



Universidad de  
los Andes

Centro Interdisciplinario de  
Estudios sobre Desarrollo - CIDER

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN  
**EVALUACIÓN DE LA COBERTURA BOSCOSA EN EL  
MUNICIPIO DE ARATOCA (SANTANDER)**  
Bosque, café con sombrío y certificación Rainforest Alliance

Investigador Principal  
Andrés Guhl  
Profesor Asistente  
CIDER – Universidad de los Andes  
Correo electrónico: [aguhl@uniandes.edu.co](mailto:aguhl@uniandes.edu.co)  
Teléfono: 3394949 ext 2651

Asistente de Investigación  
Estefanía Luengas Bautista

FEBRERO DE 2009

## Tabla de Contenidos

Evolución del área sembrada de café en Santander .....	4
La zona de estudio.....	5
Café en Aratoca (1970-2008).....	6
Caracterización de fincas (2008).....	7
Diferencias entre tipos de fincas .....	10
Actividades en la finca.....	12
Variedades de café .....	13
Ubicación de las fincas .....	13
Análisis de coberturas vegetales .....	16
Métricas y análisis de la fragmentación del paisaje .....	23
Conectividad de los parches de bosque.....	26
Conclusiones .....	30
Limitaciones.....	31
Bibliografía .....	33

## Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (El municipio de Aratoca está resaltado en rojo). .....	5
Figura 2. Paisaje típico de Aratoca (vereda San Pedro). Al fondo el Río Chicamocha (Octubre 2008) ..	6
Figura 3. Estructura jerárquica de la base de datos del SICA (FNC) .....	7
Figura 4. Percentiles del área de la finca (Aratoca) .....	8
Figura 5. Percentiles del área de la finca (certificada y no certificada) .....	9
Figura 6. Distribución de fincas por elevación .....	12
Figura 7. Ubicación de los cultivos de café en Aratoca (2008). Los colores representan lotes en distintas veredas (nombres indicados en el mapa) .....	15
Figura 8. Bosque seco tropical en Aratoca .....	17
Figura 9. Café con sombrío.....	17
Figura 10. Vegetación típica de una cañada .....	18
Figura 11. Zonas enrastrojadas (Arbustos y helechales).....	18
Figura 12. Cultivos y potreros.....	19
Figura 13. Zonas con el suelo expuesto y poca vegetación .....	19
Figura 14. Área de las coberturas del suelo en Aratoca (2007). No se incluye la categoría “Sin Imagen”. .....	20
Figura 15. Mapa de coberturas del suelo de Aratoca (2007) .....	21
Figura 16. Distancias a los vecinos más cercanos (líneas rojas) entre las coberturas menos intervenidas (Café con sombrío, bosque y cañada) .....	23
Figura 17. Percentiles de la distancia al parche más cercano .....	24
Figura 18. Áreas de conectividad con diferentes distancias .....	28
Figura 19. Cambios en la conectividad generadas con áreas núcleo de distintas distancias .....	29

## Índice de Tablas

Tabla 1. Evolución del área sembrada de café en Santander (1970-1997) .....	4
Tabla 2. Evolución del área sembrada de café en Aratoca (1970-2008) .....	7
Tabla 3. Distribución de los predios rurales por tamaño (2008).....	9
Tabla 4. Variables diferentes entre fincas certificadas y no certificadas .....	10
Tabla 5. Porcentaje de actividades en los cultivos de las fincas de Aratoca.....	12
Tabla 6. Variedad de café por tipo de finca .....	13
Tabla 7. Área y café y número de fincas por vereda.....	16
Tabla 8. Resumen de las coberturas vegetales presentes en Aratoca (2007).....	22
Tabla 9. Características de vecindad entre los parches más cercanos (Bosque, café con sombrío, cañada) .....	24
Tabla 10. Características del tamaño de los parches.....	25
Tabla 11. Características del perímetro y forma de los parches .....	25

La agricultura está asociada a cambios muy fuertes en el paisaje, y hoy en día es una de las fuerzas más importantes del cambio ambiental global (Mannion 2002; Turner et al. 1995). La agricultura moderna ha generado impactos ambientales muy significativos en los paisajes rurales como la salinización de suelos, erosión, compactación por el uso de maquinaria pesada, y la homogenización del paisaje (Conway 2001; Purvis and Smith 2004) que generan la pérdida de bienes y servicios ambientales esenciales para el bienestar de la sociedad (Alcamo et al. 2003; MA 2005). En las últimas décadas han surgido iniciativas como la agroecología (Gliessman 2000) y la eco-agricultura (McNeely and Scherr 2003) que tratan de buscar alternativas más amigables con el medio ambiente, de manera que las actividades agropecuarias no compitan sino complementen el papel de los ecosistemas menos intervenidos como prestadores de bienes y servicios ambientales. Entre estas iniciativas el proceso de certificación de la producción agropecuaria, que en esencia, busca garantizar para el consumidor que el proceso productivo cumple con ciertos estándares (van Hoof, Monroy, and Saer 2008). La certificación puede incluir aspectos ambientales, sociales, de calidad y económicos. El propósito de este estudio es el de establecer una línea de base que permita cuantificar, en el futuro, el impacto del proceso de certificación en la cobertura boscosa (cafetales con sombrío) del municipio de Aratoca, en el departamento de Santander (Colombia), y combinarlo con otros componentes de este proyecto que analizan los cambios ambientales y económicos a nivel de finca.

### **Evolución del área sembrada de café en Santander**

El departamento de Santander ha sido históricamente uno de los enclaves de la producción cafetera. El cultivo del grano llegó desde Venezuela al Nororiente del país en el siglo XIX, y el cultivo se expandió rápidamente por los departamentos de norte de Santander y Santander (Palacios 1980; Parsons 1968). Incluso, Manuel Ancízar, quien fue miembro de la Comisión Corográfica a mediados del siglo XIX, menciona en su libro “Peregrinación de Alpha” (Capítulo 38) que el sacerdote de Salazar de las Palmas ponía como penitencia a sus feligreses sembrar café. A finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX la mayor producción cafetera del país provenía de Santander y Norte de Santander, con el primer departamento acaparando el 60% de la producción nacional para el año 1900 (Palacios 1980).

Para el año 1970 Santander había dejado de ser uno de los principales productores del grano, y los cafetales en este departamento sólo representaban el 5.91% del área sembrada de café a nivel nacional. Sin embargo, este producto seguía siendo un renglón importante para muchos municipios del departamento. Los resultados de los censos cafeteros de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC 1970, 1983, 1997) muestran que el área sembrada de café en este departamento se redujo en un 39.9% en el periodo 1970-1997 (Tabla 1).

**Tabla 1. Evolución del área sembrada de café en Santander (1970-1997)**

Año	Area café (ha)	Fincas cafeteras	Área promedio de café por finca (ha)	Área promedio de la finca (ha)	Porcentaje de la finca promedio en café
1970	63035	18408	3.42	22.21	15.4%
1980	56233	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1997	37881	39963	0.95	8.73	10.9%

En el mismo período el número de fincas se duplicó, y el tamaño promedio de las mismas se redujo en un 60.7% (Tabla 1). Igualmente, el porcentaje de la finca dedicado al café disminuyó del 15.4% al 10.9%. Estas tendencias son similares a las que se presentan a nivel nacional, aunque mucho más marcadas, ya que en el país el área total de café se redujo en sólo el 18.5% en el mismo período (FNC 1970, 1983, 1997; Guhl 2008). Estos hechos demuestran claramente cómo Santander ha perdido protagonismo como productor de café en el período 1970-2008.

## **La zona de estudio**

El municipio de Aratoca se encuentra ubicado en el departamento de Santander (Figura 1). Hace parte de la provincia de Guanentá con los municipios de San Gil, Barichara, Curití, Valle de San José, Encino, Coromoro, Cabrera, Páramo Villanueva, Jordán, Pinchote, Charalá, Mogotes, San Joaquín, Onzaga, Ocamonte y Cepitá. El municipio de Aratoca se encuentra dividido en cuatro veredas y 29 sectores (Alcaldía 2008). De acuerdo al censo de población del 2005, el municipio tiene 8395 habitantes, de los cuales el 26.3% vive en la cabecera municipal y el restante 73.7% vive en la zona rural del municipio (DANE 2005). Para 1996, el municipio tenía 300 predios urbanos y 1149 predios rurales (IGAC 1996), Según información disponible en la página web del municipio para 2008 (Alcaldía 2008), el número de predios rurales es de 1132, lo cual, al compararlo con las cifras de 1996, sugiere que ha habido un ligero fenómeno de consolidación de la tierra. La mayoría de los predios (59.2%) tienen áreas menores a 5 hectáreas.

### **Aratoca, Santander**

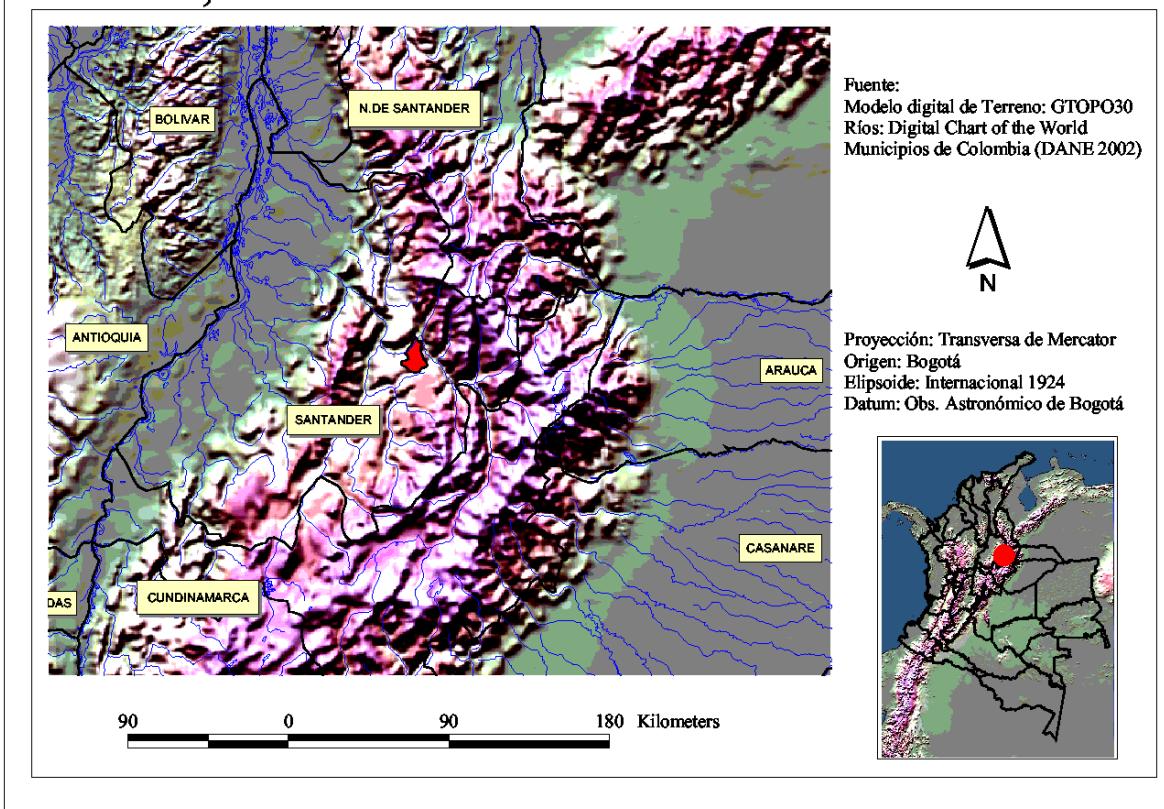


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (El municipio de Aratoca está resaltado en rojo).

El municipio tiene un área de 16.360 km<sup>2</sup> con alturas que oscilan entre los 500 msnm a orillas del río Chicamocha, y 2200 msnm en los lugares más altos del municipio como la Mesa de San Pedro (Alcaldía 2008; IGAC 1996). El paisaje es montañoso y erosionado y tiene muy pocos remanentes de la vegetación original (Figura 2). De acuerdo al Diccionario Geográfico de Colombia (IGAC 1996), la temperatura promedio es de 19° C y la precipitación promedio es de 1400 mm. Sin embargo, estos valores varían a lo largo del territorio. Los valores de temperatura promedio dependen de la elevación y oscilan entre 16° C y 26° C (Alcaldía 2008). En cuanto a la pluviosidad, es importante anotar que no hay estación pluviométrica en el territorio del municipio. Al analizar la información disponible del IDEAM para estaciones cercanas a Aratoca, la parte norte, oriental y occidental del municipio tiende a

ser mucho más seca con precipitaciones cercanas a los 800 mm, mientras que la zona sur es más húmeda con registros pluviométricos alrededor de los 1400 mm (IDEAM-PROSIS 1995). La combinación de pluviosidad y temperatura permite definir las zonas de vida del municipio de Aratoca (Holdridge 1971). El territorio de Aratoca exhibe una transición desde bosque seco premontano en la parte norte hacia bosque húmedo premontano en la parte sur (Guhl 2000). Sin embargo, el 75% del área del municipio está asociada a formaciones vegetales secas.



