidos como Massachusetts , Nueva York y Pensilvania (Repeto 2004), los cultivos se encuentran cercanos a centros de consumo, lo cual también ocurre en el municipio de Madrid, éste es un municipio con las condiciones geográficas, edáficas y climáticas aptas para el desarrollo de la floricultura, donde el 90% del territorio municipal es considerado apto para esta actividad, adicionalmente cuenta con la disponibilidad de mano de obra, por lo cual hace que la industria florícola sea un factor direccionador de los cambios de cobertura en el municipio, se resalta la importancia de la realización de este estudio (González Cubillos 2009). Debido a que un gran porcentaje del territorio del municipio es apto para floricultura es relevante estudiar la dinámica de esta industria en el uso del suelo, así mismo cuales han sido las dinámicas de cobertura con la agricultura restante.

La industria florícola en la región andina se desarrolló como parte de un proceso global de reubicación de las industrias de mano de obra intensiva hacia países con mano de obra menos costosa (Korovkin & Sanmiguel 2007).

Madrid es el municipio de Colombia con mayor número de hectáreas cultivadas en floricultura, por lo cual cuenta con mayor número de trabajadores y es catalogada como la “Tierra de flores”, lema derivado de “Colombia Tierra de Flores” (Páez 2009). A nivel nacional e internacional es promocionada así por Asocolflores, es pertinente el estudio de la industria no solo a nivel económico y social sino ambiental, pues la disponibilidad de muchos recursos utilizados deriva de la salud de los ecosistemas, y el uso del suelo tiene efecto a nivel ecológico y territorial del paisaje del municipio.

El sector floricultor es uno de los más fuertes para la economía colombiana, es uno de los protagonistas en la economía nacional. Éste cuenta con diferentes ventajas naturales y económicas que hacen que el país sea potencia en el mercado, el uso del suelo se ve afectado por las diferentes dinámicas de poblacionales, en especial por la economía de cada municipio o departamento, esto le permite intensificar el uso en territorios artificializados (zonas urbanas, industriales o de extracción) y agrícolas. El comportamiento de la floricultura es dinámico, donde hay influencia de factores sociales y principalmente económicos,

debido a que la economía del municipio depende principalmente del sector florícola es de gran importancia ver el efecto de la transformación generada por este sector y qué factores pueden direccionar los cambios en el uso del suelo.

### **1.3. Propósito del proyecto**

Madrid es un municipio que hace parte del departamento de Cundinamarca, municipio que tiene todas las cualidades para favorecer la industria florícola, posee las características geográficas ideales, donde la mayoría del municipio no tiene pendientes, junto con una muy buena irrigación y buenas condiciones edáficas, adicionalmente el municipio se encuentra en cercanías de Bogotá donde se encuentra el principal aeropuerto del país, contando con buenas vías de acceso que facilitan la exportación de flores. Estas características han hecho que la floricultura crezca en el municipio y genere ciertos cambios en el uso de la tierra, de tal forma que la intención de este estudio fue conocer e identificar la dinámica de los cambios que se han presentado en las coberturas dentro del municipio de Madrid durante los últimos 30 años, teniendo como principal elemento de estudio a la industria florícola puesto que ha sido una industria muy importante en la economía de la población Madrileña desde la década del 80 hasta el presente, debido a que a pesar que la industria florícola inició en los 60, a partir de los 80 se encuentran disponibles imágenes satelitales con baja nubosidad y buena resolución.

Por medio de este proyecto se espera entender cómo se han desarrollado las dinámicas de cambio en las coberturas del municipio y de qué forma han transformado el paisaje, si la industria florícola ha influido en los cambios de paisaje del municipio. El trabajo de investigación ha permitido identificar las coberturas dominantes desde 1985 hasta el 2015 y conocer los principales factores direccionadores de los cambios en el municipio.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Identificar la relación entre la agroindustria de la floricultura y su relación con la transformación del paisaje desde 1985 hasta 2015 en el municipio de Madrid Cundinamarca.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Describir los cambios de cobertura que se han presentado en el municipio de Madrid Cundinamarca desde 1985 a 2015.

- Identificar cuál es el cambio dominante de las coberturas vegetales y usos de la tierra en el municipio de Madrid Cundinamarca en el periodo de 1985 a 2015.
- Analizar las dinámicas de cambio de los cultivos de flores en los últimos 30 años.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Ecología del paisaje

El concepto de Ecología del paisaje es conocido a partir de 1930 por el geógrafo Carl Troll, haciendo referencia al estudio de la complejidad de relaciones causa-efecto que existen en las comunidades de seres vivos, viendo de esta manera al paisaje con visión integral de la realidad (Vila *et al.* 2006), el concepto se maneja a partir de los años 50 y 60 donde nace la necesidad de tener una visión integral de los ecosistemas, y se tiene el interés de entender el funcionamiento del paisaje como un todo. El primero en utilizar el concepto de paisaje fue Alexander von Humboldt en 1810, quien lo define como “el carácter íntegro de una porción de la tierra”. El concepto evolucionó a lo largo de los años teniendo en cuenta que el paisaje se considera como una entidad espacio-temporal que permite hacer un análisis ecológico para la planificación del uso de la tierra donde se garantice el uso sostenible de los recursos y la conservación de éstos (Etter 1991).

En el paisaje se reúnen elementos que interactúan entre la asociación de los seres vivos y las condiciones ambientales (Troll 2010), aquí se incluyen todos sus componentes heterogéneos, incorporando al hombre como un elemento más del conjunto. El objeto de estudio de la ecología del paisaje es el "paisaje", correspondiendo éste a la heterogeneidad de un área de tierra compuesta por un grupo de ecosistemas interactuantes, que se repite en forma similar a lo largo del espacio, de esta manera, el paisaje es una unidad jerárquica superior al ecosistema (Forman & Godron 1986).

Etter (1990) explica el paisaje como: "Una porción del espacio geográfico, homogéneo en cuanto a su fisionomía y composición, con patrón de estabilidad temporal resultante de la interacción compleja del clima, las rocas, el agua, el suelo, la flora, la fauna y las actividades humanas, reconocible y diferenciable de otras vecinas de acuerdo a un nivel de análisis particular".

En términos de la ecología del paisaje existen principios que se deben tener en cuenta, tiempo y espacio, heterogeneidad y conectividad. En términos del tiempo y espacio hace referencia a cómo los ecosistemas se encuentran relacionados con estos dos factores, donde alguna perturbación o transformación generada tendrá un impacto específico dependiendo la dinámica del evento, su duración y su

extensión espacial. Muchos eventos de transformación se extienden más allá de una temporada climática, años o décadas, así mismo pueden afectar muchos niveles a nivel de suelo, pocas hectáreas o todo un departamento. La heterogeneidad se refiere a las diferencias y diversidad en un paisaje. Un paisaje puede incluir diferentes especies de árboles, microorganismos y animales, esta clase de diversidad es importante pues define un paisaje específico debido a que interactúan con la clase de coberturas presentes en un ecosistema. La heterogeneidad se puede presentar en parches dentro de un paisaje, o a lo largo de toda una cobertura. Por último la conectividad en un paisaje es definida por la forma como se ubican los parches, si éstos se encuentran conectados unos con otros permiten el flujo de fauna, nutrientes y energía (Silva 1992). Estos principios deben ser considerados al realizar un análisis multitemporal, pues definirán el paisaje y se verán afectados en el momento de la transformación.

En la ecología del paisaje existen relaciones ecológicas que se dan entre los componentes del paisaje, éstos son llamados factores formadores del paisaje, como lo son: el hombre y sus actividades, la fauna, la cobertura vegetal, el suelo, la hidrología, litología y clima. Las interacciones que se dan entre los factores formadores del paisaje definen las propiedades emergentes del mismo, de tal forma que le confiere características teniendo en cuenta el estado y la combinación de los factores formadores (Etter 1991).

### **3.2. Fragmentación y matrices de transición**

La fragmentación es una consecuencia de los procesos de pérdida de hábitat, cambios de cobertura y usos de la tierra (Laurance 1999). Son varios los factores que pueden acelerar los procesos de fragmentación en los ecosistemas, entre ellos están: el aumento demográfico, la economía y las políticas institucionales (Laurance 1999). Esto ocasiona cambios espaciales en el paisaje como la pérdida de hábitat de las especies, afectando sus tamaños poblacionales, aumentando la distancia entre parches, y finalmente deteriorando la supervivencia de las especies (Santos & Telleria 2006).

El entendimiento de la transformación y fragmentación de las coberturas vegetales en la ecología del paisaje requiere de la utilización de diversas herramientas, una de ellas es la construcción de matrices de transición, las cuales son útiles para saber “cuánto, qué y en dónde” se producen cambios a nivel de paisaje, de tal manera que se puede realizar una predicción de futuras tendencias de acuerdo a un modelo de cambio (Calatayud & Velarde 1997). La información base para realizar una matriz de transición es el número de parches de cada una de las coberturas en un paisaje, la ubicación espacial de estos parches y sus proporciones. Esta información se obtiene a partir de un análisis geográfico básico donde los cambios se cuantifican de acuerdo con la proporción de cada clase frente a las otras en un periodo de tiempo específico. La información recolectada es la expresión de estos datos que se reúnen finalmente en una matriz de transición (Calatayud & Velarde 1997).

### **3.3. Análisis multitemporales**

El estudio de cambios temporales en patrones espaciales del paisaje es importante para entender los factores fundamentales y los efectos funcionales que causan en el paisaje. El paisaje es dinámico en relación con los patrones espaciales, estructurales y funcionales. Los escenarios espaciales del paisaje se encuentran condicionados por la combinación de fuerzas humanas y biofísicas que en escalas temporales cambian dinámicamente, donde el uso del suelo, las prácticas de manejo, aspectos sociales y económicos son regidos por fuerzas determinantes (Mendoza & Etter 2002). El estudio de la distribución espacial, los cambios en las coberturas y los usos de la tierra a lo largo del tiempo constituye un análisis multitemporal (González & Romero 2013), donde se puede hacer una lectura de diferentes escenarios en un espacio y tiempo determinado y podremos identificar los niveles de presión sobre los ecosistemas, precisando los cambios temporales en el paisaje que afectan procesos bióticos y abióticos, los cuales en este estudio merecen ser analizados detalladamente.

Los estudios de cambio de uso del suelo evalúan cómo se dan los cambios de transformación, determinan su extensión y estudian las causas sociales y económicas de los cambios, esto a diferentes escalas. Los análisis multitemporales tienen la ventaja que permiten hacer un seguimiento entre diferentes fechas de referencia, observando cómo se ha dado la evolución del motor transformador y las repercusiones de la acción humana en el medio natural (Ruiz, Savé & Herrera 2013), sin embargo cuando se desea hacer este tipo de estudios se cuenta con la desventaja de la disponibilidad de imágenes, debido a que las imágenes de unas décadas atrás se encuentran con nubosidad o con errores de los sensores.

