

## Caracterización de los ecotopos cafeteros colombianos en el Triángulo del Café<sup>1</sup>

Characterization of Colombian Coffee Growers Ecotopes in the Coffee Triangle region

Olga Lucía Ocampo López<sup>2</sup>  
Karen Castañeda Peláez<sup>3</sup>  
Jorge Julián Vélez Upegui<sup>4</sup>

Para citar este artículo: Ocampo López, O. L., Castañeda Peláez, K. y Vélez Upegui, J. J. (2017). Caracterización de los ecotopos cafeteros colombianos en el Triángulo del Café. *Perspectiva Geográfica*, 22(1). doi: 10.19053/01233769.6100

### Resumen

El Triángulo del Café en Colombia está conformado por los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda. Su diversidad geográfica, climática y en suelos permite identificar varios ecotopos cafeteros que se determinan por respuestas similares en productividad. Este artículo presenta la caracterización de estos ecotopos, que fue posible por la disponibilidad de información geográfica de libre acceso, producto de la Ley de Transparencia y Derecho a la Información Pública. La información utilizada para la caracterización está relacionada con geografía, hidrología, clima, geología, suelos y biomas. El análisis fue realizado empleando las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica. Los resultados permiten una mejor comprensión de los factores climáticos y geográficos que son determinantes de la productividad cafetera, a su vez brindan lineamientos para la ordenación y planificación del territorio.

---

<sup>1</sup> Este artículo es resultado de la investigación titulada “Calibración y validación de modelos de cultivo del café para la evaluación de los efectos de variabilidad climática”, financiado por la Universidad Autónoma de Manizales y COLCIENCIAS, que hace parte del proyecto de investigación: “Modelación hidrológica y Agronómica de los impactos del cambio y la variabilidad climática en la productividad cafetera de Caldas”, financiado por la Universidad Autónoma de Manizales y la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

<sup>2</sup> Candidato a Doctor en Ingeniería, Maestría en Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Docente Asociado, Universidad Autónoma de Manizales, Investigador asociado de los grupos en Diseño Mecánico y Desarrollo Industrial y Desarrollo Regional Sostenible olocampo@autonoma.edu.co

<sup>3</sup> Bióloga, Joven Investigadora Universidad Autónoma de Manizales, Grupo de Investigación Diseño Mecánico y Desarrollo Industrial, kpelaez@autonoma.edu.co

<sup>4</sup> Doctor en Planificación y Gestión de Recursos Hidráulicos, Universidad Politécnica de Valencia. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Investigador Senior, Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental. jjvelezu@unal.edu.co

**Palabras clave:** café, ecotopos cafeteros, factores climáticos, factores geográficos.

## **Abstract**

The Colombian Coffee Triangle comprises the departments of Caldas, Quindio and Risaralda. Geographical, climatic and soil diversity of the region allows to identify several Coffee Growers ecotopes that are determined by similar responses in terms of productivity. This paper aims at characterizing them. The feasibility of this characterization was possible due to the law on transparency and the right to public information that endorses the free availability of geographic information. The information used for the characterization is related to geography, hydrology, climate, geology, soils and biomes. Tools of geographic information systems were used for this analysis. Results allow for a better understanding of climatic and geographical factors that are determinants for the coffee productivity. Thus, guidelines for management and land use planning are provided.

**Key words:** coffee, Coffee Ecotopes, climatic factors, geographic factors.

## **1. Introducción**

Las estadísticas de la caficultura colombiana revelan la importancia del café para el desarrollo nacional: 560.000 caficultores cultivan café en 590 municipios; emplean de manera directa a 530.000 personas; mientras que 2.500.000 de personas dependen del cultivo (Federación Nacional de Cafeteros - FNC, 2015). En Colombia, las plantaciones se encuentran distribuidas en las vertientes de los tres ramales de la cordillera de los Andes, desde el Ecuador geográfico hasta los 12° de latitud Norte y entre 72° y 78° de longitud Oeste. La franja altitudinal comprende desde 1.000 a 2.000 msnm, dentro de las cuales se tiene una zona óptima entre 1.300-1.700 msnm, una zona marginal baja de 1.000-1.300 msnm y una zona marginal alta entre 1.700-2.000 msnm (Jaramillo, 2005; Calambas, 2009).