Figura 2. Paisaje típico de Aratoca (vereda San Pedro). Al fondo el Río Chicamocha (Octubre 2008)

Las principales actividades económicas del municipio están asociadas al sector agropecuario. De acuerdo a datos disponibles en la página web del municipio (Alcaldía 2008), los principales productos son el café (557 toneladas de producción), fríjol (96 toneladas de producción), yuca (1600 toneladas de producción), fique (228 toneladas) y plátano (870 toneladas). Estas actividades ocupan sólo 1366 hectáreas del municipio (Alcaldía 2008). En cuanto a la actividad pecuaria, la misma fuente menciona que hay cría de ganado caprino, bovino, porcino y galpones de pollos. Estos últimos proveen la gallinaza necesaria en la zona para la fertilización de muchos de los cafetales orgánicos. Las actividades pecuarias ocupan 3140 hectáreas del municipio (Alcaldía 2008). En las actividades industriales destaca el procesamiento del fique, que se hace en su mayoría en pequeñas familiares y ocupan a 456 familias del municipio (Alcaldía 2008).

### **Café en Aratoca (1970-2008)**

A pesar de que el área total sembrada de café en el departamento de Santander disminuyó entre 1970 y 1997, el municipio de Aratoca muestra un aumento importante en el área sembrada en este cultivo para el mismo período, e incluso los datos de 2008 suministrados por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia muestran que el área sembrada de café en este municipio santandereano sigue aumentando (Tabla 2).

Es interesante anotar que, a pesar de que el tamaño promedio de la fina ha disminuido en este municipio, la proporción de la misma dedicada al café ha aumentado. El área sembrada ha aumentado más del 56% desde 1997, y casi se ha triplicado desde 1970. Según la página web del municipio, el

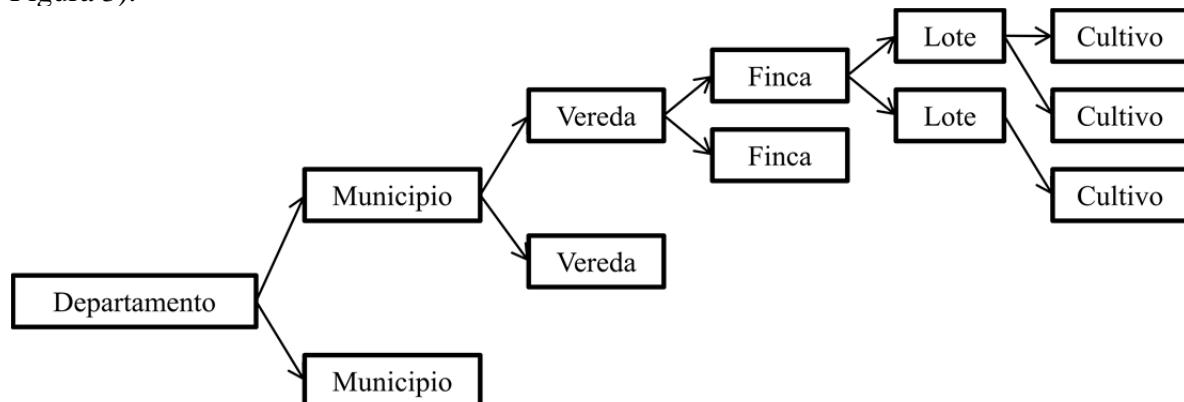
comité de cafeteros viene promocionando la expansión del cultivo y el manejo adecuado de los cafetales por medio de la renovación, tecnificación y producción limpia (Alcaldía 2008).

**Tabla 2. Evolución del área sembrada de café en Aratoca (1970-2008)**

Año	Area café (ha)	Fincas cafeteras	Área promedio de café por finca (ha)	Área promedio de la finca (ha)	Porcentaje de la finca promedio en café
1970	423.1	229	1.85	30	2.8%
1980	407.9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1997	742.6	517	1.44	10.9	13.2%
2008	1162.1	648	1.79	10.58	16.9%

### **Caracterización de fincas (2008)**

Gracias al Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros (Comité Departamental de Cafeteros de Santander) fue posible obtener información detallada sobre las fincas cafeteras en el municipio de Aratoca. Esta base de datos, proveniente del Sistema de Información Cafetero (SICA), está actualizada a noviembre de 2008. Desde el punto de vista geográfico, la unidad más detallada es el cultivo. Un lote está conformado por varios cultivos, y el área total sembrada de café en la finca es la suma todos los cultivos o los lotes. Cada finca está en una vereda, y cada vereda en un municipio. Finalmente el municipio pertenece a un Departamento (Figura 3).



**Figura 3. Estructura jerárquica de la base de datos del SICA (FNC)**

La base de datos contiene la siguiente información

Campo	Descripción
Departamento	Departamento donde está ubicada la finca
Municipio	Municipio dónde está ubicada la finca
Nombre de la vereda	Vereda donde está ubicada la finca.
Código de la finca	Número de identificación de las fincas del municipio
Nombre de la finca	Nombre de la finca.
Área total de la finca	Cuál es el área de cada una de las fincas cafeteras (hectáreas)
Certificada	Si la finca tiene certificación Rainforest Alliance o no.
Área en café	Cuál es el área sembrada de café en cada finca (hectáreas)
Nombre del propietario	Identificación del propietario de cada finca
Número de cultivos	Cantidad de cultivos que tiene cada finca
Lote número	Identificación de cada uno de los lotes de la finca
Área lote	Cuál es el área sembrada de café de cada lote (hectáreas)

Campo	Descripción
ASNM	Altura del cultivo (metros sobre el nivel del mar). Este valor es medido aproximadamente en el centro del cultivo.
Coordenada X	Cada cultivo es representado por un punto. Coordenadas planas (X) de un punto aproximadamente en el centro del cultivo.
Coordenada Y	Cada cultivo es representado por un punto. Coordenadas planas (Y) de un punto aproximadamente en el centro del cultivo.
Cultivo	Identificador de cada cultivo presente en los lotes
Área del cultivo	Cuál es el área sembrada de café en el cultivo (hectáreas)
Actividad	Cuál fue la última actividad que se realizó en el cultivo. Este campo puede tomar las opciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>Nueva siembra: ampliación del área sembrada de café</li> <li>Renovación siembra: siembra de nuevos cafetos en un cultivo existente.</li> <li>Renovación zoca: zoqueo de los cafetos existentes en un cultivo.</li> </ul>
Fecha de la actividad	Cuándo se realizó la actividad especificada en el campo anterior
Edad	Edad del cafetal en el cultivo. Calculado a partir de la última actividad registrada (fecha actual – fecha de la actividad)
Densidad	Número de cafetos por hectárea
Número de plantas	Número de plantas presente en el cultivo. Densidad por área de cultivo.

A partir de la información sobre el área de las fincas se elaboró un diagrama de percentiles (Figura 4).

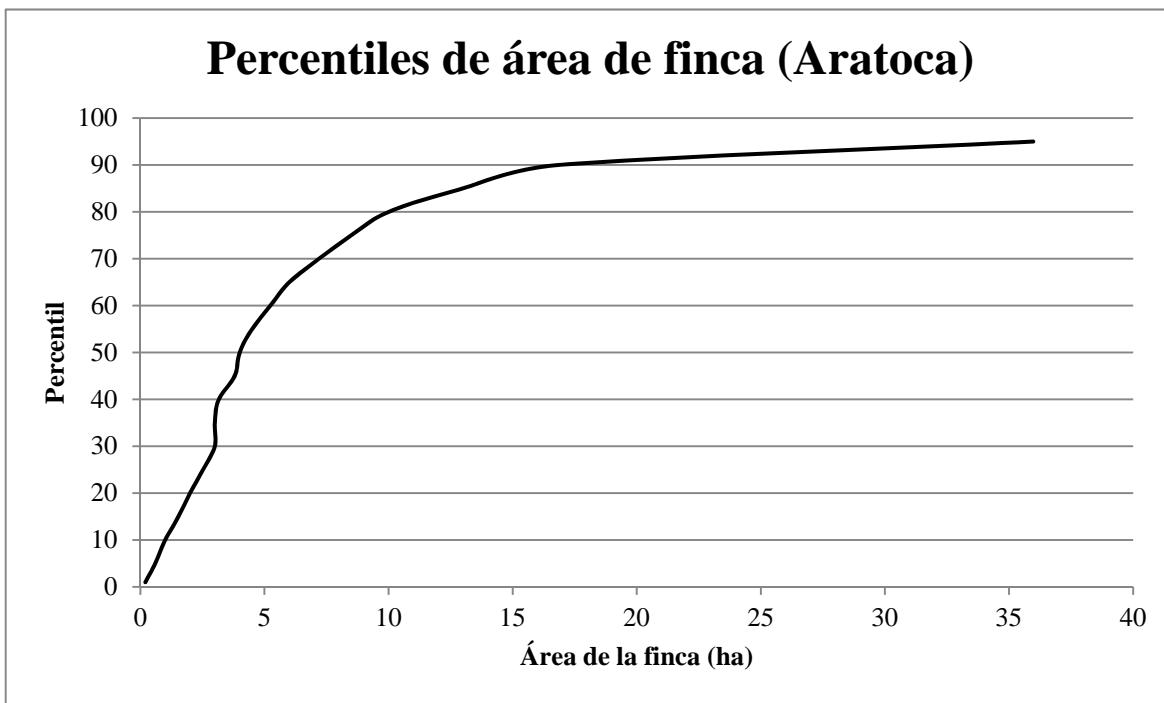
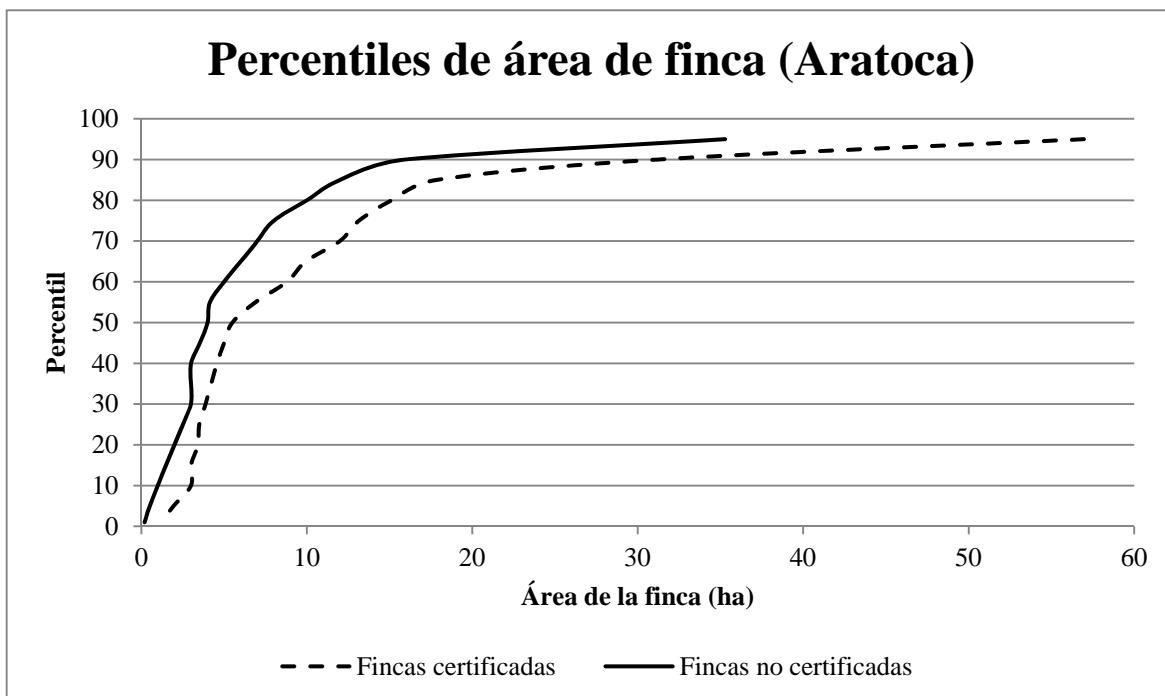


Figura 4. Percentiles del área de la finca (Aratoca)

Esta figura muestra claramente que en Aratoca hay muchas más fincas pequeñas que grandes. Por ejemplo, la mediana (percentil del 50%) corresponde a un tamaño de finca de 4 hectáreas, mientras que el tamaño promedio es de 10.58 hectáreas. Esta diferencia se debe a que hay fincas de gran tamaño que aumentan el valor promedio y lo alejan del valor de la mediana. En este municipio, el 80% de las fincas tienen un tamaño menor o igual al valor promedio.

De las 648 fincas del municipio, 57 son certificadas por Rainforest Alliance y 591 no lo son. Estas 57 fincas representan 263.2 hectáreas de café, lo cual corresponde al 22.6% del área sembrada con este producto en el municipio en 2008. Es importante anotar que el proceso de certificación ha sido bastante rápido, ya que según el extensionista, sólo en 2006 empezaron a certificarse las fincas. Que en dos años se hayan certificado casi el 10% de las fincas cafeteras de Aratoca y que representan más del 22% del área sembrada es un logro importante. Al mirar cómo se compara la distribución del área de las fincas certificadas y las no certificadas (Figura 5) es claro que las fincas certificadas tienden a ser de mayor tamaño que las no certificadas. La mediana del área de las fincas certificadas es 5.5 comparada con 4 para las fincas no certificadas.