### **3.4. Transformación antrópica y demografía**

La historia del desarrollo de las comunidades humanas ha estado ligada a la geografía y ecología del territorio, pues en el momento en que se realiza una transformación de los ecosistemas, éstos cambian, esta relación es tan fuerte que las actividades humanas se encuentran relacionadas con los cambios climáticos globales, pérdida de la biodiversidad y deforestación (Abadía 2011; Etter 2015). Es por esto que se propone el término antropoceno a la parte reciente del holoceno que está marcada por la huella humana, la estructura y los procesos de los ecosistemas, de tal manera que los paisajes actuales muestran a diferentes escalas una huella humana histórica (Etter 2015), donde a partir de 1800 con la industrialización y la expansión del uso de combustibles fósiles hay un aumento de dióxido de carbono atmosférico (Steffen, Crutzen & McNeill 2007), y un impacto adicional en el uso del suelo, aumentando la transformación de ecosistemas y por lo tanto una afectación a la flora y fauna contenida en éstos (Etter 2015).

La transformación de los ecosistemas es una consecuencia clara de la cantidad de población, especialmente por la densidad y las formas de uso del suelo, los cuales

no solo dependen de las condiciones socioeconómicas sino de las características geográficas del territorio (Etter 2015). Un factor importante en la transformación de los paisajes es la intensificación agrícola, definida como el aumento en niveles más altos de insumos y aumento de la producción (en cantidad o valor) de productos cultivados o criados por unidad de área y tiempo, lo anterior permitiendo la duplicación de la producción mundial de alimentos entre 1961-1996 con sólo un aumento del 10% en cultivos herbáceos terrenos a nivel mundial (Tilman 1999).

Entre las variables que más impactan en términos de demografía están la densidad de habitantes, la tecnología, y la infraestructura de soporte como lo son las vías o los sistemas de riego (Etter 2015). Además de lo anterior existen procesos de transformación de los ecosistemas como lo son el tipo de patrón espacial en el que se da la transformación, puede ser difuso, concentrado, homogéneo o heterogéneo. Por otro lado, los factores biofísicos como la disponibilidad de agua, la topografía y la fertilidad de los suelos hacen que junto con las variables antes mencionadas afecten de manera diferente la huella espacial en el momento de analizar el uso de la tierra y sus consecuencias a nivel de transformación (Etter 2015).

Para el estudio de la transformación en periodos anteriores se necesita una reconstrucción de las condiciones en las que se encontraba el territorio, las formas de ocupación humana y sus características en cuanto al uso del suelo. La reconstrucción de paisajes del pasado requiere información empírica del tamaño, la distribución de la población y la economía, donde se incluyen las actividades predominantes; por otro lado, se debe tener conocimiento de las condiciones biofísicas y ecológicas del territorio, tal como clima, suelos y ecosistemas. De esta forma se puede reconstruir en una secuencia histórica cómo se ha dado la ocupación humana y el contexto de una transformación ecosistémica en un territorio específico (Etter 2015).

### **3.5. Floricultura**

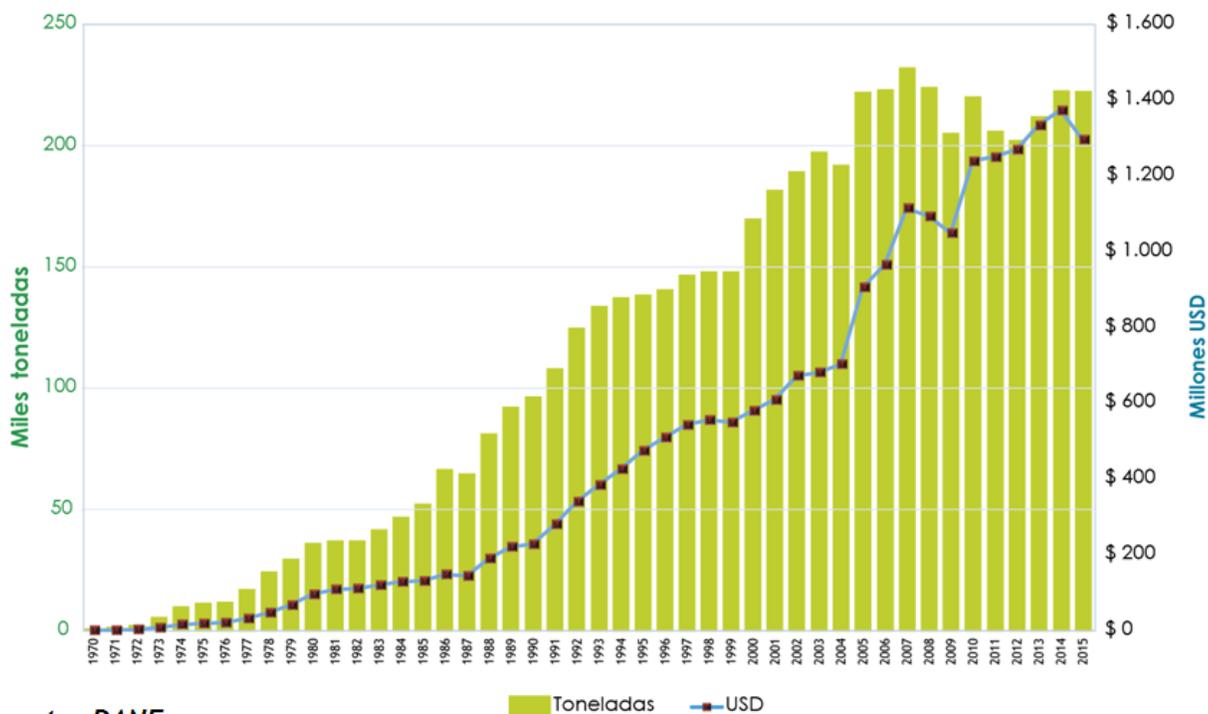
Se denomina floricultura a “la disciplina que permite conocer en detalle todo el desarrollo productivo, económico, comercial, tecnológico y social de las plantas ornamentales. No solo refiriéndose al oficio sino también al arte de cultivar flores y plantas ornamentales y su comercialización” (Morisigue *et al.* 2012). La floricultura es “un tipo de producción que involucra un uso intensivo de la superficie y de la mano de obra. La tecnología de cultivo y el mejoramiento de las especies ornamentales se han enfocado en una producción de uso eficiente de la superficie” (Morisigue *et al.* 2012). En pocas palabras la floricultura podría definirse como una disciplina que aborda especialmente el cultivo de flores y plantas ornamentales, en especial las utilizadas en jardinería y floristería (Giraldo *et al.* 2010).

La difusión de la producción comercial de flores comienza aproximadamente a partir de 1930 y luego de la Segunda Guerra Mundial, donde se produce la

expansión del cultivo con base en un modelo industrial de producción. Esta expansión ha estado relacionada con la formación de los grandes centros urbanos (Morisigue *et al.* 2012).

La floricultura en Colombia tiene su origen en los capitales de las industrias manufactureras que buscaron nuevos sectores dónde invertir, este fenómeno establece en la década de los 60 un sector creciente con un alto potencial exportador permitiendo la organización de estructuras productivas y buscando zonas del país donde las condiciones de producción agroindustrial fueran positivas, condiciones como eran: el clima, la tierra, mano de obra y la cercanía a los aeropuertos para disminuir distancias y optimizar los procesos de transporte (Quirós 2001). Bogotá y Cundinamarca representan más del 85% de las empresas floricultoras del país (Giraldo *et al.* 2010). Según Asocolflores la producción de flores en los últimos años abarca 7.200 hectáreas, empleando intensivamente mano de obra no calificada (alrededor de 95.000 empleos directos y 80.000 indirectos) con importante participación de mujeres (60% del total de trabajadores).

Es importante recalcar que la producción de flores a nivel de Colombia ha aumentado drásticamente de 1985 a la actualidad, según Asocolflores en el 2015 se exportaban 222,356 toneladas de flores, eso representando un total de 1,295 millones de dólares anuales (Ver figura 1). Donde en 1985 se exportaban alrededor de 50 mil toneladas y en el año 2000 un promedio de 170 mil toneladas; lo cual muestra un cambio drástico que se debe reflejar en los cultivos de todo el país, en este caso en los del municipio de Madrid, donde aumentaron los cultivos de flores en el periodo de 1985-2000 de 606 ha a 1667 ha.



Fuente: DANE

Figura 1. Evolución de las exportaciones 1970-2015

### 3.6. Antecedentes

La región andina cubre 278.600 km<sup>2</sup> o el 24.5% de la superficie de Colombia, con un gradiente altitudinal desde los 500 hasta más de los 5.000m, la región tiene una excepcional diversidad ecosistémica y de especies, lo cual es el resultado de varios factores como la variabilidad geográfica, el alto rango altitudinal, las anomalías climáticas inter-Andinas y la compleja topografía (Etter 2000).

Se estima que la población humana en Colombia era alta con cerca de 5 millones de habitantes. La población era étnicamente diversa y alrededor del 60% de la población se encontraba en la región de los Andes. El uso de la tierra antes de 1500 ac era exclusivamente de agricultura semipermanente de corte, quema y caza, lo que debería haber favorecido la existencia de vegetación natural y seminatural asociada con zonas cultivadas. En algunos casos se establecieron zonas de cultivos permanentes; las concentraciones urbanas no eran muy grandes ni permanentes. Con la llegada de los españoles ocurrieron cambios en el uso del suelo, la introducción del ganado, con un alto impacto en la transformación de los ecosistemas y la gradual concentración de las áreas urbanas. El impacto de las actividades de pastoreo fue importante en las áreas del Caribe y algunas partes de los Andes. Estos procesos combinados con el crecimiento exponencial de la población después de 1800 ha conllevado al estado de transformación de los ecosistemas que encontramos hoy en día (Etter 2000).

De tal forma que desde la época precolombina, Colombia ha experimentado una transformación de la mayoría de sus ecosistemas naturales, especialmente en la región andina, es poco conocido a cerca de los procesos de transformación y los patrones de transformación relacionados con los aspectos socioeconómicos y biofísicos. La transformación de los bosques de la región Andina se acerca al 70% y la fragmentación es muy pronunciada (Etter 2000). Por otro lado, se afirma que de los bosques andinos y sub andinos quedan menos de 4.3% y 6.4% de la extensión original precolombina ahora protegida, de tal forma que son ecosistemas altamente fragmentados (Armenteras *et al.* 2003). Etter (2000) afirma que la demografía y los patrones de transformación siguen tendencias históricas que pueden ser espacialmente diferenciadas, y se encuentran relacionadas con las regiones naturales y los usos del suelo. En particular existen patrones específicos que se presentan en la región Andina, donde existen mayores densidades y proporciones de transformación en comparación con las zonas bajas, así mismo zonas con asentamientos más antiguos como en la zona andina presentan usos del suelo más intensivos y una tendencia a ser más fuertes (Etter 2000).

En cuanto a estudios de ecología del paisaje, en la región de la sabana de Bogotá se realizó un análisis multitemporal de los cambios del suelo entre 1940 y 1996, se encontró que los cambios en los bosques naturales fueron pequeños en comparación con sitios específicos de estudio, las plantaciones forestales fueron continuamente creciendo y los remanentes de bosque se encontraban localizados en condiciones topográficas pronunciadas, la persistencia de estos bosques depende de la función asignada por los propietarios de la tierra. Los cambios observados en este estudio responden a eventos históricos de políticas macroeconómicas (Mendoza & Etter 2002).