**Figura 5. Percentiles del área de la finca (certificada y no certificada)**

Al comparar la estructura agraria de los predios rurales del municipio con el de las fincas cafeteras también es evidente que las fincas certificadas tienden a ser más grandes que las no certificadas (Tabla 3). El 33% de las fincas certificadas tienen más de 10 hectáreas, mientras que para las fincas no certificadas las fincas grandes sólo representan una cifra cercana al 18%. Igualmente, la estructura agraria de las fincas certificadas muestra diferencias con la distribución de los predios rurales de Aratoca. Mientras el 33% de las fincas certificadas tiene más de 10 hectáreas, para el municipio los predios con estas características corresponden únicamente al 23.6%. La Tabla 3 también pone en evidencia que el 57.2% de los predios rurales del municipio de Aratoca cultivan café, lo cual ratifica la importancia de este producto como actividad económica.

**Tabla 3. Distribución de los predios rurales por tamaño (2008)**

Tamaño predio	Aratoca	Fincas no certificadas	Fincas certificadas
< 5	670	361	27
De 5 a 10	195	124	11
De 10 a 20	148	59	12
> 20	119	47	7

Total	1132	591	57
-------	------	-----	----

Tamaño predio	Aratoca	Fincas no certificadas	Fincas certificadas
< 5	59.2%	61.0%	47.4%
De 5 a 10	17.2%	21.0%	19.3%
De 10 a 20	13.1%	10.0%	21.1%
> 20	10.5%	8.0%	12.3%

### Diferencias entre tipos de fincas.

Basados en la información suministrada por el Comité Departamental de Cafeteros de Santander, se hizo una caracterización de las fincas para determinar si existen diferencias entre las fincas certificadas y las no certificadas en cuanto a tamaño, edad de los cafetales y elevación, entre otros ( Tabla 4).

Tabla 4. Variables diferentes entre fincas certificadas y no certificadas

Variable	Promedio finca certificada	Promedio finca no certificada	Conclusión estadísticamente significativa
Tamaño de la finca	19.11 ha	9.75 ha	Las fincas certificadas tienen un área mayor que las no certificadas (Mann-Whitney U, p < 0.01)
Área total de café en la finca	4.62 ha	1.62 ha	Las fincas certificadas tienen un área mayor sembrada de café que las fincas no certificadas (Mann-Whitney U, p < 0.01)
Porcentaje de la finca sembrado de café	50.61%	33.76%	Las fincas certificadas dedican un mayor porcentaje de su área al café que las no certificadas (Mann-Whitney U, p < 0.01)
Edad de los cafetales (años)	6.13	14.31	Las fincas certificadas tienen cafetales más jóvenes que las no certificadas (Mann-Whitney U, p < 0.01)
Densidad de siembra (cafetos por hectárea)	6180	4904	Las fincas certificadas tienen una mayor densidad de siembra (Prueba t, p < 0.01)
Elevación promedio	1706 m	1636 m	Las fincas certificadas se encuentran a una mayor elevación (Mann-Whitney U, p < 0.01)

Al analizar las diferencias de las características “promedio” de las fincas certificadas y las no certificadas hay ciertos aspectos importantes para resaltar. En primer lugar, las fincas certificadas tienden a ser más grandes, lo cual sugiere que el proceso de certificación está asociado a productores con mayores recursos. Las fincas más pequeñas no necesariamente están participando en este proceso. Estos resultados concuerdan con lo que reportan Philpott y sus colaboradores para cooperativas de productores en Chiapas, México (Philpott et al. 2007). El área promedio de café en cada tipo de finca también muestra diferencias, y las fincas certificadas tienden a tener un área mayor, tal como en el caso de Chiapas. Este hecho no es sorprendente, ya que las fincas certificadas tienden a ser más grandes, y por lo tanto puede esperarse que tengan un área mayor dedicada al cultivo del café.

Un hallazgo interesante del análisis presentado en la

Tabla 4 es que las fincas certificadas dedican un porcentaje mucho más alto de la finca al cultivo del café. Aunque el propósito de este trabajo no era indagar sobre otras estrategias productivas asociadas a los caficultores, durante las visitas a algunas fincas certificadas si se preguntó sobre otras actividades productivas, y dos de los cuatro productores mencionaron claramente que la finca cafetera era una más de un portafolio de actividades económicas que incluían el sector transportes (un propietario es dueño de camiones y de un bus), y servicios (un propietario es dueño de una estación de servicio y de un hotel). Los dueños de las otras dos fincas que visitamos durante las dos salidas de campo de esta investigación mencionaron que el café era su principal estrategia productiva, y que no tenían actividades fuera de la finca. Todos los productores manifestaron su interés en ampliar el área sembrada de café por la rentabilidad que en este momento tiene esta actividad.

Aunque esta información no es representativa de todos los productores certificados del municipio si es indicativa de varios aspectos importantes. Existe un interés por parte de los productores certificados de expandir el cultivo del café ya que es una actividad comparativamente muy rentable, lo cual la hace atractiva. Este hecho tiene el potencial de ser un aspecto muy importante desde el punto de vista ambiental, ya que involucra el aumento de la cobertura boscosa asociada al café con sombrío en el municipio, y dadas las condiciones estipuladas en las normas de los distintos sellos, esto generará un sombrío florísticamente diverso. Es importante anotar que, Aunque este tipo de cobertura vegetal puede proveer muchos de los servicios ambientales asociados al bosque natural, nunca va a reemplazarlo (Perfecto et al. 2003). Sin embargo, este aumento del área sembrada de café también hace que los productores sean potencialmente más susceptibles a las variaciones de precios del mercado internacional, incluso si la producción cafetera es solo una de las actividades económicas que compone el portafolio del productor. Aunque los productores certificados reciben un precio mayor por su café, este sobreprecio existe, como en todos los mercados verdes, únicamente porque hay un nicho del mercado dispuesto a pagar un precio más alto (van Hoof, Monroy, and Saer 2008). De acuerdo a estos mismos autores, los mercados verdes están definidos por la demanda (consumidores) y no por la oferta (productores), y los primeros pueden cambiar sus preferencias en cualquier momento. En el caso de los caficultores certificados, si el nicho de mercado se reduce, éstos se verían muy afectados en sus medios de vida. Adicionalmente, aunque el mercado de cafés especiales y orgánicos ha crecido de manera muy importante en la última década (Brown 1996a, 1996b; CIMS 2007), y, según información de la gerencia técnica de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Carlos Alberto Paredes, comunicación personal) el aporte de Colombia en este sector creció de alrededor de 210000 en 2002 a más de 710000 sacos de 60kg en 2007, este segmento del mercado sólo representa aproximadamente el 7% del mercado mundial de café, y una expansión descontrolada de la producción certificada y de cafés especiales a nivel mundial puede potencialmente empezar a saturar la demanda, haciendo que el precio baje, nuevamente, afectando los medios de vida de los caficultores. En resumen, es preocupante que todos de los caficultores certificados que visitamos mencionaron su intención de convertir toda la finca a café, con lo cual esa vulnerabilidad ante cambios en el mercado aumentaría, siendo mayor para aquellos productores sin otras actividades económicas.

Hay dos aspectos que señalan que las fincas certificadas también tienen un manejo más intensivo y tecnificado que las fincas no certificadas: la edad de los cafetales y la densidad de siembra. Estos dos aspectos son características esenciales de un sistema de producción cafetero más intensivo (FNC 2001; Guhl 2008) ya que cafetos más jóvenes son más productivos, y una mayor densidad de siembra se traduce en mayor producción por hectárea. Por una parte, la edad promedio de los cafetales de las fincas certificadas es mucho menor que la de las fincas no certificadas. Esto indica que los propietarios de las fincas certificadas tienen el interés y el capital de renovar (zoca, renovación siembra, siembra nueva), a diferencia de los productores de las fincas no certificadas. El otro aspecto que indica que los

productores certificados tienen un manejo más intensivo es la densidad de siembra, ya que las fincas certificadas tienen más de 6000 cafetos por hectárea, mientras los no certificados apenas tiene 4900 cafetos por hectárea.

Un último aspecto interesante tiene que ver con la ubicación geográfica de las fincas certificadas, ya que se encuentra a mayor altitud que las fincas no certificadas. Una mayor elevación en la zona de estudio está asociada a una menor evapotranspiración, con lo que la disponibilidad de agua para el crecimiento y desarrollo del café puede ser mayor, lo cual es importante en una zona caracterizada por formaciones vegetales secas. La Figura 6 muestra cómo la gran mayoría de fincas están ubicadas por encima de los 1500 msnm y por debajo de los 1900 msnm, que en esta zona corresponden a la elevación óptima para la producción cafetera.

Distribución de fincas por elevación

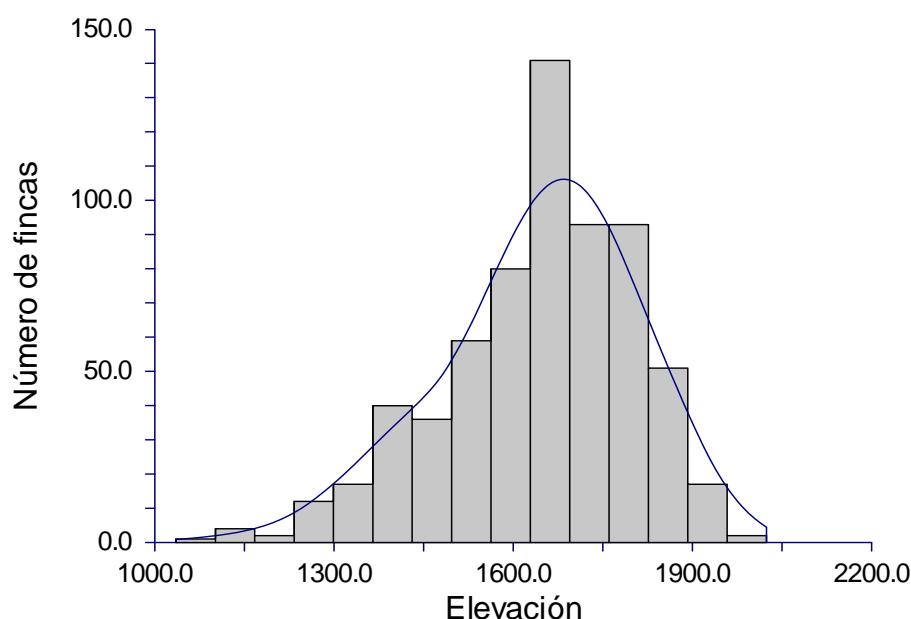


Figura 6. Distribución de fincas por elevación

## Actividades en la finca

Así como existen diferencias en las características de las fincas, también existen discrepancias en el tipo de actividades asociadas al cultivo del café en fincas certificadas y no certificadas. Al calcular el porcentaje de cada tipo de actividad en los cultivos de las fincas cafeteras de Aratoca son evidentes estos contrastes (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de actividades en los cultivos de las fincas de Aratoca

Categoría	nueva siembra	renovación siembra	renovación zoca	Lotes
Certificada	28.8%	34.8%	36.4%	451
No certificada	48.6%	33.2%	18.2%	2283
Total general Aratoca	45.4%	33.5%	21.2%	2734

Es interesante anotar que la mayoría de actividades asociadas a los más de 2700 cultivos corresponden a siembras nuevas (48.6%) para las fincas no certificadas. El porcentaje correspondiente a las fincas certificadas es apenas del 28.8%. Por otro lado, las fincas certificadas tienen un porcentaje mayor de cultivos en los que se ha llevado a cabo renovación por zoca. La frecuencia de las actividades asociadas

a la renovación por siembra de cultivos es muy similar entre ambos tipos de fincas. Aunque en principio podría pensarse que, dadas las condiciones de las fincas certificadas, que éstas estuvieran asociadas a nuevas siembras en su mayoría, la información de la Federación de cafeteros de Colombia sugiere que las siembras nuevas caracterizan a las fincas no certificadas. Esto podría pensarse como contra intuitivo, sobre todo cuando ya se presentó información de que las fincas no certificadas tienen cafetales de mayor edad. La explicación de que las siembras nuevas estén asociadas a las fincas con cafetales de mayor edad tiene que ver con el hecho de que la última actividad registrada en los lotes de la mayoría de las fincas no certificadas corresponde a la siembra de un cafetal hace mucho tiempo, y al cual no se le ha dado ningún tipo renovación. Los cultivos de las fincas certificadas tienden a ser de menor edad, y en su mayoría han sido renovados para mantenerse productivos.

## **Variedades de café**

Existe una gran diferencia entre el área sembrada en distintas variedades de café entre las fincas certificadas y no certificadas (Tabla 6).

**Tabla 6. Variedad de café por tipo de finca**

Categoría	caturra	Colombia	típica
Certificada	6.59%	87.74%	5.67%
No certificada	13.72%	62.35%	23.93%
Total general Aratoca	12.11%	68.10%	19.80%

Ambos tipos de finca tienen una preponderancia de la variedad Colombia. Esta variedad fue desarrollada por Cenicafé y es resistente a la roya. Sin embargo, casi el 88% del área de café de las fincas certificadas está sembrado con esta variedad, contra algo más del 62% para las fincas no certificadas. Este fenómeno puede deberse a varias razones. En primer lugar, los cafetales no certificados son de más edad, y por ende usan variedades más tradicionales como típica. En segundo lugar, como se mencionó anteriormente, los cafetales de las fincas certificadas tienden a ser más tecnificados, por lo que la variedad Colombia sería la dominante, ya que es la variedad que se popularizó en el país como estrategia para enfrentar la roya, y fue promovida muy agresivamente por el servicio de extensión agrícola de la Federación de cafeteros. Finalmente, la densidad de siembra también está asociada a la variedad. Ya que la variedad caturra y la Colombia son de porte bajo, es posible tener cafetales más densos, lo cual concuerda con las diferencias en la densidad de siembra presentadas más arriba.

## **Ubicación de las fincas**

La base de datos suministrada por la Federación Nacional de Cafeteros tiene las coordenadas de cada cultivo donde se produce café, así como también la vereda en la que se encuentra la finca. Con estos dos campos de información es posible analizar la ubicación geográfica de las fincas. La ubicación por vereda se muestra en la

Tabla 7 y la Figura 7.

El mapa muestra claramente que los cultivos de café certificados están agrupados en ciertas zonas del municipio (Figura 7) y que la gran mayoría de lotes cafeteros no están certificados. Esto no es sorprendente, ya que solo 57 fincas están certificadas en el municipio de Aratoca. El análisis de la tabla 7 muestra que la producción cafetera está presente en sólo 8 de los 29 sectores<sup>1</sup> que hacen parte del municipio. En términos generales, la producción está concentrada en cuatro de ellas (Cantabara, Clavellinas, San Antonio y San Pedro). Estas veredas representan el 86.8% del área total de café en Aratoca. Las fincas certificadas sólo se encuentran en 5 de las veredas, y el área se concentra en tres de ellas (Clavellinas, San Pedro y San Antonio), que representan el 95% del área de café certificada.

---

<sup>1</sup> Las “veredas” que maneja la Federación corresponden a los sectores que se listan en el Diccionario Geográfico de Colombia (IGAC 1996). Ya que la Federación maneja el término “veredas”, de aquí en adelante se utilizará como sinónimo de las secciones.

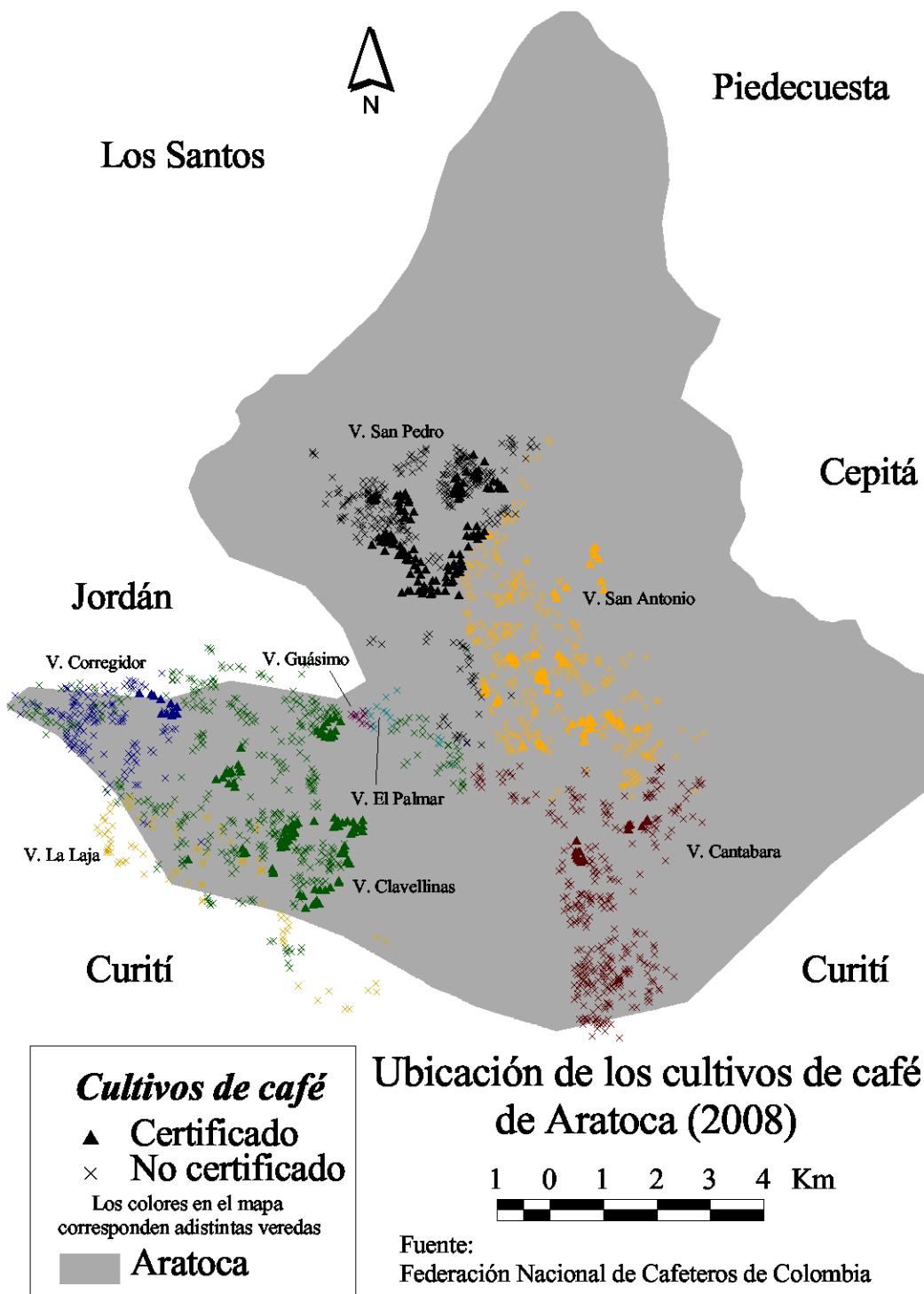


Figura 7. Ubicación de los cultivos de café en Aratoca (2008). Los colores representan lotes en distintas veredas (nombres indicados en el mapa)

**Tabla 7. Área y café y número de fincas por vereda**

Área de café	Vereda							
Tipo	Cantabara	Clavellinas	Corregidor	El Palmar	Guasimo	La Laja	San Antonio	San Pedro
Certificada	7.27	86.61	6				57.64	105.63
No certificada	158.64	249.91	60.18	23.1	4.64	59.09	195.52	147.86
Total	165.91	336.52	66.18	23.1	4.64	59.09	253.16	253.49

Fincas	Vereda							
Tipo	Cantabara	Clavellinas	Corregidor	El Palmar	Guasimo	La Laja	San Antonio	San Pedro
Certificada	2	20	2				16	17
No certificada	116	150	60	8	4	37	129	87
Total	118	170	62	8	4	37	145	104

La mayoría de las fincas cafeteras se encuentran en las cuatro veredas mencionadas para todo el municipio de Aratoca. Cantabara, Clavellinas, San Antonio y San Pedro suman 537 de las 648 fincas cafeteras de Aratoca (82.3%), lo cual nuevamente indica que la producción está altamente concentrada en estas veredas.

### **Análisis de coberturas vegetales**

En un principio este estudio proponía utilizar imágenes Landsat y ASTER para determinar las coberturas vegetales en el municipio de Aratoca a partir de la clasificación supervisada. Gracias a la Fundación Natura fue posible obtener una imagen satelital SPOT multiespectral (Enero 24 de 2007) a la cual se le había aplicado previamente un algoritmo pan-sharpening para combinar la resolución espacial de 5 metros de la banda pancromática con la resolución espectral de las bandas multiespectrales. El resultado final es una imagen con resolución espacial de 5 metros y tres bandas. Además, el haber podido obtener la información detallada sobre la ubicación de los cultivos de café, combinado al hecho de que es muy difícil distinguir entre bosque y cafetales bajo sombra por medios automatizados hizo que se optara por interpretar la imagen visualmente, y delimitar a partir de la localización de los cultivos de café y de la apariencia de la imagen las distintas unidades de cobertura.

La interpretación de la imagen se hizo a escala 1:20000. Esta metodología que combinó la interpretación visual con la ubicación de los cultivos de café permitió diferenciar con claridad los bosques asociados al café con sombrío de los pocos bosques naturales y plantados presentes en la región. Aunque visualmente es imposible distinguir entre los dos tipos de bosque (natural y sombrío), en los lugares donde había cultivos de café se asociaron con bosques de sombrío, y donde no los había, con bosques naturales. En muchas instancias los cultivos de café no estaban adyacentes, pero no existía ninguna forma de establecer visualmente la frontera entre el bosque de sombrío y el bosque natural, así que el parche de bosque entero se clasificó como bosque de sombrío si había una gran cantidad de cultivos de café, o como bosque si en cambio los cultivos de café eran uno o dos en el parche de bosque. La imagen se interpretó en 11 categorías que se explican a continuación:

- Bosque: Esta categoría contiene los pocos bosques naturales remanentes (Bosque seco tropical) y los parches de bosque plantado presentes en la región. Estos últimos son fácilmente identificables por los contornos rectos de su área. En el terreno, los bosques naturales tienen la apariencia que se muestra en la Figura 8. Los bosques naturales corresponden a aquellas zonas con cobertura boscosa que no están asociados a cafetales y que por su patrón geométrico en la imagen no son bosques plantados.



**Figura 8. Bosque seco tropical en Aratoca**

- Café con sombrío: Corresponde a todos los lotes cafeteros y no tiene en cuenta la composición del sombrío. Es decir, se incluyen cultivos de café con sombrío incipiente o establecido hace muchos años. Se distingue del bosque por la presencia de cultivos de café en la zona.



**Figura 9. Café con sombrío**

- Cañada: Hace referencia a la vegetación riparia a lo largo de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de vegetación se caracteriza por cañas y árboles que crecen en lugares bajos del paisaje y que en la imagen se observa con un patrón dendrítico que sigue los drenajes. Su color es rojo intenso en la imagen.



**Figura 10.** Vegetación típica de una cañada

- Rastrojo: Se refiere a zonas donde la vegetación característica consiste en arbustos o helechales. Estas regiones están asociadas a lugares donde las actividades agrícolas se han abandonado y la vegetación natural empieza a recuperarse, o donde la pendiente está tan degradada que los helechos cubren la superficie. Estas zonas se ven con un patrón muy homogéneo en la imagen y de color rojizo.



**Figura 11.** Zonas enrastrojadas (Arbustos y helechales)

- Potrero y Cultivo: En esta categoría se agruparon los usos agropecuarios del paisaje. Incluye zonas de pastoreo, cultivos de tabaco, maíz y piña entre otros.



**Figura 12. Cultivos y potreros**

- Suelo y poca vegetación: Corresponde a las zonas muy erosionadas y degradadas donde el suelo está expuesto en la superficie. En la imagen aparece con colores claros (cian y gris). Se encuentra en las zonas más secas del municipio.



**Figura 13. Zonas con el suelo expuesto y poca vegetación**

- Urbano: Se ubica en la cabecera municipal del municipio de Aratoca. En la imagen aparece con color gris claro y blanco.
- Agua: Dadas las condiciones climáticas en la zona, existen muchos jagüeyes y pequeños lagos para almacenar agua y poderla utilizar en labores agropecuarias y de uso doméstico. La gran mayoría de estos cuerpos de agua son tan pequeños que a la escala de interpretación (1:20000) no tienen el tamaño suficiente para incluirlos como áreas independientes<sup>2</sup>. El agua aparece de tonalidad azul u oscura, dependiendo de la cantidad de sedimentos que tenga.

<sup>2</sup> Para esta investigación se seleccionó un área mínima mapeable de 6 mm<sup>2</sup>, lo que a la escala de la interpretación corresponde a 600 m<sup>2</sup>, o 0.06 ha.

- Sin Imagen: La imagen utilizada no abarca todo el municipio de Aratoca. Sin embargo, la parte faltante corresponde a la zona más seca del municipio, y como tal, es una región donde no se encuentra café.
- Nubes: Lugares donde las nubes no permiten identificar las coberturas vegetales presentes en la superficie del terreno. Las nubes aparecen blancas en la imagen.
- Sombra de nubes: Sitios donde la sombra de las nubes oscurece la superficie y por lo tanto no es posible interpretar qué tipos de cobertura se encuentran en el suelo. Las sombras se encuentran siempre cerca de las nubes y son de color oscuro.

La composición del paisaje se encuentra en la Figura 14 y el mapa resultante en la Figura 15<sup>3</sup>.