A nivel distrital, Gómez (2009) realizó un estudio multitemporal de la dinámica de transformación espacial de la cobertura por crecimiento urbano en una localidad de Suba desde del año 1955 hasta el 2006. En este trabajo se analizó la transformación de coberturas debido a la expansión urbanística en la zona, para esto, hizo mapas de coberturas y por medio de modelos de regresión identificó las variables que explicaban el crecimiento urbanístico.

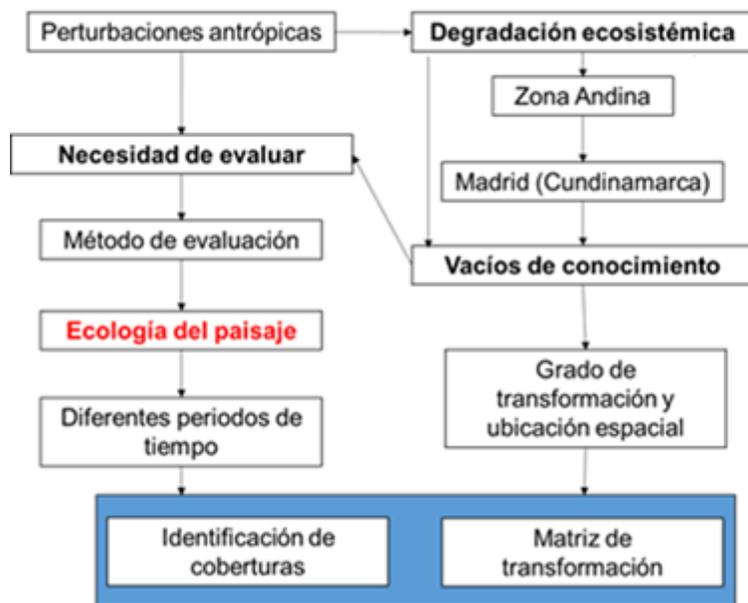
Ciontescu (2004) realizó el análisis de los procesos recientes de transformación ecosistémica en dos sectores de la zona de amortiguación del Parque Natural Nacional Pisba (1955 - 2001). Utilizó fotografías aéreas de las dos zonas de estudios en diferentes periodos de tiempo para la realización de un levantamiento espacial por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y posteriormente usó métricas del paisaje para relacionarlas con las formas de intervención humana.

Por último, se realizó un estudio dirigido principalmente al “mejoramiento de empresas floricultoras”, el objetivo del estudio se centró en determinar si el sector floricultor aplica modelos de internacionalización y si estos son implementados de

manera eficiente. Se hizo un estudio sobre la posible aplicación de modelos y cuáles son los más implementados, sus factores determinantes y características de internacionalización, buscando con esto encontrar e implementar la correcta aplicación de modelos desarrollados para que la floricultura se pueda mantener de forma objetiva ya que representa el sustento de un número importante de empleados y empresarios (Giraldo *et al.* 2010). En este caso se muestra cómo el sector floricultor posee ciertas fortalezas y falencias en el ámbito de internacionalización. El que las flores que se producen en el municipio de Madrid se exporten y año a año se generen mejores estrategias para llegar al público del exterior puede tener un impacto en el uso del suelo reflejándose como un aumento en la extensión de suelo utilizada para la producción, lo cual implica un cambio en los usos de suelo.

A mediados del siglo XX la producción de flores en Estados Unidos se encontraba concentrada en los Estados de la región noreste, especialmente en Massachusetts, Nueva York y Pennsylvania. Los cultivos se encontraban ubicados en cercanía de los principales centros de consumo, debido a que las flores son un producto perecedero, sin embargo, los avances en el transporte que ocurrieron en los años 50 reestructuraron el mercado de flores en el país. El transporte terrestre y aéreo refrigerado permitieron ubicar las empresas en regiones que representaban ventajas en términos de costos de mano de obra y productividad (Repeto 2004). Lo cual también ocurre en Madrid, encontrándose en cercanías a la principales vía de exportación, Bogotá; también cuenta con ventajas de mano de obra y productividad.

### Diagrama conceptual



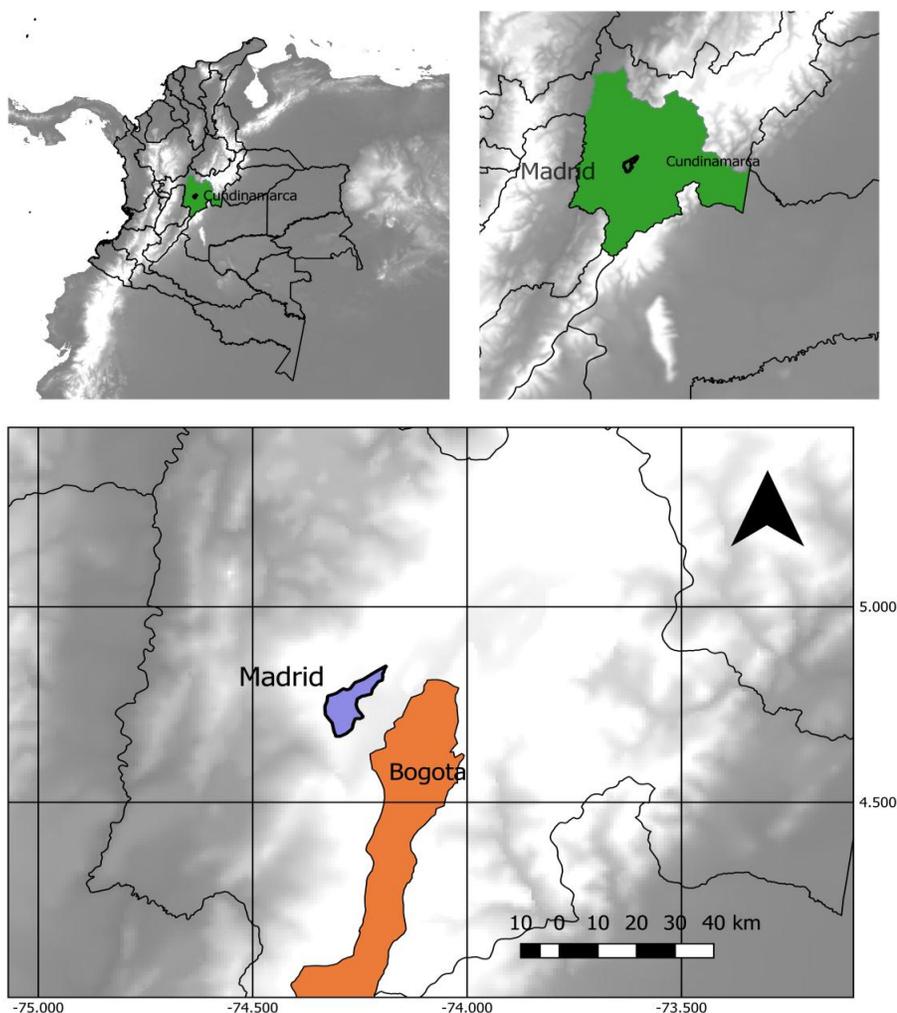
**Figura 2.** Diagrama conceptual

#### **4. Área de estudio**

##### **4.1. Territorial/geográfico:**

Madrid es un municipio que hace parte del departamento de Cundinamarca. Fue creado como Distrito Municipal en el año 1834, por disposición dictada en la Asamblea del Estado de Cundinamarca. Se encuentra sobre la cordillera oriental en el altiplano Cundiboyacense. El municipio se encuentra en la parte media del valle del río Subachoque. La cabecera municipal está sobre la carretera troncal de occidente que comunica a Medellín con Bogotá y se encuentra localizada a 29 Kilómetros de Bogotá (Alcaldía de Madrid 2009).

**Límites del municipio:** Madrid junto con los municipios de Bojacá, El Rosal, Facatativá, Funza, Mosquera, Sibaté, Soacha, Subachoque, Tabio y Tenjo, pertenece a una de las 11 provincias de Cundinamarca denominada Sabana de Occidente.



**Figura 3.** Localización geográfica del área de estudio

#### **4.2. Biofísico:**

La sabana de Bogotá presenta características de un altiplano oriental situado en el centro del departamento de Cundinamarca; hace parte del altiplano Cundiboyacense, se encuentra rodeado en su totalidad por montañas que alcanzan altitudes de 3000 m.s.n.m aproximadamente.

Madrid es considerado el principal municipio floricultor de Colombia y uno de los primeros en producción de flor cortada del mundo; se localiza en el departamento de Cundinamarca.

Madrid se caracteriza por tener clima con régimen de lluvia bimodal y temperatura constante durante todo el año entre 11 y 17 °c. Los suelos del municipio son planos, ligeramente ondulados y corresponde al sector occidental de la Sabana de Bogotá; lo riegan los ríos Bojacá y Subachoque. Sus tierras corresponden al piso

térmico frío - seco. Los suelos están conformados, principalmente por planicies de terraza y planicies de inundación del cuaternario, pertenecientes a modelado aluvial principalmente. Este espacio es el más apropiado para el desarrollo de la actividad floricultora, que requiere unas condiciones climáticas y edáficas específicas para lograr una óptima producción, donde prima una alta irrigación y un buen porcentaje de contenido de nutrientes necesarios para la agricultura, adicionalmente son necesarios suelos ligeros, aireados y profundos que posibilitan el desarrollo del sistema radicular de las plantas (Amizguita 1999). En el caso de los cultivos de flores, las condiciones atmosféricas son muy importantes, las cuales varían con el cultivo específico del tipo de flor, por ejemplo para la producción de claveles la temperatura ideal es de 17° a 20°C, no debe superar los 25°C, adicionalmente los cultivos requieren un número de horas de brillo solar.

### **Usos del suelo**

Los usos de suelo en el municipio de Madrid, están destinados a zonas esencialmente de pastoreo, como gramíneas y leguminosas forrajeras, zonas agrícolas con cultivos comerciales, y en una pequeña porción suelos sin vegetación con afloramientos rocosos. En el caso de la floricultura, su desarrollo requiere unas condiciones climáticas y edáficas específicas para lograr una óptima producción. Los cultivos de flores no son muy exigentes en cuanto a calidad del suelo; la textura debe ser liviana y con buena capacidad de drenaje interno (Andrade 1991). Los cultivos de flores principalmente tienen altos requerimientos de irrigación, pues requiere riegos frecuente y eficientes, la fertilización se hace en periodos largos de 3 a 4 meses, donde se aplica por fertirrigación contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio (Amizguita 1999). El relieve y la disponibilidad de agua, por su parte, ejercen una mayor influencia, pues el cultivo de flores se desarrolla con mayor facilidad en áreas planas que requiere para su ciclo vegetativo grandes cantidades de agua (Andrade 1991).