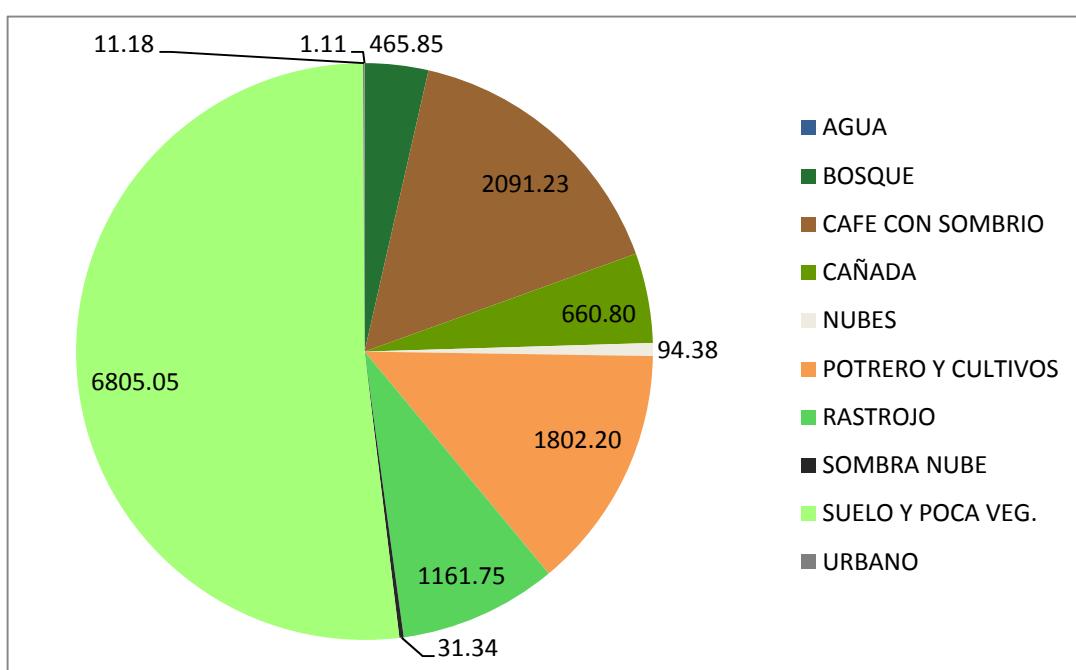


Figura 14. Área de las coberturas del suelo en Aratoca (2007). No se incluye la categoría “Sin Imagen”.

<sup>3</sup> Hay un mapa más detallado como un anexo (escala 1:40.000)

## Coberturas del suelo de Aratoca (2007)

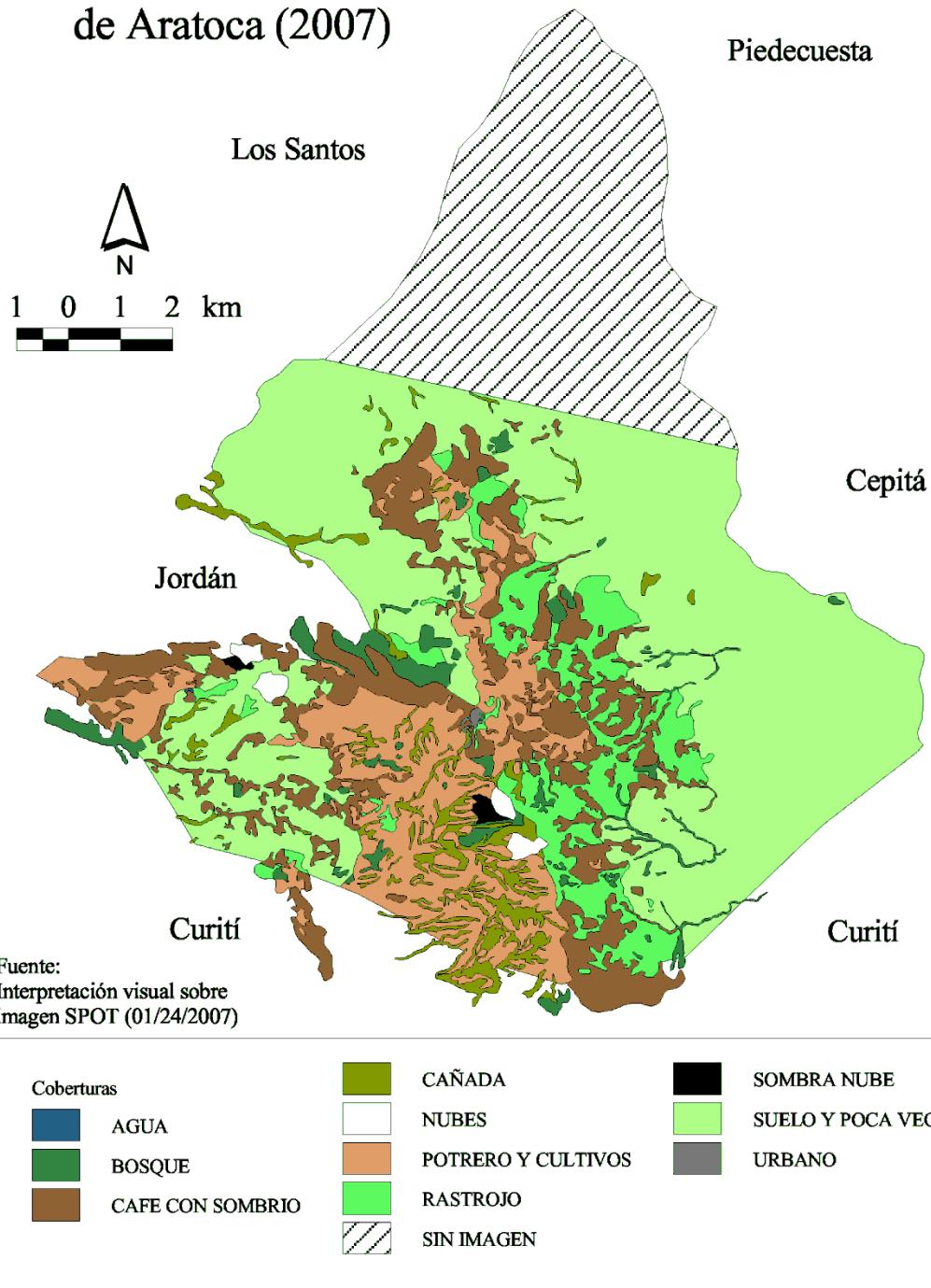


Figura 15. Mapa de coberturas del suelo de Aratoca (2007)

Es evidente que la cobertura dominante es “suelo y poca vegetación”, seguida por el “Café con sombrío”, “Potrero y cultivos” y “rastrojo”<sup>4</sup> (Figura 14 y Tabla 8). Estos resultados concuerdan con las actividades productivas preponderantes en el municipio que cita la Alcaldía de Aratoca en su página web (Alcaldía 2008). Es importante anotar que existe una diferencia entre el área sembrada de café en el municipio (1162 hectáreas) a partir de la información obtenida de la Federación Nacional de Cafeteros y la de Café con Sombrío proveniente de la interpretación de la imagen satelital (2091

<sup>4</sup> En este análisis no se incluyó la zona “Sin Imagen”.

hectáreas). La diferencia entre ambas cifras se debe a que los datos de la Federación de Cafeteros incluyen únicamente los cultivos de café, mientras que los valores obtenidos de la interpretación de la imagen satelital incluyen áreas aledañas a los cultivos de café como cañadas, cercas vivas, etc. que se encuentran muy cercanas a los cultivos del café, pero que por la apariencia física en la imagen es imposible separarlas del bosque de sombrío. Tal como se mencionó anteriormente, el bosque y el café con sombrío son indistinguibles, y sin la ubicación de los cultivos habría sido imposible discriminarlas. Por ejemplo, esta área incluye las zonas con bosque entre dos cultivos de café, pero que no tienen este cultivo, o aquellas zonas muy cercanas a un cafetal pero que por su pendiente u otras condiciones tienen cobertura boscosa, y no es posible separarlas en la imagen. Además, se incluyen algunas zonas que se encuentran fuera del perímetro del municipio, pero por razones de continuidad del agroecosistema cafetero se incluyeron dentro del análisis.

**Tabla 8. Resumen de las coberturas vegetales presentes en Aratoca (2007)**

<b>COBERTURA</b>	<b>Parches</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Tamaño parche promedio (ha)</b>
AGUA	1	1.11	0.01%	1.11
BOSQUE	52	465.85	2.79%	8.96
CAFE CON SOMBRIOS	80	2091.23	12.52%	26.14
CAÑADA	63	660.80	3.96%	10.49
NUBES	4	94.38	0.57%	23.59
POTRERO Y CULTIVOS	39	1802.20	10.79%	46.21
RASTROJO	24	1161.75	6.96%	48.41
SIN IMAGEN	1	3572.32	21.39%	3572.32
SOMBRA NUBE	2	31.34	0.19%	15.67
SUELLO Y POCA VEG.	8	6805.05	40.76%	850.63
URBANO	1	11.18	0.07%	11.18
<b>TOTAL</b>		<b>16697.21</b>		

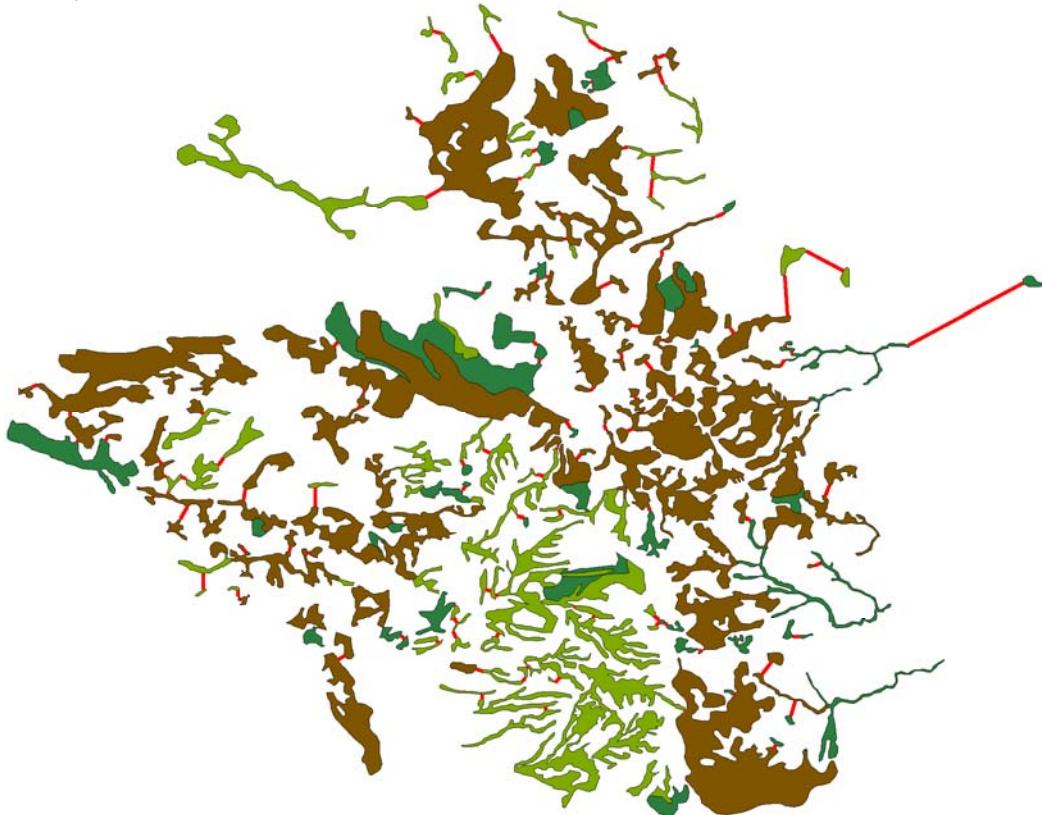
Las zonas con suelo y poca vegetación son las que ocupan parches de mayor tamaño en el paisaje ya que es la cobertura con mayor área y apenas ocho parches (Tabla 8). En la misma tabla se puede ver que la cobertura que le sigue en tamaño es el café con sombrío. El número de parches de este tipo de vegetación es mayor (80) lo cual hace que el parche promedio sea mucho más pequeño. Los potreros y cultivos y rastrojos abarcan 39 y 24 parches respectivamente, y el tamaño promedio del parche es mucho menor que el de la cobertura de suelo y poca vegetación, pero mayor que el de los parches de las otras coberturas. El alto número de parches para el café con sombrío, bosque y cañada hace que el tamaño promedio de los mismos sea mucho más bajo que para las otras coberturas antes mencionadas (26.14 ha, 8.96 ha y 10.49 ha respectivamente). Esto significa que estas tres coberturas están más fragmentadas que las otras antes presentadas. Sin embargo, la interpretación del alto número de parches es diferente. Mientras que la cañada y el bosque son coberturas relativamente naturales, un alto número de parches significa que el paisaje ha sido muy intervenido, y que estos parches representan los remanentes de las coberturas originales. En cambio, el alto número de parches para el café con sombrío significa que poco a poco esta cobertura se ha venido expandiendo (tal como lo muestran las cifras de la Federación de cafeteros sobre el cultivo del café en este municipio), y que las fincas cafeteras no necesariamente conforman una matriz conectada. Es de esperarse que a medida de que el área de café

con sombrío aumente, muchos de los parches empiecen a conectarse, y esta cobertura empiece a desfragmentarse. Al comparar el tamaño promedio del parche de café con sombrío con el tamaño promedio de la finca es evidente que el proceso de “conexión” en el paisaje ya empezó, ya que mientras la finca cafetera tiene en promedio 10.58 hectáreas, el tamaño del parche es 26.14 hectáreas. Esto sugiere que, en promedio, hay 2.47 fincas cafeteras que conforman cada parche.