Las zonas planas del municipio de Madrid se encuentran constituidas por suelos que poseen gran aptitud para la agricultura, con la ventaja de poseer moderados requerimientos de nutrientes adicionales. La riqueza de los suelos del municipio lo hace una zona apta para el establecimiento de cultivos, en este caso el de flores. Adicionalmente cuenta con una buena infraestructura de comunicación tanto terrestre como aérea, lo que facilita la distribución del producto (Hernán 2012). Es por esto que los cambios en el uso del suelo pueden haberse visto influenciados por el comercio de flores, lo cual este estudio pretende abordar.

Madrid es uno de los municipios donde la industria florícola ha desplazado a la producción de alimentos, a tal punto que la economía del municipio depende el 70% de la industria florícola (Páez 2009).

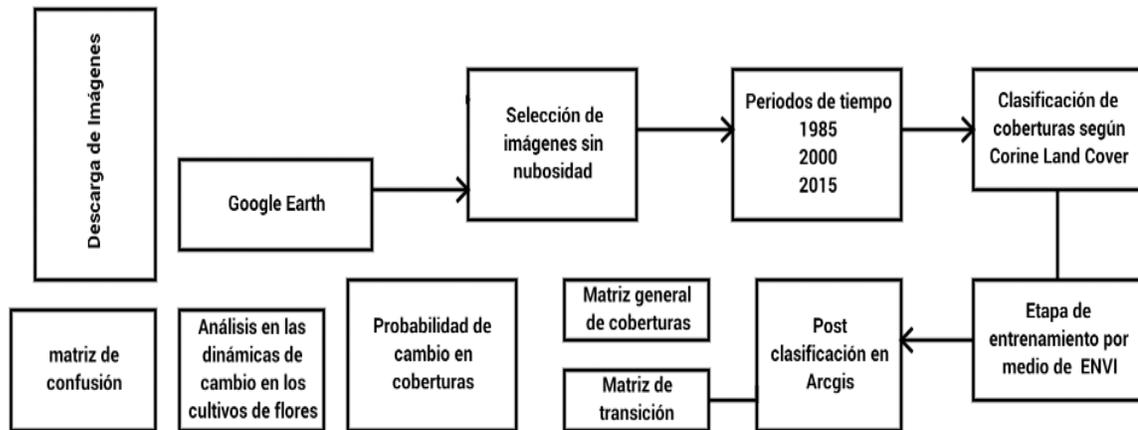
## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis multitemporal usando imágenes aéreas según disponibilidad, con imágenes disponibles en Google Earth, se obtuvieron 3 imágenes con un intervalo de 15 años entre cada una de ellas. Las imágenes obtenidas van desde 1985 hasta 2015 teniendo en cuenta 3 periodos de tiempo, 1985, 2000 y 2015. Como referencia se realizó la descarga de imágenes de Google Earth en formato jpg, en el sistema de coordenadas UTM.

1. Las imágenes fueron ortorectificadas usando Arcgis por medio de la herramienta de georreferenciación. A las imágenes obtenidas se le dieron coordenadas correspondientes para ubicarlas geográficamente.
2. Se descargó un shapefile del departamento de Cundinamarca (DANE 2017) donde se delimitó el municipio de Madrid el cual se utilizó como área de trabajo y posteriormente se procedió a la realización de la clasificación de imágenes donde se hizo el sistema de clasificación de coberturas definiendo 3 categorías según el sistema de clasificación de coberturas Corine Land Cover. Las categorías fueron: Territorios artificializados, territorios agrícolas, áreas naturales y seminaturales.
3. Etapa de entrenamiento: Utilizando el Programa ENVI se delimitaron las áreas en polígonos (Exelis Visual Information Solutions 2010).
4. Por medio de la herramienta “selección del algoritmo de máxima probabilidad” se agruparon los polígonos en un mismo rango por colores.
5. Postclasificación: En el programa Arcgis se le dieron los mismos valores a todos los mapas relacionando cada valor con la clasificación de coberturas de cada imagen.
6. Matriz general de coberturas.
7. A partir de los insumos obtenidos anteriormente se realizaron matrices de transición para la predicción de la transformación en un periodo futuro (Calatayud & Velarde 1997; González *et al.* 2011), lo anterior identificando la probabilidad de transición de una fecha a la otra en cada cobertura.
8. Para conocer la exactitud de la clasificación se realizó una matriz de confusión, donde se compararon puntos tomados de la realidad del terreno con los valores de la clasificación. Como resultado se obtuvieron dos valores importantes, el porcentaje de exactitud y el coeficiente de kappa, que es la proporción de concordancias observadas sobre el total de

observaciones, este toma valores entre -1 y 1; entre más cercano a 1 mayor es el grado de concordancia (Cerde & Villarroel 2008).

Por último, se identificó si los cambios en las áreas destinadas a la floricultura estuvieron relacionados con la transformación del territorio en el municipio de Madrid Cundinamarca.



**Figura 4. Diagrama metodológico**

Como podemos observar en el diagrama metodológico el proceso en resumen empezó desde la obtención de imágenes con baja nubosidad para los periodos de tiempo de estudio, seguido de la clasificación según Corine Land Cover (nivel 2), posteriormente se realizó una clasificación por medio de ENVI y ArcGis, de lo cual se logró una matriz general de coberturas, una matriz de transición y una matriz de confusión, por último, se realizó un análisis de las dinámicas de cambio.

**Tabla 1.** Codificación de las unidades de coberturas de la tierra de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. (IDEAM, IGAC & CORMAGDALENA 2008)

<b>SISTEMA DE CLASIFICACION DE COBERTURAS</b>
<b>1. Territorios artificializados</b>
1.1. Zonas urbanizadas
1.2. Zonas industriales
<b>2. Territorios agrícolas</b>
2.1. Mosaico de pastos y cultivos
2.2. Cultivos de flores
<b>3. Áreas naturales y seminaturales</b>

3.1. Bosques
3.2. Suelo desnudo

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Clasificación de coberturas

**Tabla 2.** Matriz general de coberturas

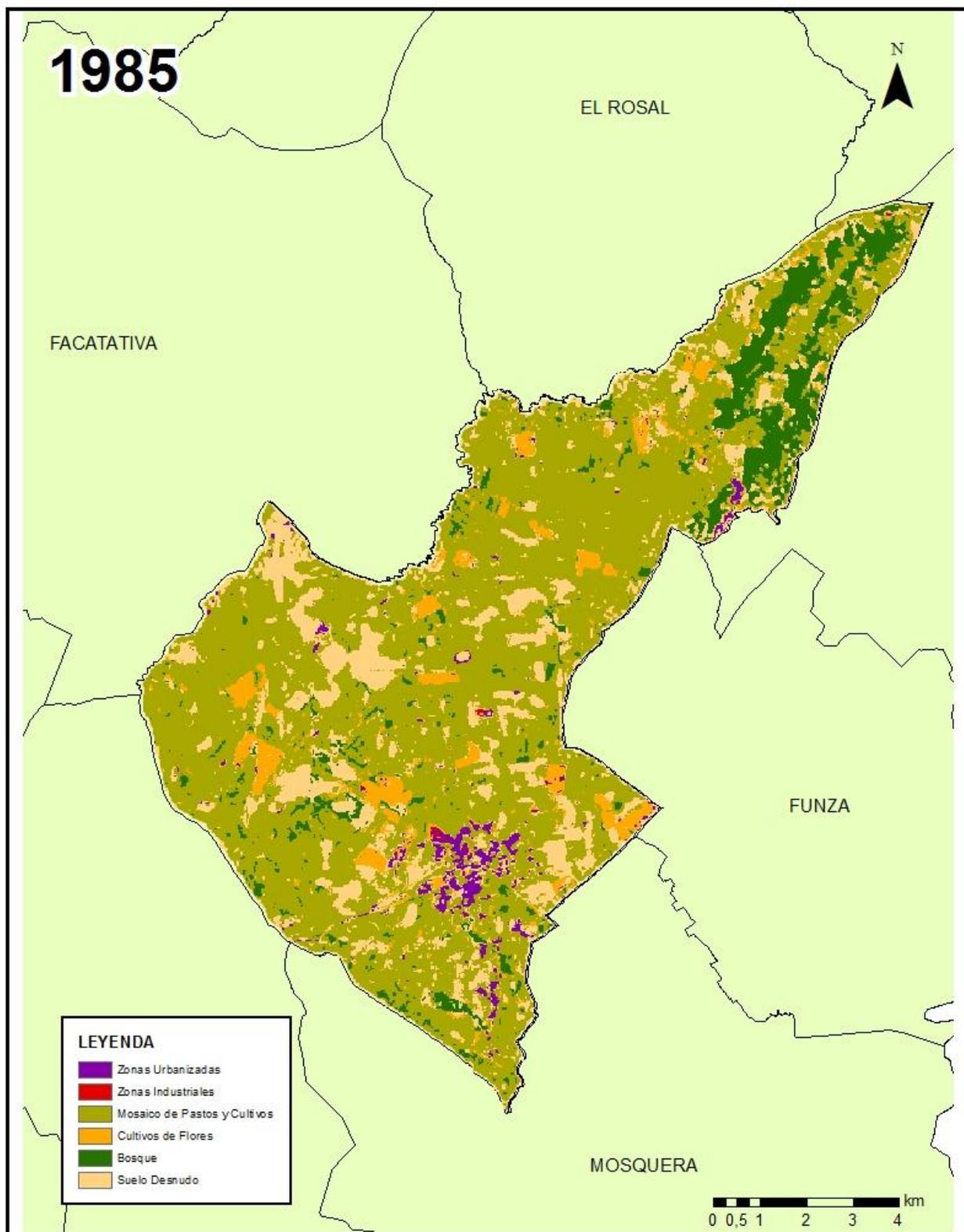
	1985		2000		2015	
	%	Ha	%	ha	%	ha
<b>Zonas urbanizadas</b>	1,6	196	1,9	197	3,3	380
<b>Zonas industriales</b>	0,1	5	0,3	39	1,7	200
<b>Mosaico de pastos y cultivos</b>	66	6942	65	8246	60	6912
<b>Cultivos de flores</b>	5,8	606	13,1	1667	11,3	1300
<b>Bosques</b>	8,6	909	5,7	725	4,1	478
<b>Suelo desnudo</b>	17,7	1862	14,3	1812	19,6	2262

Se observa un aumento en las zonas urbanizadas e industriales desde 1985, el aumento es mucho más notorio en el periodo 2000-2015. El mosaico de pastos y cultivos junto con los bosques tienen una disminución en área, probablemente respondiendo al aumento de las otras coberturas. Respecto a los cultivos de flores, hay un aumento evidente en el periodo 1985-2000 y una disminución del 2000-2015 (Ver Tabla1 y Figuras 5, 6 y 7).

Los cambios en las coberturas son bastante drásticas de 1985 a 2015, donde en 1985 se observa en la parte noroccidental una porción de bosque que ocupa el 8.6% del área de estudio, lo cual se reduce 5.7% en 2000 y al 4.1% en 2015, el bosque presente en la zona norte se reduce notablemente y los parches de bosques que se encontraban dispersos en el municipio desaparecen sobre todo aquellos en la zona sur, es notable la desaparición de un parche grande en la parte sur del municipio aledaño al perímetro urbano. En el periodo 1985-2000 se ve un aumento notable en las coberturas de cultivos de flores, donde hay un remplazo de mosaico de pastos y cultivos por cultivos de flores, se establecen nuevas áreas con esta cobertura y en otros casos se aumentan las ya existentes. En el periodo de 2000-2015 se ve un aumento notorio en las zonas urbanizadas e industriales donde el perímetro urbano aumenta y aparecen coberturas industriales en todo el municipio.

Respecto a las demás coberturas, las zonas urbanizadas aumentan en los dos periodos de 1.6 a 1.9 y a 3.3%, de igual forma ocurre con las zonas industriales, las cuales en el periodo 2000-2015 se observa un aumento drástico de 0.3 a 1.7% teniendo 0.1 en el periodo de 1985, por otro lado, el área de suelo desnudo disminuye en el periodo 1985-2000 de 17.7 a 14.3% y en el periodo siguiente

aumenta a 19.9, probablemente porque se dejan de utilizar muchas áreas de la agricultura que se dejan abandonadas (Ver tabla 2).



**Figura 5.** Mapa de clasificación de coberturas Madrid 1985

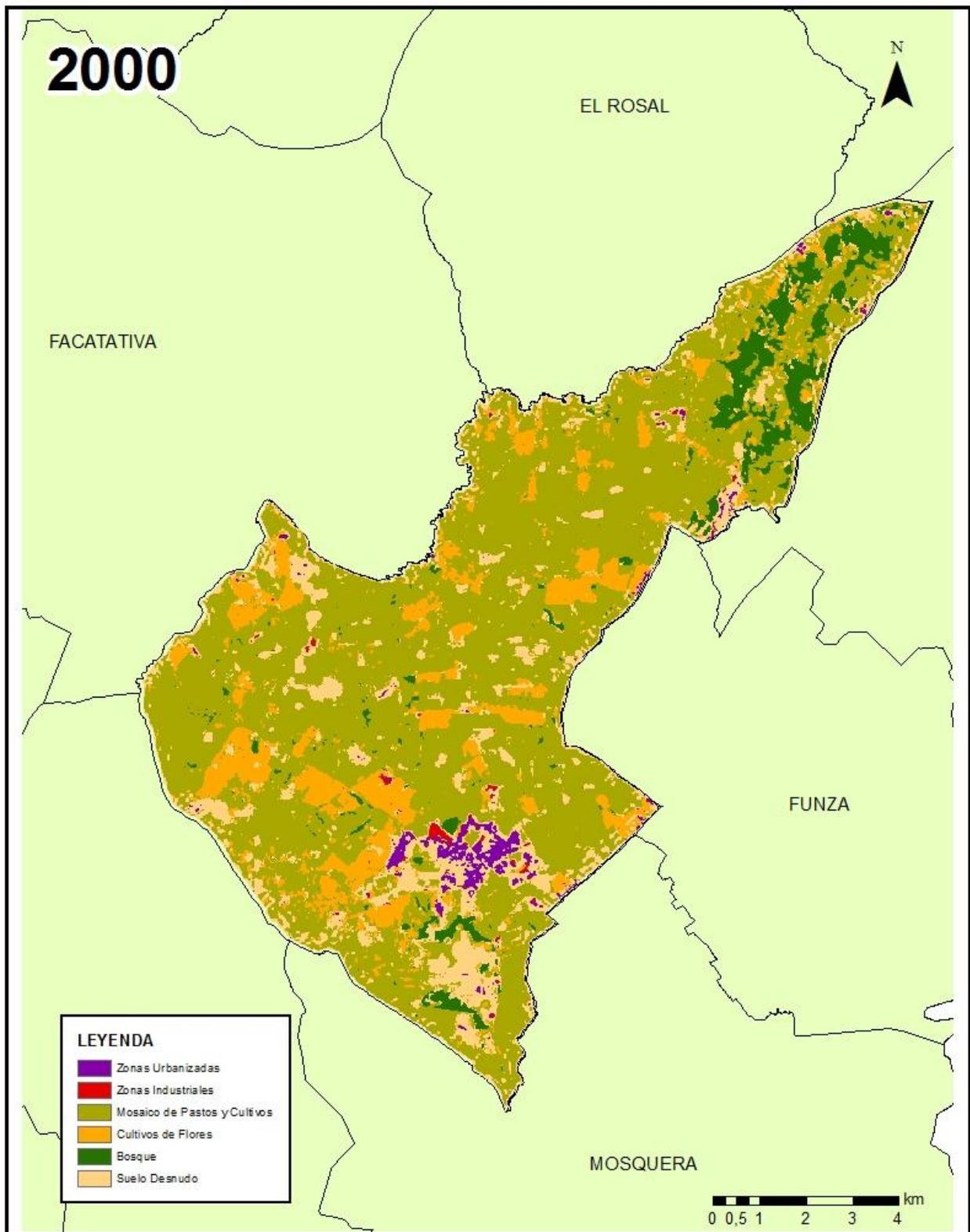
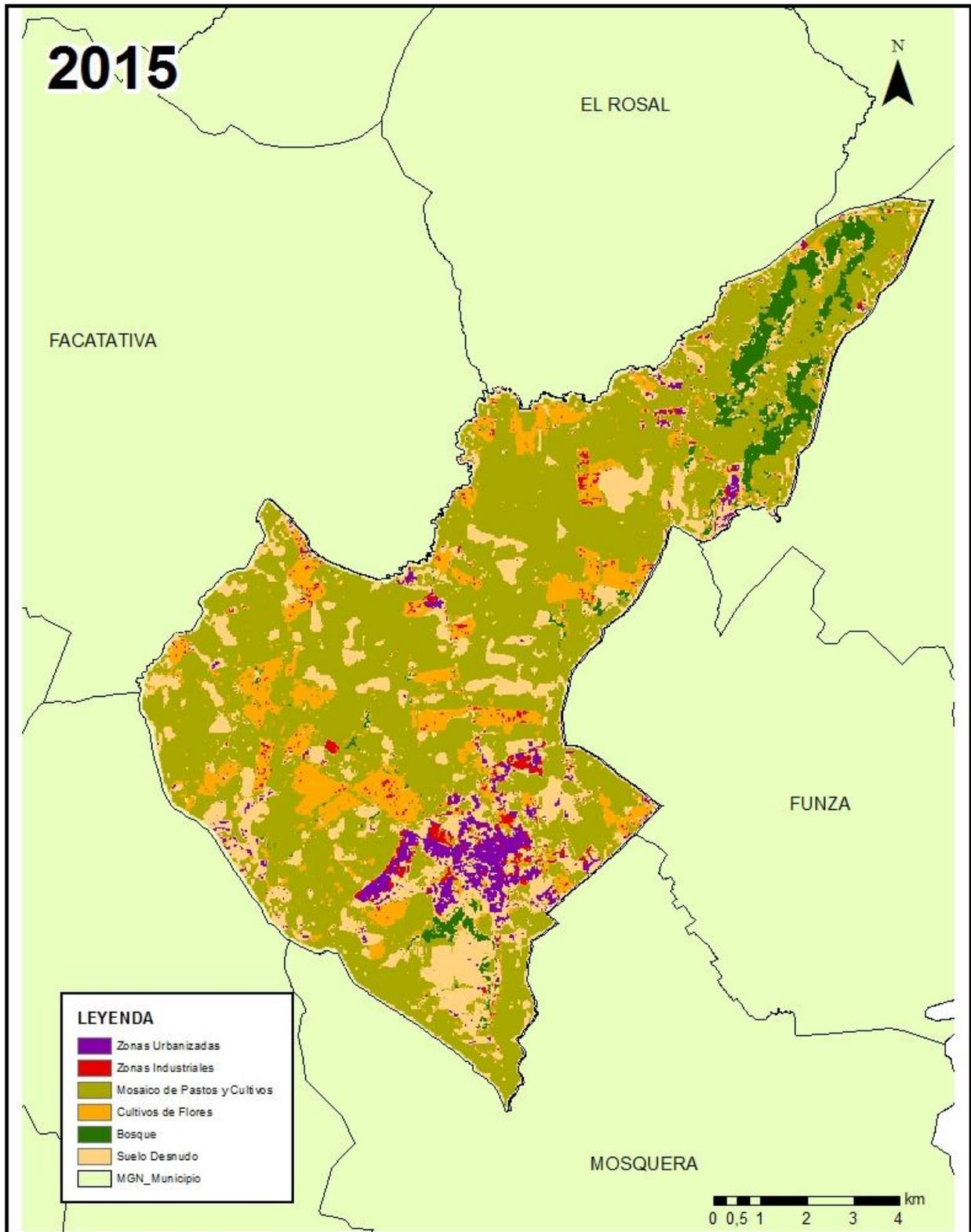


Figura 6. Mapa de clasificación de coberturas Madrid 2000



**Figura 7.** Mapa de clasificación de coberturas Madrid 2015

## 6.2. Dinámica de transformación de la cobertura

**Tabla 3.** Matriz de transición 1985- 2000 (porcentaje de pérdida)

		2000					
		Zonas urbanas	Zona industrial	Mosaico	Cultivo de flores	Bosque	Suelo desnudo
1985	Zonas urbanas		5	15	11	0	35
	Zona industrial	22		0	31	0	9
	Mosaico	1	0	Xx	11	2	12
	Cultivo de flores	2	1	38		1	10
	Bosque	0	0	41	5		8
	Suelo desnudo	2	0	57	14	4	

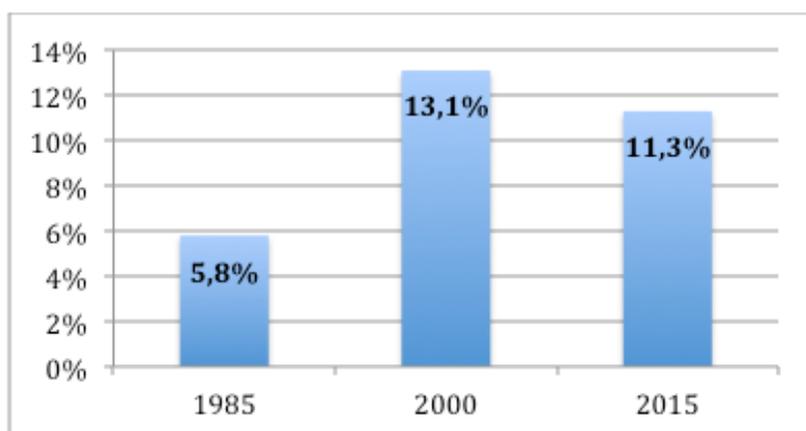
En el periodo 1985-2000 la cobertura que obtuvo mayor porcentaje de pérdida fueron los suelos desnudos, pues hubo una transición del 57% a mosaico de pastos y cultivos, seguido por la transición de bosque a mosaico de pastos y cultivos con un porcentaje de 41% y en tercer puesto los cultivos de flores a mosaico también con un porcentaje de pérdida de 38%, se observa el anterior cambio probablemente por una rotación o remplazo de la actividad económica.