### **Métricas y análisis de la fragmentación del paisaje**

La ecología del paisaje parte del supuesto de que el patrón de las coberturas del suelo determina de manera directa la función del paisaje (Burel and Baudry 2003; Turner, Gardner, and O'Neill 2001). La clave, entonces, es poder vincular los patrones presentes en un área específica con los procesos que allí ocurren. La descripción del paisaje y de sus coberturas se convierte en el primer paso para poder analizar esta relación entre patrón y proceso. Existe una gran cantidad de métricas del paisaje que Esta sección presenta las métricas del paisaje asociadas al mapa de coberturas vegetales. Para calcular las métricas del paisaje se utilizó la extensión Fragstats 3.1 para ArcView 3.x, y para calcular la distancia al vecino más cercano se usó la extensión Nearest Neighbor 3.8 para el mismo paquete. Ambas extensiones están disponibles de manera gratuita en Internet.

La Figura 16 presenta los resultados de análisis de vecindad. Los parches de color verde oscuro corresponden a bosque, los de verde claro a cañadas, y los restantes a café con sombrío. Las líneas rojas corresponden a la distancia al vecino más cercano para cada uno de los parches. Es importante anotar que sólo hay líneas rojas en casos en que los parches no son adyacentes, y que sólo se ha incluido la línea que representa la distancia y dirección al vecino más cercano. En total, hay 195 parches de estas tres coberturas menos intervenidas (80 de café con sombrío, 63 de cañadas, y 52 de bosques, Tabla 8). Esto define 196 relaciones de vecino más cercano.



**Figura 16. Distancias a los vecinos más cercanos (líneas rojas) entre las coberturas menos intervenidas (Café con sombrío, bosque y cañada)**

## Percentiles de la distancia al parche más cercano

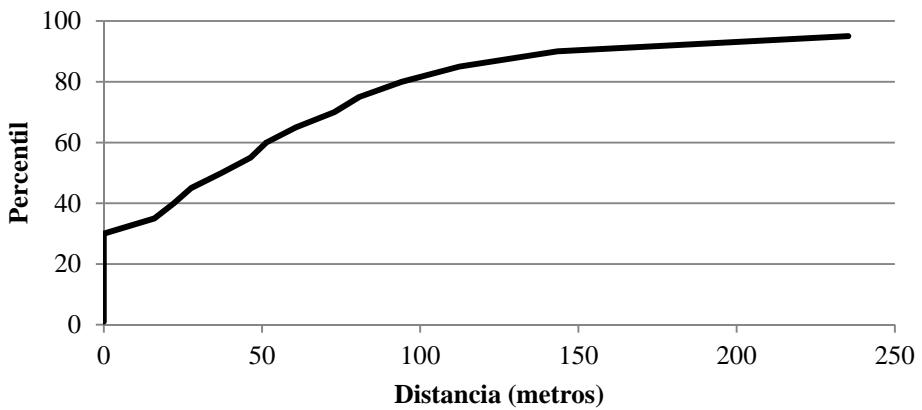


Figura 17. Percentiles de la distancia al parche más cercano

La Figura 17 presenta la distribución acumulada de las distancias a los vecinos más cercanos a partir de los resultados que se muestran en la Figura 16. Es interesante anotar que únicamente el 30% de los parches son adyacentes. La mediana corresponde a 37.3 m. y el 80% de los parches está a menos de 95 metros de su vecino más cercano. Estos dos hechos sugieren que, en general, la distancia que separa a los parches no es muy larga, y que existen algunos parches muy aislados que están incrementando la distancia promedio. La Tabla 9 sintetiza los resultados de este análisis de vecindad entre los parches más cercanos para las tres coberturas menos intervenidas (café con sombrío, bosque y cañada). El tipo de vecindad más común es entre bosque y café con sombrío, que además también es el que presenta la distancia promedio más pequeña. Luego le siguen como vecinos más cercanos los parches entre cafetales (41 instancias) con una distancia promedio de 80.79 metros entre parches. Dadas las características del paisaje, donde casi no existen parches de bosque, no es sorprendente que la mayor distancia entre parches del mismo tipo de cobertura sea entre parches de bosque. Esta categoría también es la que exhibe la mayor distancia entre parches del mismo tipo. En cambio, la menor distancia máxima se presenta entre parches de café con sombrío y cañadas. La desviación estándar indica que los parches más cercanos de bosque y cañada son los que se encuentran más cerca al valor promedio, mientras que la distribución de la distancia entre parches de bosque vecinos es la que muestra una mayor variabilidad. Cuatro de los tipos posibles de vecinos tienen como distancia mínima cero, lo cual indica que los parches son adyacentes.

Tabla 9. Características de vecindad entre los parches más cercanos (Bosque, café con sombrío, cañada)

Tipo de vecino	Cantidad de parches vecinos	Distancia promedio	Distancia mínima	Distancia máxima	Desviación estándar
BOSQUE-BOSQUE	19	150.85	8.65	1983.05	444.76
CAFÉ CON SOMBRÍO-CAFÉ CON SOMBRÍO	41	80.79	14.63	232.9	55.65
CAÑADA-CAÑADA	31	100.83	0.00	652.9	122.64
BOSQUE-CAFÉ CON SOMBRÍO	53	26.86	0.00	233.88	46.91
BOSQUE-CAÑADA	17	29.40	0.00	611.45	39.32
CAFÉ CON SOMBRÍO-CAÑADA	34	69.64	0.00	80.86	91.58

**Tabla 10. Características del tamaño de los parches**

Categoría	Tamaño promedio del parche	Mediana del tamaño del parche	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
AGUA	1.11	N.D.	N.D	N.D
BOSQUE	8.96	3.35	15.34	171.21
CAFE CON SOMBRIOS	26.14	6.11	48.20	184.40
CAÑADA	10.49	3.73	21.60	205.90
NUBES	23.59	19.84	4.11	17.44
POTRERO Y CULTIVOS	46.21	4.03	174.69	378.03
RASTROJO	48.41	5.06	167.71	346.47
SIN IMAGEN	3572.32	N.D.	N.D	N.D
SOMBRA NUBE	15.67	9.55	6.12	39.07
SUELO Y POCA VEG.	850.63	13.17	1902.43	223.65
URBANO	11.18	N.D	N.D	N.D

En la Tabla 10 se presentan las características del tamaño del parche para las 11 categorías definidas para el mapa de coberturas vegetales. En primer lugar, para aquellas coberturas que sólo tienen un parche (Agua, Sin Imagen, Urbano), los demás valores de la tabla no tienen sentido. Es importante anotar que para la mayoría de las categorías el valor de la mediana del tamaño del parche es muy distinta al valor promedio. Esto quiere decir que hay parches muy grandes que afectan el valor promedio como en el caso de “suelo y poca vegetación”. Sólo en para las nubes el valor de la media y de la mediana es relativamente cercano. Las desviaciones estándar y los coeficientes de variación de todas las variables ponen en evidencia la amplia distribución de valores de tamaño de parches. Sólo en el caso de las nubes y de la sombra de las nubes estos valores están por debajo del 100%, La cobertura con mayor variación en la distribución de los tamaños de los parches es “potrero y cultivos”, seguida por el rastrojo.

**Tabla 11. Características del perímetro y forma de los parches**

Categoría	Perímetro total	Densidad de perímetro	Perímetro promedio	Índice de Forma promedio (MSI)	Promedio del cociente perímetro/area
AGUA	511.30	0.03	511.30	1.37	462.70
BOSQUE	99583.60	5.96	1915.07	1.82	365.13
CAFE CON SOMBRIOS	283474.87	16.98	3543.44	2.03	270.32
CAÑADA	184925.11	11.08	2935.32	2.44	482.79
NUBES	8224.73	0.49	2056.18	1.20	88.67
POTRERO Y CULTIVOS	235913.51	14.13	6049.06	2.01	362.76
RASTROJO	137753.69	8.25	5739.74	1.91	269.91
SIN IMAGEN	27895.72	1.67	27895.72	1.32	7.80
SOMBRA NUBE	4134.54	0.25	2067.27	1.50	142.25
SUELO Y POCA VEG.	235704.58	14.12	29463.07	2.86	222.79
URBANO	3608.60	0.22	3608.60	3.04	322.70

La Tabla 11 presenta las características en cuanto a perímetro y forma de las clases analizadas. El mayor perímetro total está asociado al “café con sombrío”, seguido por “suelo y poca vegetación”. El

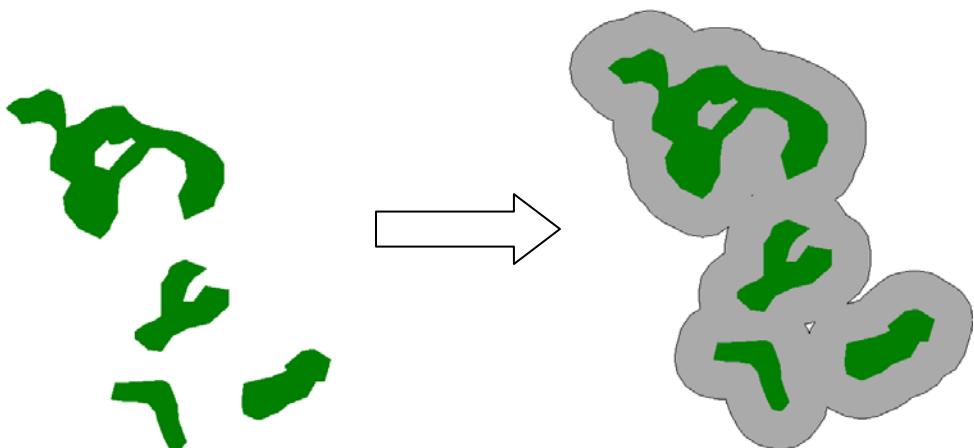
valor mínimo corresponde a agua, ya que sólo un parche tuvo el tamaño suficiente para ser digitalizado a la escala de 1:20.000. El perímetro promedio refleja cuál es el perímetro asociado a cada uno de los parches de ese tipo de cobertura. Entre más pequeño este valor, más “compacta” la forma. Idealmente, para coberturas naturales, un valor bajo de esta métrica del paisaje se traduce en un perímetro menor para un área específica, lo cual redunda en beneficio de aquellas especies no adaptadas al borde (Turner, Gardner, and O'Neill 2001). La densidad de perímetro corresponde al perímetro de cada categoría dividido por el área total del paisaje analizado (metros de perímetro por hectárea de la cobertura). Entre más alto este valor, menos compacta la forma de los parches de la cobertura. El café con sombrío es la categoría con el valor más alto, lo cual quiere decir que su patrón en el paisaje es muy alargado y favorece a especies de borde. El índice de forma promedio (MSI o “mean shape index” en inglés) se calcula como la suma del perímetro de todos los parches dividido por la raíz cuadrada del área de cada categoría, ajustado a un círculo estándar, y dividido por el número de parches en esa categoría. Este número es una medida de qué tan compactas son las formas de los parches. La forma más compacta es un círculo o un cuadrado, donde el valor del MSI es uno. Entre más lejano es el valor de 1, eso significa que la forma de los parches no es compacta, y por ende, potencialmente favorece a las especies de borde. Las zonas de suelo y poca vegetación y las cañadas tienen los valores más altos. En las cañadas es de esperarse que este valor sea alto, ya que son objetos lineales relativamente delgados que se encuentran en el paisaje. El valor de bosque es menor que el de café con sombrío, lo cual nuevamente refuerza la idea expresada anteriormente que los cafetales con sombrío tienen formas poco compactas.

El promedio del cociente perímetro/área también es una medida de la complejidad de las formas de los parches. Entre mayor este valor quiere decir que los parches son poco compactos y alargados. Según este indicador, las cañadas tienen el valor más alto, pero esto es de esperarse ya que son elementos lineales del paisaje. Luego le siguen el bosque y el café de sombrío. Esto sugiere nuevamente paisajes muy fragmentados. Sin embargo, a medida que aumente la cobertura de café con sombrío y los parches de este tipo de cobertura empiecen a conectarse, es de esperarse que este valor empiece a disminuir a medida que el paisaje se llena de café.

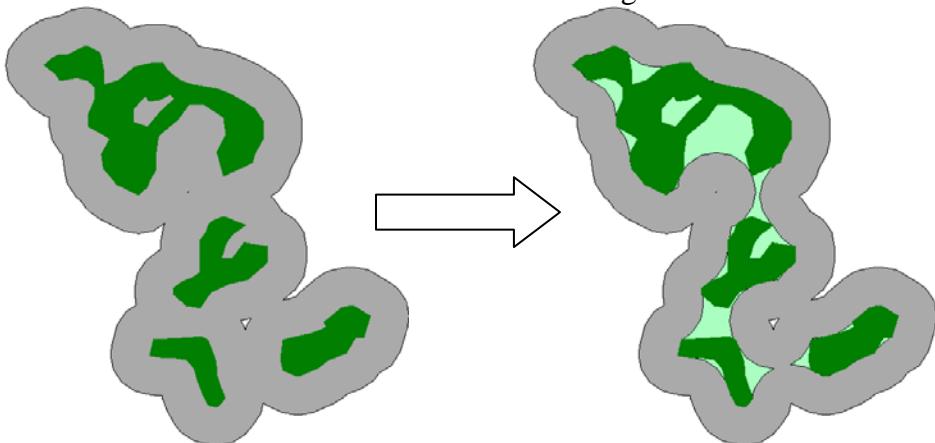
## **Conectividad de los parches de bosque**

Siguiendo la metodología utilizada por Imbernon y sus colegas (Imbernon et al. 2005) para medir la conectividad de los parches de bosque en El Salvador, se hizo un análisis similar para las tres coberturas menos intervenidas (bosque, café con sombrío y cañadas) para determinar qué tanto cambiaría la conectividad de las mismas si se lograran conectar los parches existentes por medio de intervenciones explícitas como por ejemplo aumentar el área de café con sombrío o reforestación. Este análisis parte de tres etapas (Imbernon et al. 2005):

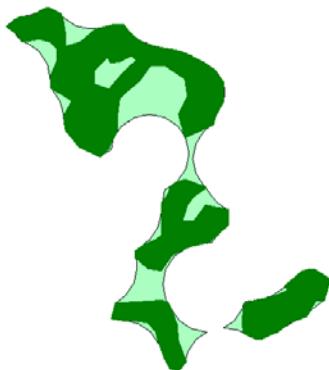
1. A partir de los parches existentes, generar un área de influencia a una distancia específica



2. Determinar el área núcleo del área de influencia generada



3. Determinar las áreas necesarias (verde claro) para lograr la conectividad de los parches dentro del área núcleo



Este tipo de análisis depende mucho de la distancia que se escoja. Para el caso de Aratoca, y basado en la distribución acumulada de las distancias de los parches a los vecinos más cercanos se escogieron distancias de 50, 100, 150 y 200 metros, los cuales corresponden a distancias al parche más cercano cercanos a los percentiles 60, 80, 90 y 95 respectivamente (Figura 17). El análisis muestra que para la distancia de 50 metros el área conectada aumenta solamente en un 9.2% con respecto al área existente (bosque, café con sombrío, cañadas). Para los casos de 100, 150 y 200 metros, el área conectada aumenta en un 35.5%, 60.6% y 87.4% respectivamente. Estos valores se muestran gráficamente en la Figura 18.

## Comparación de áreas conectadas a diferentes distancias

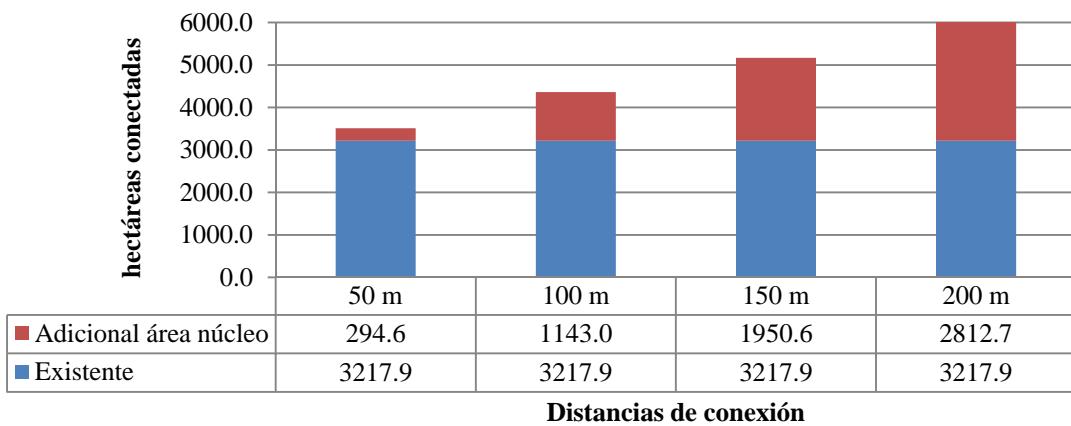
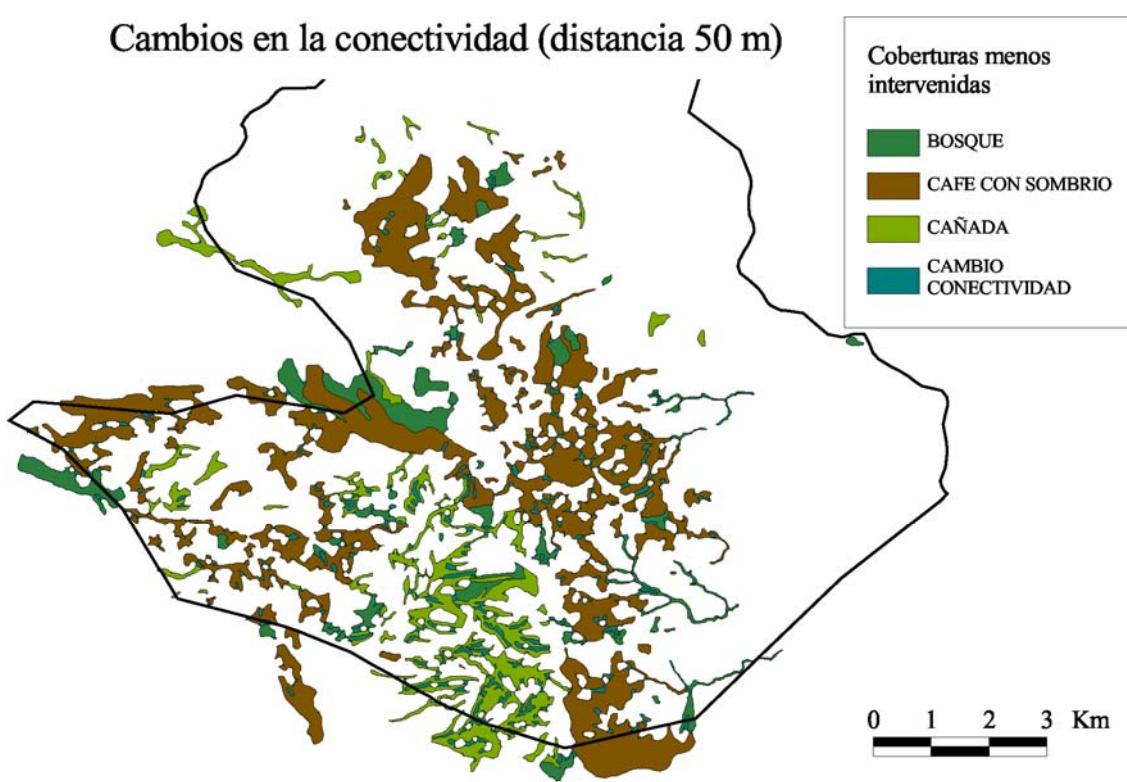


Figura 18. Áreas de conectividad con diferentes distancias

El resultado de este ejercicio de análisis sobre el paisaje se muestra en la Figura 19. Es importante anotar que en este ejercicio no se tuvo en cuenta si las áreas adicionales podrían estar asociadas al cultivo del café. Por ejemplo, en la zona sur del municipio, donde la vegetación menos intervenida corresponde a cañadas, está por encima de los 2000 msnm, por lo cual la conectividad no podría aumentarse con café con sombrío. Otro aspecto interesante para resaltar es que, a pesar de que la mediana de las distancias entre parches más cercanos es 37.3 metros, la simulación de mejorar la conectividad con un área núcleo generada a partir de un área de influencia de 50 metros sólo mejora la conectividad de manera bastante marginal, y deja muchos parches desconectados y con agujeros internos. Con las demás distancias la conectividad mejora de manera sustancial y genera formas de parches mucho más compactas. Sin embargo, una mejora como la que muestra la Figura 19 para una distancia de 50 metros es, en términos reales, mucho más viable y factible como meta de gestión e intervención de paisaje en el corto plazo que lo se presenta para el caso de 100, 150 y 200 m.

Cambios en la conectividad (distancia 50 m)



Cambios en la conectividad (distancia 100 m)

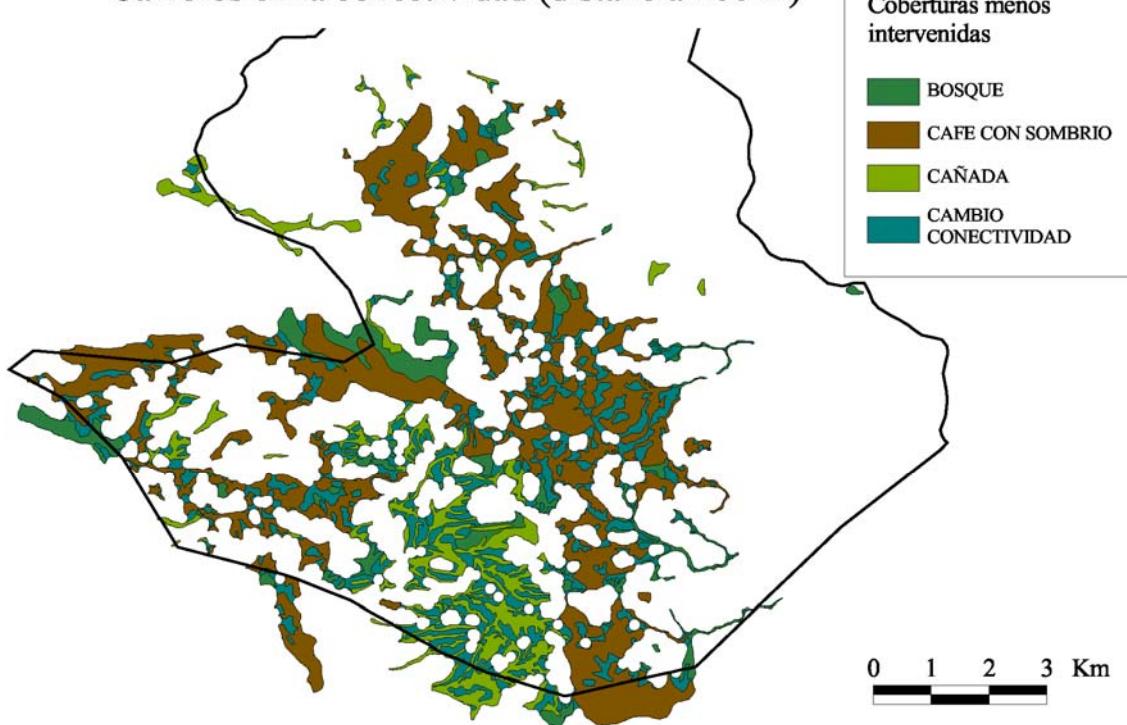


Figura 19. Cambios en la conectividad generadas con áreas núcleo de distintas distancias