**Tabla 4.** Matriz de transición 2000-2015 (porcentaje de pérdida)

		2015					
		Zonas urbanas	Zona industrial	Mosaico	Cultivo de flores	Bosque	Suelo desnudo
2000	Zonas urbanas		10	7	7	0	20
	Zona industrial	20		15	16	0	19
	Mosaico	2	1		7	1	17
	Cultivo de flores	2	3	40		1	13
	Bosque	0	0	30	2		18
	Suelo desnudo	8	3	40	9	3	

Por otro lado en la transición de 2000 a 2015 se observa la misma transición predominante, donde hay un mayor porcentaje de pérdida de cultivo de flores (40%), Bosque (30%) y suelo desnudo (40%), la transición en estos casos se da hacia mosaico de pastos y cultivos, probablemente por las razones mencionadas anteriormente.

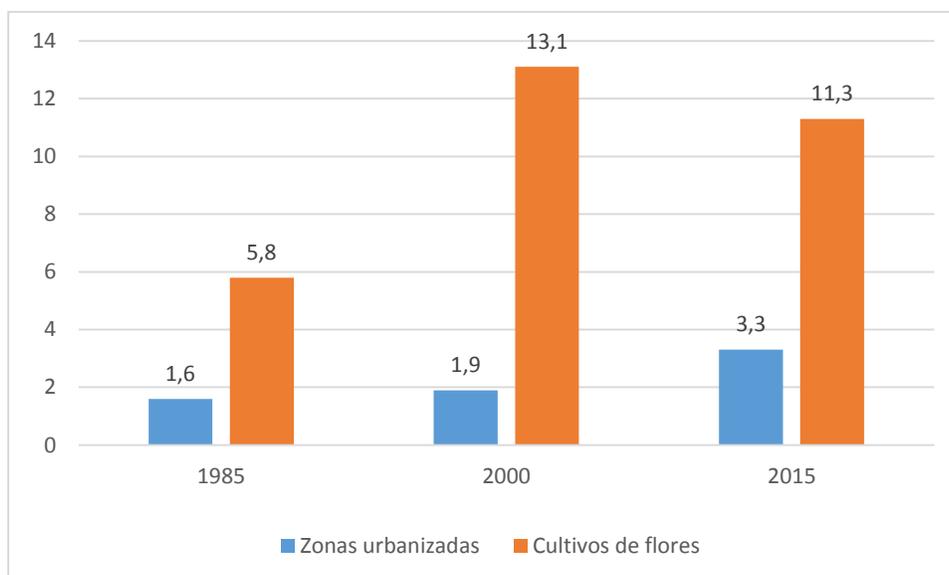
### 6.3 Cobertura de cultivos de flores



**Figura 8.** Porcentaje de cobertura de cultivos de flores

**Tabla 5.** Cobertura de cultivos de flores

	1985		2000		2015	
	%	Ha	%	ha	%	ha
<b>Cultivos de flores</b>	5,8	606	13,1	1667	11,3	1300



**Figura 9.** Cobertura de cultivos de flores con respecto al área urbanizada.

#### 6.4 Evaluación de exactitud

**Tabla 6.** Matriz de confusión 1985

		Resultados de Clasificación							U_Accuracy	Kappa
		Zonas urbanizadas	Zonas industriales	Mosaico de pastos y cultivos	Cultivos de flores	Bosques	Suelo desnudo	Total		
Realidad del Terreno	Zonas urbanizadas	8	1	0	0	0	1	10	0,80	0,00
	Zonas industriales	6	3	0	0	0	1	10	0,30	0,00
	Mosaico de pastos y cultivos	0	0	21	0	3	2	26	0,81	0,00
	Cultivos de flores	1	0	3	5	1	0	10	0,50	0,00
	Bosques	0	0	0	0	9	1	10	0,90	0,00
	Suelo desnudo	0	0	2	0	0	8	10	0,80	0,00
	Total	15	4	26	5	13	13	76	0,00	0,00
P_Accuracy		0,53	0,75	0,81	1,00	0,69	0,62	0,00	0,71	0,00
Kappa		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64

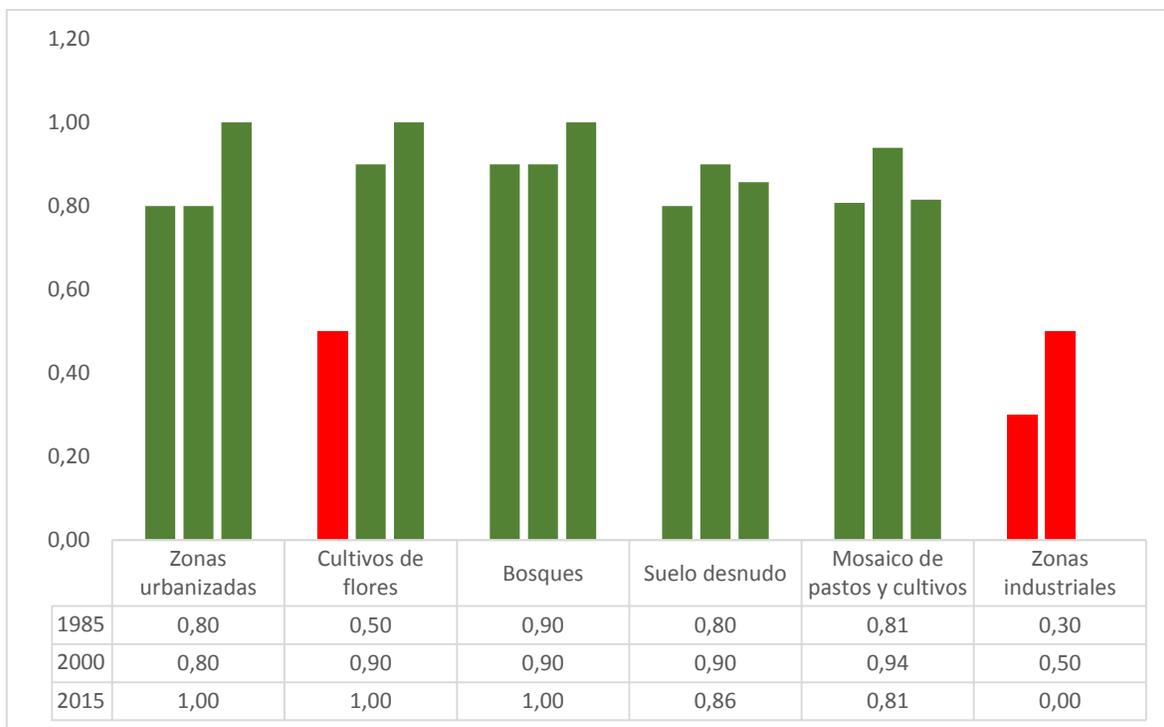
**Tabla 7. Matriz de confusión 2000**

		Resultados de Clasificación								
		Zonas urbanizadas	Zonas industriales	Mosaico de pastos y cultivos	Cultivos de flores	Bosques	Suelo desnudo	Total	U_Accuracy	Kappa
Realidad del Terreno	Zonas urbanizadas	8	0	0	1	0	1	10	0,80	0,00
	Zonas industriales	1	5	1	0	0	3	10	0,50	0,00
	Mosaico de pastos y cultivos	0	0	31	0	1	1	33	0,94	0,00
	Cultivos de flores	0	0	1	9	0	0	10	0,90	0,00
	Bosques	0	0	1	0	9	0	10	0,90	0,00
	Suelo desnudo	0	0	1	0	0	9	10	0,90	0,00
	Total	9	5	35	10	10	14	83	0,00	0,00
P_Accuracy		0,89	1,00	0,89	0,90	0,90	0,64	0,00	0,86	0,00
Kappa		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81

**Tabla 8. Matriz de confusión 2015**

		Resultados de Clasificación								
		Zonas urbanizadas	Zonas industriales	Mosaico de pastos y cultivos	Cultivos de flores	Bosques	Suelo desnudo	Total	U_Accuracy	Kappa
Realidad del Terreno	Zonas urbanizadas	2	0	0	0	0	0	2	1,00	0,00
	Zonas industriales	0	0	0	1	1	0	2	0,00	0,00
	Mosaico de pastos y cultivos	0	0	22	0	3	2	27	0,81	0,00
	Cultivos de flores	0	0	0	4	0	0	4	1,00	0,00
	Bosques	0	0	0	0	1	0	1	1,00	0,00
	Suelo desnudo	1	0	0	1	0	12	14	0,86	0,00
	Total	3	0	22	6	5	14	50	0,00	0,00
P_Accuracy		0,67	0,00	1,00	0,67	0,20	0,86	0,00	0,82	0,00
Kappa		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73

En cuanto a la exactitud de la clasificación mostrada en las matrices de confusión se observa que en el año 1985 las coberturas mejor clasificadas son los bosques, el suelo desnudo, el mosaico de pastos y cultivos y las zonas urbanizadas con una exactitud mayor a 0,8, mientras que las zonas industriales y los cultivos de flores tienen un valor menor a 0,5. Por otro lado en las coberturas del 2000 la única cobertura con 0.5 de exactitud son las zonas industriales, todas las coberturas restantes obtienen un valor mayor a 0,8. Por último en el 2015 todas las coberturas obtienen una exactitud mayor a 0,8, incluyendo tres coberturas que tienen un valor de 1.0 (Ver tablas 7, 8 y 9). Teniendo en cuenta esto es necesario tener cuidado al analizar las transiciones con coberturas clasificadas con una exactitud por bajo de 0.7 (Ver figura 10).



**Figura 10. Exactitud de la clasificación según matrices de transición.**

En verde se muestran los valores por encima de 0.7 y en rojo valores por debajo de 0.7.

## 7. DISCUSIÓN

La variación en las coberturas y usos del suelo en el municipio de Madrid corresponden a cambios en el uso del suelo causados por diferentes factores direccionadores, entre los cuales está el crecimiento de la población junto con el área urbana, el aumento uso del suelo para zonas urbanas, mosaicos de pastos y cultivos y cultivos de flores

Detalladamente analizaremos cuáles fueron las transiciones en los dos periodos, donde se observa que la mayor transición fue hacia mosaico de pastos y cultivo, luego hacia suelo desnudo y en menor intensidad hacia cultivo de flores (Ver Tabla 2). Los cambios fueron observados tanto en el periodo de 1985-2000 como en el de 2000-2015 teniendo en cuenta la transición a cultivo de flores, el mayor cambio fue de zona industrial a cultivo de flores, lo anterior probablemente porque la industria de la floricultura estaba generando mejor rentabilidad y pudo haber una transición en el uso del suelo buscando una mayor ganancia; por otro lado el segundo cambio notorio del suelo desnudo hacia cultivo de flores, donde se ve un mejor aprovechamiento del uso del suelo (Ver tabla 3 y 4). Por otro lado, la transición más frecuente desde cultivos de flores fue hacia mosaico de pastos y cultivos, donde probablemente hubo una rotación de cultivos.