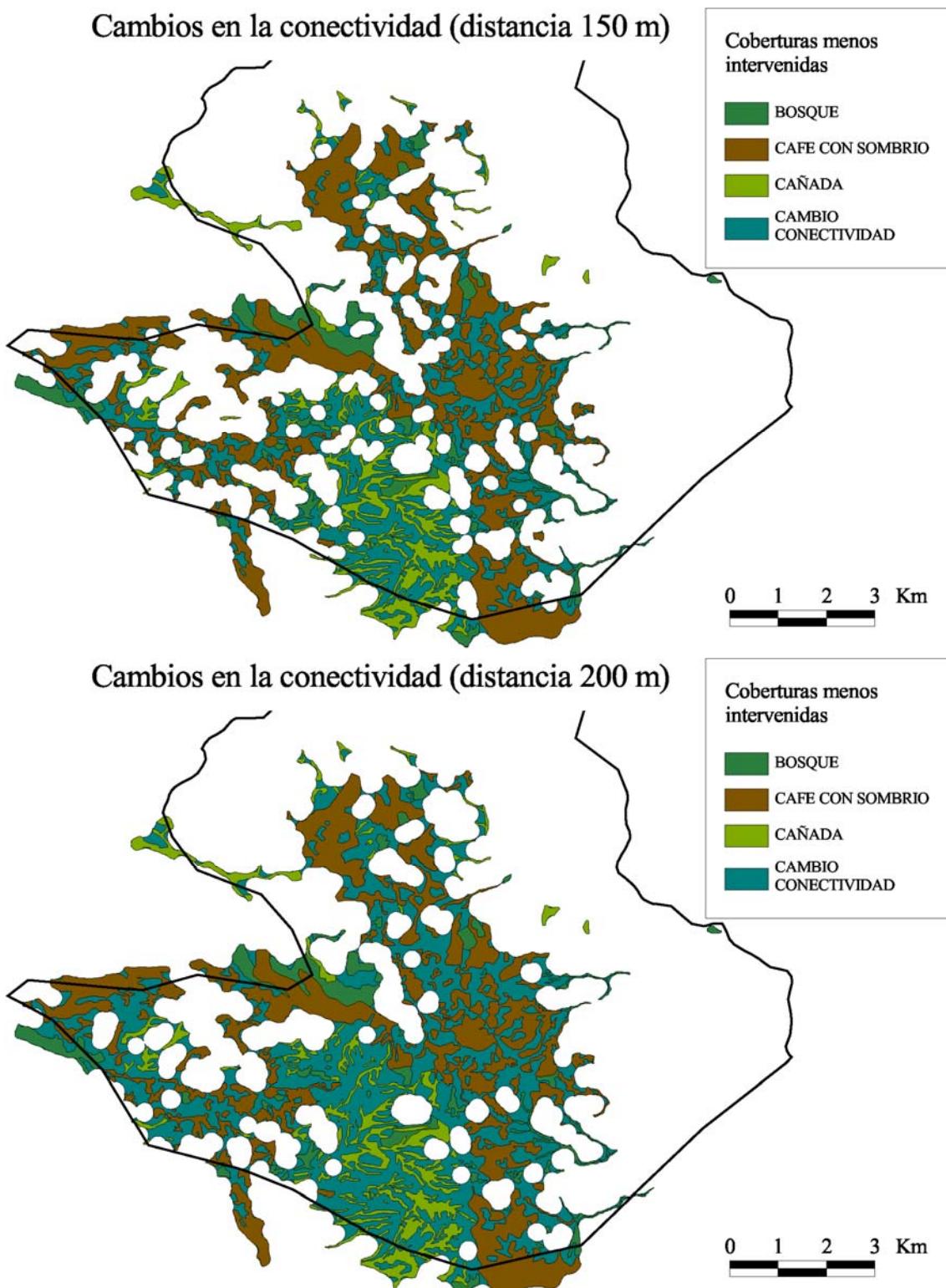


Figura 19. Cambios en la conectividad generadas con áreas núcleo de distintas distancias (continuación)

### **Conclusiones**

En primer lugar, los resultados de este estudio demuestran que hay diferencias importantes entre los caficultores certificados y los no certificados. En general, los productores certificados tienen predios más grandes y con una proporción mayor dedicada al café. Esto es consistente con los resultados que

encontraron Philpott y sus colaboradores (Philpott et al. 2007) en Chiapas, México. Además, las fincas certificadas tienen un manejo más intensivo que las no certificadas ya que tienen cafetales más jóvenes y densidades de siembra mayores, lo cual está asociado a mayor productividad por hectárea. También es importante resaltar que hay evidencia que indica que algunos de los productores certificados tienen un portafolio de actividades económicas que se lleva a cabo fuera de la finca. Finalmente, las fincas certificadas tienden a estar más alto que las no certificadas, lo cual puede deberse a una coincidencia, pero que está asociado a menores temperaturas. Esto se traduce en que la evapotranspiración de los cafetales certificados es menor, y de esta manera reduce el déficit de agua de esta zona que está caracterizada por ser de formaciones vegetales secas.

En cuanto a la composición del paisaje, éste se encuentra muy fragmentado y con una distribución de tamaños muy variable. Existe un gran número de parches aislados de las tres coberturas menos intervenidas (café con sombrío, bosque, cañadas). El análisis de métricas del paisaje demuestra que los parches tienen formas poco compactas, ya que, en general, la relación entre perímetro y área es muy alta. Además, los parches de tipos similares de vegetación no se encuentran conectados entre sí, y en promedio se encuentran a más de 80 metros entre sí. Sólo el 30% de los parches son adyacentes entre sí, lo cual indica que el restante 70% se encuentra desconectado y rodeado de una matriz muy diferente en cuanto a sus características y composición (suelo y poca vegetación, potreros y cultivos). En cuanto a la conectividad, aunque la mediana de la distancia entre parches es de sólo 37.3 metros, al desarrollar áreas núcleo a partir de generar áreas de influencia de 50 metros, la conectividad del paisaje no mejora mucho. Sin embargo, dadas las condiciones de tamaño de los predios es muy probable que esta sea la mejor manera de fomentar el proceso de conectividad del paisaje. Hay muchas zonas del municipio donde la conexión entre parches puede hacerse con café con sombrío, pero en otras zonas, dadas las condiciones climáticas (más secas) o de altura (más frías) no sería posible hacerlo con este cultivo. Es de esperarse que al ir aumentando el área de café con sombrío (certificado), la fragmentación disminuya ya que muchos de los parches existentes van a ir conectándose entre sí. La labor de la Federación de Cafeteros debería estar asociada a intervenir aquellas zonas donde sea posible generar conectividad a partir de nuevas siembras.

Finalmente, vale la pena mencionar que, a pesar de que existe evidencia de que los caficultores certificados tienen otras actividades económicas, si manifestaron el interés de convertir toda el área de la finca a café certificado. Como en cualquier mercado verde, el nicho de los productos ambientalmente y/o socialmente responsables, está determinado por la demanda (compradores) y no por la oferta (productores) (van Hoof, Monroy, and Saer 2008). Así como en este momento hay interés por productos certificados, esas preferencias pueden cambiar de un momento a otro. Sería deseable que los productores busquen otras estrategias y/o productos que les permitan ser más resilientes ante cambios en el mercado.

## ***Limitaciones***

Como cualquier proyecto de investigación, este estudio tiene algunas limitaciones importantes. En primer lugar, el análisis de cobertura boscosa y conectividad se sustenta en la cantidad y no en la calidad de la misma. Basado en las visitas de campo, es evidente que existen diferencias cualitativas entre las fincas certificadas y no certificadas, así como también variaciones en la composición y estructura del sombrío a medida que los árboles envejecen. Para un futuro, valdría la pena hacer estudios más detallados que permitieran discriminar entre los distintos tipos de bosque, sea este asociado al sombrío o a los relictos de bosque, o a la composición de las cañadas.

El análisis de conectividad se basa en la distancia entre distintos parches de coberturas menos intervenidas. Sin embargo, este estudio no analiza las características como distintas especies pueden reaccionar a la fragmentación de su hábitat. La respuesta de distintos tipos de organismos a la fragmentación o consolidación del paisaje (si el área de café con sombrío aumenta y conecta otros parches, por ejemplo) es fundamental para evaluar si los impactos de gestión del paisaje para mejorar su conectividad son adecuados. Una investigación como la presentada en este informe se beneficiaría muchísimo de estudios paralelos que determinaran cómo distintos organismos usan los parches.

Finalmente, es preciso resaltar que este estudio no habría sido posible sin la base de datos de los cultivos cafeteros suministrada por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Como se mencionó anteriormente, en la mayoría de circunstancias es imposible distinguir entre bosque y cafetal con sombrío, por lo cual la ubicación de las fincas cafeteras es necesaria para discriminar entre estos dos tipos de cobertura. Este aspecto es muy importante de tener en cuenta para replicar este análisis en el 2013, ya que sin esos datos, sería necesario desarrollar otra metodología que haría la comparación con los resultados de 2007 un poco más difícil

## Bibliografía

- Alcaldía. 2008. *Información General* [URL]. Alcaldía de Aratoca, Mayo 13 2008 [cited Noviembre 2008]. Available from <http://aratoca-santander.gov.co/>.
- Alcamo, J., N. J. Ash, C. D. Butler, J. B. Callicott, D. Capistrano, S. R. Carpenter, J. C. Castilla, R. Chambers, K. Chopra, A. Cropper, G. C. Daily, P. Dasgupta, R. de Groot, T. Dietz, A. K. Duraiappah, M. Gadgil, K. Hamilton, R. Hassan, E. F. Lambin, L. Lebel, R. Leemans, L. Jiyuan, J. P. Malingreau, R. M. May, A. F. McCalla, A. J. McMichael, B. Moldan, H. A. Mooney, S. Naeem, G. C. Nelson, N. Wen-Yuan, I. Noble, O. Zhiyun, S. Piagola, D. Pauly, S. Percy, P. Pingali, R. Prescott-Allen, W. V. Reid, T. H. Ricketts, C. Samper, R. Scholes, H. Simons, F. L. Toth, J. K. Turpie, R. T. Watson, T. J. Wilbanks, M. Williams, S. Wood, Z. Shidong, and M. Zurek. 2003. *Ecosystems and Human Well-being: A framework for Assessment*. Washington: Island Press.
- Brown, S. J. 1996a. Low impact, high interest. Organic coffees: an overview, part II. *Tea and Coffee Trade Journal* 168 (10):32-36.
- \_\_\_\_\_. 1996b. Organic coffees: an overview, part I. *Tea and Coffee Trade Journal* 168 (9):120-123.
- Burel, F., and J. Baudry. 2003. *Landscape Ecology: Concepts, Methods and Applications*. Enfield: Science Publishers Inc.
- CIMS. 2007. *Centro de Inteligencia sobre Mercados Sostenibles* [URL]. Centro Latinoamericano para la competitividad y el desarrollo sostenible, Instituto Centroamericano de Administración de empresas 2007 [cited Junio 2007]. Available from <http://www.cims-la.com/>.
- Conway, G. 2001. The doubly Green Revolution: Balancing food, poverty and environmental needs in the 21st century. In *Tradeoffs and Synergies: Agricultural Intensification, Economic Development and the Environment*, eds. D. R. Lee and C. B. Barrett, 17-33. Wallingford: CABI Publishing.
- DANE. 2008. *Censo 2005* [Información censal]. Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2005 [cited Noviembre 2008]. Available from [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).
- FNC. 1970. *Censo cafetero. Anexo*. Bogotá: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- \_\_\_\_\_. 1983. *Censo cafetero 1980-81*. Bogotá: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- \_\_\_\_\_. 1997. Sistema de Información Cafetera. Encuesta Nacional de Cafeteros SICA. Informe Final. Santafé de Bogotá: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- \_\_\_\_\_. 2001. *Cartilla Cafetera CAFE*: Comité de Cafeteros del Valle del Cauca - CENICAFE.
- Gliessman, S. R. 2000. *Agroecology. Ecological processes in sustainable agriculture*. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Guhl, A. 2000. Ecosystem classification maps using sparse data sets: the ecological zoning of Colombia using the Holdridge Life Zone System, Department of Geography, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana-Champaign.
- \_\_\_\_\_. 2008. *Café y cambio de paisaje en Colombia, 1970-2005*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT - Banco de la República.
- Holdridge, L. R. 1971. *Forest Environments in Tropical Life Zones: A Pilot Study*. Oxford: Pergamon Press.
- IDEAM-PROSIS. 1995. Atlas Hidrometeorológico de Colombia. Bogotá: IDEAM.
- IGAC. 1996. Aratoca. In *Diccionario Geográfico de Colombia*, ed. A. Andrade. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Imbernon, J., J. L. Villacorta Monzón, C. L. Zelaya Flores, and A. A. Valle Aguirre. 2005. Fragmentación y conectividad del bosque en El Salvador. Aplicación al Corredor Biológico Mesoamericano. *Bois et Forêts des tropiques* 286 (4):15-28.

- MA. 2008. *Living beyond our means: Natural assets and human well-being. Statement from the Board* [Archivo PDF]. Millennium Ecosystem Assessment 2005 [cited noviembre 2008]. Available from <http://www.maweb.org/documents/document.429.aspx.pdf>.
- Mannion, A. M. 2002. *Dynamic World. Land-cover and land-use change*. New York: Arnold Press.
- McNeely, J. A., and S. J. Scherr. 2003. *Ecoagriculture. Strategies to feed the world and save wild biodiversity*. Washington, D.C.: Island Press.
- Palacios, M. 1980. *Coffee in Colombia 1850-1970*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Parsons, J. 1968. *Antioqueño colonization in Western Colombia*. 2nd ed. Berkeley: University of California Press.
- Perfecto, I., A. Mas, T. Dietsch, and J. Vandermeer. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 12:1239-1252.
- Philpott, S. M., P. Bichier, R. Rice, and R. Greenberg. 2007. Field-testing ecological and economic benefits of coffee certification programs. *Conservation Biology* 21 (4):975-985.
- Purvis, M., and R. Smith. 2004. Sustainable agriculture for the 21st century. In *Exploring sustainable development: Geographical perspectives*, eds. M. Purvis and A. Grainger, 179-206. Londres: Earthscan Publications.
- Turner, B. L., D. Skole, G. Sanderson, G. Fisher, L. Fresco, and R. Leemans. 1995. Land-Use and Land-Cover Change: Science/Research Plan. Stockholm and Geneva: International Congress of Scientific Unions and International Science Council.
- Turner, M. G., R. H. Gardner, and R. V. O'Neill. 2001. *Landscape Ecology in theory and practice. Pattern and Process*. New York: Springer-Verlag.
- van Hoof, B., N. Monroy, and A. Saer. 2008. *Producción Más Limpia*. Bogotá: Universidad de los Andes (Facultad de Administración) -- Alfaomega.