Los cambios de cobertura producidas en el municipio de Madrid a partir de 1985 responden a factores de tipo económico, donde la floricultura ha sido introducida como actividad económica principal (González Cubillos 2009), esto condujo a una reconstrucción espacial que se observa en las transiciones 1985-2015 (Ver figura 5,6 y 7), se observa la aparición de nuevas formas de explotación del terreno, hay un incremento poblacional que se refleja en el aumento del área de las zonas urbanizadas, ahora Madrid es uno de los municipios floricultores más importantes de Colombia y uno de los primeros en la producción de flores cortadas del mundo (González Cubillos 2009).

Para entender cómo la floricultura dirige la mayoría de los cambios de cobertura en el municipio de Madrid es necesario saber el contexto histórico de la producción florícola. El inicio de la industria para la exportación de flores se consolida con la creación del Plan Vallejo y se afianza en el gobierno de la “transformación nacional” donde Carlos Lleras Restrepo estuvo en el poder y creó el fondo de promoción de las exportaciones (PROEXPO). Adicionalmente hay hechos que motivaron al fortalecimiento del cultivo de flores, los precios de la flor en Estados Unidos, la mano de obra económica y el costo de la tierra, donde había una gran oferta de mano de obra campesina (González Cubillos 2009).

Un factor determinante en el mercado de la floricultura es la revaluación del peso, desencadenando crisis económicas en el sector, lo cual termina reflejándose en impactos sociales, laborales y ambientales (Páez 2009), el sector productivo se ve afectado por constantes fluctuaciones en la tasa de cambio de la moneda (Guarín 2013). La desaceleración económica en países consumidores indica que más allá de los ciclos que se dan normalmente en el comercio internacional la producción se vuelve inviable en términos económicos (Páez 2009).

La floricultura ha tenido ciclos económicos específicos que nos permiten esbozar los cambios en el paisaje que se han dado a lo largo de estos tres periodos de tiempo. En términos históricos la floricultura presentó grandes dificultades en la década de los sesenta, periodo en el que inició la industria florícola en el país. Se presentaron para exportar el producto a Estados Unidos, el principal mercado de Colombia, esto se dio a tan solo unos años después de iniciado el negocio (Páez 2009). Luego en la década de los 80 hubo una lucha con los transportadores aéreos para conseguir bajos precios en los fletes, pero principalmente hubo enfrentamiento por denuncias de dumping por parte de los productores ubicados en Florida y California. Los precios bajos a los que llegaban las flores colombianas al mercado de estados Unidos justificaron quejas de problemas fitosanitarios y competencia desleal, lo que constituyó una barrera comercial para la floricultura (Páez 2009).

La actividad florícola aumentó con la nueva introducción de diferentes variedades de flores, en 1977 existían alrededor de 30 empresas dedicadas a la actividad, para 2009 ya existían 67 empresas, aumentando la oferta de empleo y generando migraciones desde diferentes zonas del país hacia el municipio. El mercado

internacional de la flor junto con factores tecnológicos, sociales, biofísicos y de ubicación permitieron la localización de los cultivos de flores, lo que genera nuevas formas de fragmentación del terreno (González Cubillos 2009), esto se puede ver reflejado en los resultados obtenidos, donde hay una expansión notable de los cultivos de flores y el área urbanizada (Ver figuras 5,6 y 7).

En 1997 se desarrolla la Ley 388, “Ley de desarrollo territorial”, la cual genera la necesidad de realizar un plan de ordenamiento territorial, donde se busca disminuir los impactos negativos de las actividades económicas ligadas a la floricultura que se generaron en el municipio de Madrid. Con la aparición de esta ley se inicia un proceso y cambios espaciales que definen los usos del suelo para el municipio y restringe la instalación de cultivos de flores en ciertas áreas (González Cubillos 2009). Esto puede verse reflejado en la disminución de área de cultivos de flores en el periodo 2000-2015 (Ver tabla 2 y Figura 9). A pesar de la instauración de esta ley y la generación del plan de ordenamiento territorial, la reconstrucción histórica realizada acerca de los factores que podrían influir en la floricultura, deducimos que la reducción de áreas de cultivo de flores responde más a las fluctuaciones de la moneda que se generaron en este periodo.

En 1999 se instaura el plan de ordenamiento territorial (POT) de Madrid, Cundinamarca, éste afirma que el municipio contempla la Ley 135 de 1994, donde le corresponde al municipio planificar el desarrollo ambiental, económico y social, así mismo velar por el adecuado uso de los recursos naturales y del medio ambiente. No obstante, en ninguna parte del documento contempla restricciones para la conservación de bosques, no menciona ninguna estrategia para el desarrollo ambiental ni el uso adecuado de los recursos naturales. Esto se ve reflejado en la reducción de la cobertura boscosa a lo largo de los tres periodos de tiempo estudiados, donde los relictos de bosque que no han sido intervenidos corresponden a áreas con altas pendientes. El POT menciona una alta contaminación de las cuencas de los ríos Subachoque y Bojacá debido a un mal manejo, los niveles de contaminación responden a aguas residuales, basuras, desechos industriales, entre otros. Sin embargo, tampoco nombra restricciones para la conservación del recurso hídrico.

Posteriormente, en 2012 se plantea un segundo POT para el municipio de Madrid, donde se establecen disposiciones para cultivos bajo invernadero, donde los cultivos ya instalados que pretendan expandir su área deben presentar ante la secretaría de planeación sus proyectos de expansión para su respectiva aprobación. Adicionalmente, “todos los cultivos bajo invernadero deben introducir en el proceso productivo, tecnologías que minimicen el impacto ambiental negativo encaminados a utilizar abonos orgánicos en remplazo de los agroquímicos que utilizan” (Consejo Municipal de Madrid, 2012). La inclusión del factor ambiental en el POT del municipio y la aplicación de éste garantizará que los cambios de cobertura sean controlados y planeados por autoridades municipales.

Por otro lado, el POT de 2012 menciona la importancia de tener áreas de conservación y protección ambiental, se define como área de reserva forestal los cerros del Valle del Abra, Carrasquilla y Casablanca. Adicionalmente, se definen como áreas de especial importancia ecosistémica los ríos Madrid, Bojacá y Subachoque, la toma de San Patricio, la laguna de la Herrera, el reservorio de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del municipio, los humedales de las veredas de la Estancia, el Corzo y Bebederos, las platas PTAR y las zonas de acuíferos (Consejo Municipal de Madrid 2012). La inclusión de la conservación de áreas ambientalmente importantes en el POT garantizará la conservación de territorios fundamentales para los servicios ecosistémicos actuales del municipio, es de gran importancia una supervisión de los límites de las zonas de conservación y protección ambiental para vigilar la aplicación del POT.

Fenómenos específicos de la economía se reflejan directamente en el uso de la tierra, hacia mediados de los noventa hubo una oferta tan grande de claveles que los precios bajaron de US\$0.30 a US\$0.07, donde se presenta la necesidad de disminuir el terreno sembrado (Páez 2009). Esta situación ocurrió de 1996 a 1999, los efectos en el paisaje se pueden ver reflejados en el área de cobertura de cultivos de flores en 2015, por lo tanto, hay una clara disminución en comparación con el periodo de 1985 (Ver Figura 9).

La industria florícola pasó por diferentes obstáculos que fueron apareciendo con los años, en el momento que se tuvo la intención de exportar el producto, surgió la barrera económica adicional donde Estados Unidos tenía políticas que prohibían subsidios gubernamentales, la industria floricultora se vio obligada a renunciar a los beneficios del gobierno para fomentar las exportaciones tales como el Plan Vallejo. En esos momentos los empresarios invirtieron mucho dinero para mantener a flote la industria y pagar el impuesto antidumping que se impuso en 1993 (Páez 2009).

En 1994 se presentó otra barrera, hubo demanda proveniente de los productores norteamericanos donde denunciaban que “la revaluación del peso se debía a legitimación de las operaciones financieras del narcotráfico”; la revaluación del peso en 1994 y 1997 ocasionó la pérdida de más de 2000 empleos con el cierre de más de una decena de empresas (Páez 2009).

De 1998 a 2003 hubo una alta devaluación del peso por lo cual las ganancias disminuyeron, en 2004 se empezaron a reflejar las fluctuaciones de las tasas de cambio en el marco de este modelo, hubo una revaluación del peso debido a las altas tasas de interés, lo cual amenazó con la permanencia y crecimiento del sector floricultor. En este momento los floricultores se enfrentaron una vez más a un aumento en los costos de producción con incrementos en mano de obra, fletes, plásticos y cartón (Páez 2009).

Como podemos analizar la industria florícola tiene un alto riesgo de competitividad internacional al basarse en la tasa cambiaria, en 2004 el sector se mostró

altamente vulnerable pues sus costos dependen altamente de un componente nacional y se asocian con la inflación interna (Páez 2009). Estas fluctuaciones se reflejan directamente en los cambios de uso del suelo, de tal manera que atribuimos que el factor direccionador principal de la disminución de las coberturas florícolas (Ver tabla 3 y 4) en el periodo 2000-2015 fue la crisis económica del 2004, donde el cierre de múltiples empresas se refleja en el uso del suelo evidenciado en este estudio.

Actualmente, los principales proveedores de Estados Unidos son Colombia y Ecuador, el primero tiene un papel fundamental en el mercado florícola mundial pues presenta una potencia a nivel competitivo en el mercado debido a las ventajas climáticas y territoriales de la región, la alta disponibilidad de agua y mano de obra de bajo costo; Ecuador ha disputado una fuerte competencia que se ubica en segundo lugar en porcentaje de exportaciones hacia USA. (Páez 2009). Los principales países productores de flores en Latinoamérica son Colombia, Ecuador y Brasil, adicionalmente en el resto del mundo es potencia Holanda, quienes tienen diferentes condiciones que favorecen la industria florícola, el acceso a vías de transporte es un factor primordial, allí, la calidad de las vías disminuye el costo del transporte (Páez 2009).

Laurance en 1999 describe que un factor determinante para la aceleración de procesos de fragmentación es el aumento demográfico, lo cual es una consecuencia de los procesos de pérdida de hábitat, cambios de cobertura y usos de la tierra (Laurance 1999). Madrid ha tenido un crecimiento poblacional que responde a la alta oferta de empleo por el sector floricultor (Páez 2009), ha migrado población de otros municipios por la economía del sector. La población ha aumentado exponencialmente en los periodos de tiempo censados por el DANE, con una población de 28233 en 1985, 39212 en 1993, 61599 a 2015 (DANE 1989, 1993, 2015), lo cual se refleja en el aumento del perímetro urbano (ver Figuras 5,6 y 7). El aumento poblacional del municipio incrementa la intensificación en el uso del suelo, esto se refleja no solo en el aumento en el área de la cobertura de cultivos de flores sino en la matriz de pastos y cultivos, lo que conlleva a un efecto directo en la disminución de áreas naturales, en este caso la cobertura de bosques (Ver Tabla 2 y 3).

Las matrices de confusión son una herramienta que nos permite analizar que tan bien es clasificada la imagen satelital del terreno, brindando datos específicos en cuanto a la exactitud en la clasificación. Se observa que existe una dificultad en la clasificación y diferenciación de zonas urbanas y zonas industriales presentando valores de exactitud menores al umbral de confianza (0.7). Es pertinente para estudios a escalas finas de paisaje tener fotografías de mayor resolución que permitan hacer una clasificación con mayor exactitud (U\_Accuracy).

La fragmentación de los bosques en el municipio de Madrid es preocupante, debido a que puede afectar la conectividad de ecosistemas naturales, esto se observa en la proporción de bosques naturales a lo largo de los 3 periodos (Figura

5,6 y 7), la alteración en la conectividad de bosques puede alterar los servicios ecosistémicos del municipio. Con los resultados de este estudio se puede ver una transformación del paisaje drástica donde el 95.9 % de las coberturas (Tabla 2) son territorios artificializados o agrícolas (IDEAM *et al.* 2008). Se sugiere una evaluación detallada de los servicios ecosistémicos afectados a lo largo de los tres periodos de estudio, dado que es preocupante la probable afectación por la alta transformación presente en el municipio y evidenciada en este estudio.

La floricultura al igual que otros tipos de industrias agrícolas o mineras no consideran la estructura ecológica como herramienta para la planificación del territorio, lo que conlleva a conflictos socioambientales, es necesario establecer políticas y normas direccionadas a una adecuada gestión ambiental que procure la conservación, restauración, uso sostenible, gestión de riesgo de biodiversidad y servicios ecosistémicos (Rojas, José & Mariño de Posada 2014). Desafortunadamente el municipio de Madrid ha sido transformado drásticamente; es aconsejable evaluar en próximos estudios la dinámica de los servicios ecosistémicos y los planes de restauración pertinentes para evitar crisis socioambientales a futuro.

La realización de un análisis detallado del uso y cobertura del suelo a nivel espacial y computacional permite ver tendencias y dinámicas del paisaje, sin embargo, es de gran importancia realizar una corroboración en campo que consolide y verifique la información generada por sistemas de información geográfica. Se sugiere en estudios posteriores tener en cuenta las verificaciones de terreno, realizar una fase de campo permitiría reconstruir información espacial de las coberturas en años anteriores a el primer periodo de tiempo considerado en este estudio (1985), incluso reconstruir la historia del uso del suelo en años anteriores al desarrollo de la floricultura del municipio.

## **8. CONCLUSIONES**

En el municipio de Madrid se observa un aumento de las coberturas de suelo desnudo, urbanizadas e industriales, una disminución de cobertura de bosques y mosaico de pastos y cultivos en el periodo de tiempo de 1985-2000. Específicamente las áreas de cultivos de flores tienen un aumento en el periodo 1985-2000 y una reducción para 2000-2015, lo cual responde a dinámicas económicas (fluctuación en la tasa de cambio de la moneda), crecimiento poblacional y creación del plan de ordenamiento territorial del municipio (POT).

La transición predominante en las coberturas del municipio de Madrid en el periodo 1985-2015 es hacia Mosaico de pastos y cultivos, se observa en coberturas que eran anteriormente cultivo de flores, bosque y suelo desnudo, lo cual genera una homogenización del paisaje con porcentajes casi nulos de coberturas naturales.

El factor direccionador principal de los cambios de cobertura en el municipio de Madrid Cundinamarca en el periodo 1985-2015 fue la industria de la floricultura donde al encontrarse en un contexto a nivel económico y geográfico facilita el desarrollo de la producción de flores, teniendo en cuenta, condiciones edáficas y clima adecuados, buen precio de exportación, disponibilidad de mano de obra y accesibilidad.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Abadía, J.G. (2011) Cambios en la cobertura del paisaje y fuerzas conductoras en los Llanos Orientales Colombianos (Puerto López, Meta), 1988-2007. Trabajo de grado en Estudios Ambientales y Rurales. *Facultad de Estudios Ambientales y Rurales*, 1988–2007.
- Amizguita, E. (1999) Requerimiento de agua y nutrición de cultivos de flores. *XI Congreso Nacional Agronómico*, pp. 215–237.
- Armenteras, D., Gast, F. & Villareal, H. (2003) Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological Conservation*, **113**, 245–256.
- Calatayud, T. & Velarde, M.D. (1997) El análisis de la transformación espacial del paisaje: aproximación metodológica y aplicación a una zona piloto. *Congresos Forestales Españoles*, **5**, 17–25.
- Cerda, J. & Villarroel, L. (2008) Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica : Coeficiente de Kappa. *Revista chilena de pediatría*, **79**, 54–58.
- Ciontescu, N. (2004) *Análisis de Los Procesos Recientes de Transformación Ecosistémica En Dos Sectores de La Zona de Amortiguación Del PNN Pisba (1955 – 2001)*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C.
- Consejo Municipal Municipio de Madrid. (2012) *Modificación Del Plan Básico de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Madrid -Cundinamarca*. Madrid.
- DANE. (1989) *Cuadros de Población Total Con Ajuste Final de Cobertura Por Secciones Del País Y Municipios*. Bogotá.
- DANE. (1993) *Censo 1993*. Colombia.
- DANE. (2015) *Censo 2015*. Colombia.
- DANE. (2017) Imágenes Geoportal. URL <https://geoportal.dane.gov.co/v2/>

- Etter, A. (1991) *Introducción a La Ecología Del Paisaje*. Bogotá D.C.
- Etter, A. (2000) Patterns of Landscape Transformation in Colombia , with Emphasis in the Andean Region Patterns of Landscape Transformation in Colombia , with Emphasis in the Andean Region. *Ambio: A journal of the Human Environment*, **29**.
- Etter, A. (2015) Las transformaciones del uso de la tierra y los ecosistemas durante el periodo colonial en Colombia. *La economía colonial de la Nueva Granada* (eds A. Roca & M.T. Ramírez), pp. 62–99.
- Etter, A. & McAlpine, C. (2006) Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **114**, 369–386.
- Etter, A. & McAlpine, C. (2008) Modeling Unplanned Land Cover Change Across Scales a Colombian Case Study. *Land Use Change: Science, Policy and Management* (eds R. Aspinall & M. Hill), pp. 81–96.
- Etter, A., McAlpine, C., Pullar, D. & Possingham, H. (2006) Modelling the conversion of Colombian lowland ecosystems since 1940: Drivers, patterns and rates. *Journal of Environmental Management*, **79**, 74–87.
- Exelis Visual Information Solutions. (2010) ENVI Tutorial : Introduction to ENVI.
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N. & Snyder, P.K. (2005) Global Consequences of Land Use. *Science*, **309**, 570–574.
- Forman, R.T.T. & Godron, M. (1986) *Landscape Ecology* (ed JW& Sons). New York.
- Giraldo, A.D., Amézquita, C., Almanza & Zuluaga, V. (2010) *Modelos de Internacionalización Aplicados Por Las Empresas Floriculturas*.
- Gómez, A.M. (2009) *Estudio Multitemporal de La Dinámica de Transformación Espacial de La Cobertura Por Crecimiento Urbano En Una Zona de La Localidad de Suba, Bogotá-Colombia, En El Período 1955-2006*. Pontificia Universidad Javeriana.
- González Cubillos, E. (2009) Implicaciones de la floricultura en las transformaciones espaciales de Madrid ( Cundinamarca ) a partir de 1970

Floriculture Implications in the Space Transformation of Madrid ( Cundinamarca ) From 1970. *Perspectiva geográfica*, **14**, 219–240.

González, J.J., Etter, A.A., Sarmiento, A.H., Orrego, S.A., Ramírez, C., Cabrera, E., Vargas, D., Galindo, G., García, M.C. & Ordoñez, M.F. (2011) *Análisis de Tendencias Y Patrones Espaciales de Deforestación En Colombia* (ed Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM). Bogotá D.C.

González, L. & Romero, A. (2013) *Análisis Multitemporal de Los Cambios de La Cobertura de La Tierra E Incidencia Del Cultivo de Palma En El Territorio Del Municipio de Villanueva Casanare*. Pontificia Universidad Javeriana.

Guarín, R. (2013) *Impacto Del Régimen Cambiario Actual En La Economía Del Sector Floricultor Colombiano*. Universidad Militar Nueva Granada.

Guevara, S. & Laborde, J. (2008) The Landscape Approach: Designing New Reserves for Protection of Biological and Cultural Diversity in Latin America. *Environmental Ethics*, **30**, 251–262.

Hernán, D. (2012) *El Perfil Competitivo Local Como Factor Determinante Para El Desarrollo de La Floricultura En Madrid Cundinamarca*. Universidad Nacional de Colombia.

IDEAM, IGAC & CORMAGDALENA. (2008) *Mapa de Cobertura de La Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover Adaptada Para Colombia a Escala 1:100.000*. (ed IGAC y CAR del río G de LM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales).

Korovkin, T. & Sanmiguel, O. (2007) Estándares de trabajo e iniciativas no estatales en las industrias florícolas de Colombia y Ecuador Labour standards and non-state initiatives in Colombia's and Ecuador's flower industries. *Iconos Revista de Ciencias Sociales*, **29**, 15–30.

Laurance, W.F. (1999) Effects on the tropical deforestation crisis. *Biological conservation*, **91**, 109–117.

Mendoza, J.. & Etter, A. (2002) Multitemporal analysis ( 1940 ± 1996 ) of land cover changes in the highplain ( Colombia ) southwestern Bogota. *Landscape and Urban Planning*, **59**, 147–158.

Morisigue, D., Mata, D., Facciuto, G. & Bullrich, L. (2012) *Pasado Y Presente de La Floricultura Argentina* (ed I nacional de Tecnología). Buenos Aires.

Páez, O. (2009) *Informe Sobre La Floricultura Colombiana*. Bogotá D.C.

- Quirós, M.L. (2001) La floricultura en Colombia en el marco de la globalización: aproximaciones hacia un análisis micro y macroeconómico. *Revista universidad EAFIT*, **Abril-Mayo**, 59–68.
- Repeto, H. (2004) *Rentabilidad de La Floricultura, ¿Para Quién?* (ed C Cactus).
- Rojas, C., José, B. & Mariño de Posada, J. (2014) Biodiversidad y servicios ecosistémicos en la gestión del suelo-subsuelo. *OPERA*, 9–26.
- Ruiz, V., Savé, R. & Herrera, A. (2013) Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. *Ecosistemas*, **22**, 117–123.
- Santos, T. & Telleria, J.L. (2006) Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, **2**, 3–12.
- Silva. (1992) Landscape ecology: literature review. , 23.
- Steffen, W., Crutzen, P. & McNeill, J. (2007) The Anthropocene : Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature. *Ambio: A journal of the Human Environment*, **36**, 614.
- Tilman, D. (1999) The ecological consequences of changes in biodiversity: Perspectives. *Ecology*, **80**, 1455–1474.
- Troll, C. (2010) Ecología del paisaje. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 94–105.
- Vila, J., Varga, D., Llausas, A. & Ribas, A. (2006) Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, **48**, 151–166.