El Paisaje Cultura Cafetero ha sido declarado por la UNESCO como patrimonio Cultural de la Humanidad por sus rasgos distintivos, a saber: carácter familiar, intensidad de mano de obra, calidad del producto, impacto en la economía regional, capital social e institucionalidad (Ministerio de Cultura, 2011). Los municipios cafeteros de los departamentos de Caldas,

Quindío y Risaralda, que conforman el denominado Triángulo del Café, hacen parte de la declaración de Paisaje Cultural Cafetero, lo que exalta la importancia de un mayor conocimiento de las zonas cafeteras.

Estas zonas, a su vez, se encuentran clasificadas por ecotopos cafeteros. Según Gómez, Caballero y Baldión (1991), un ecotopo es “una región agroecológica, delimitada geográficamente, teniendo en cuenta condiciones predominantes de clima, suelo y relieve, donde se obtiene una respuesta biológica similar del cultivo del café” (p. 7). Las variadas condiciones edáficas y climáticas de estos ecotopos se reflejan en el desarrollo de la caficultura y en la producción (Gómez, et al., 1991; Arcila, Farfán, Moreno, Salazar, e Hincapié, 2007). En consecuencia, es necesario comprender la variabilidad espacial de los factores que pueden influir en la producción cafetera (Arcila, et al., 2007), de tal manera que se consideren en la planeación de estrategias de producción y proporcionen herramientas para la toma de decisiones en el cultivo.

La caracterización de los ecotopos cafeteros desarrollada por Gómez et al. (1991), presenta una descripción de cada ecotopo y sus principales características climáticas, edáficas, productivas y geológicas. Teniendo en cuenta la información pública disponible en el país, es posible actualizar esta línea base de tal manera que se brinden insumos para mejorar la delimitación de los ecotopos cafeteros y para la planificación del territorio. Este artículo es producto de una investigación que tuvo por objeto caracterizar los ecotopos cafeteros considerando el análisis espacial de factores geográficos y climáticos que inciden en la producción cafetera. Se tomó como caso de estudio los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda que conforman el Triángulo del Café. Inicialmente, se presenta una revisión de estos factores; luego, se describe la metodología y los resultados obtenidos mediante el procesamiento, a través de Sistemas de Información Geográfica, de la información secundaria disponible en las plataformas del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC, 2016) y el Sistema de Información Geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial (SIG-OT), cuyo acceso fue posible por la Ley 1712 del 6 de marzo del 2014 sobre la transparencia y derecho a la información pública nacional. Esta ley ha llevado a un cambio estructural en el acceso a la información geográfica; en consecuencia, permite avanzar en la

comprensión del territorio, conocer sus potenciales y limitaciones y sus posibles aplicaciones, como se presenta en este estudio de caracterización de los ecotopos cafeteros en el Triángulo del Café.

## **2. Factores climáticos y geográficos que indican en la productividad cafetera**

La productividad del cafetal está determinada por la variedad, la interacción con el medio ambiente y las prácticas de manejo (Arcila, et al., 2007). Cada región cafetera tiene un clima que conduce a un comportamiento específico de la planta y determina su productividad (Jaramillo, 2005). Entre los factores climáticos y geográficos que influyen en el cultivo del café se encuentran la precipitación, la temperatura, la humedad relativa, la radiación y el brillo solar, la velocidad y la dirección del viento, la altitud y la latitud (Havlin, Beaton, Tisdale, Nelson, et al., 1999; Arcila, et al., 2007). Estas variables determinan la disponibilidad de agua y energía que juegan un papel relevante en la producción y son necesarias para el crecimiento y desarrollo de la planta (Ritchie, 1991).

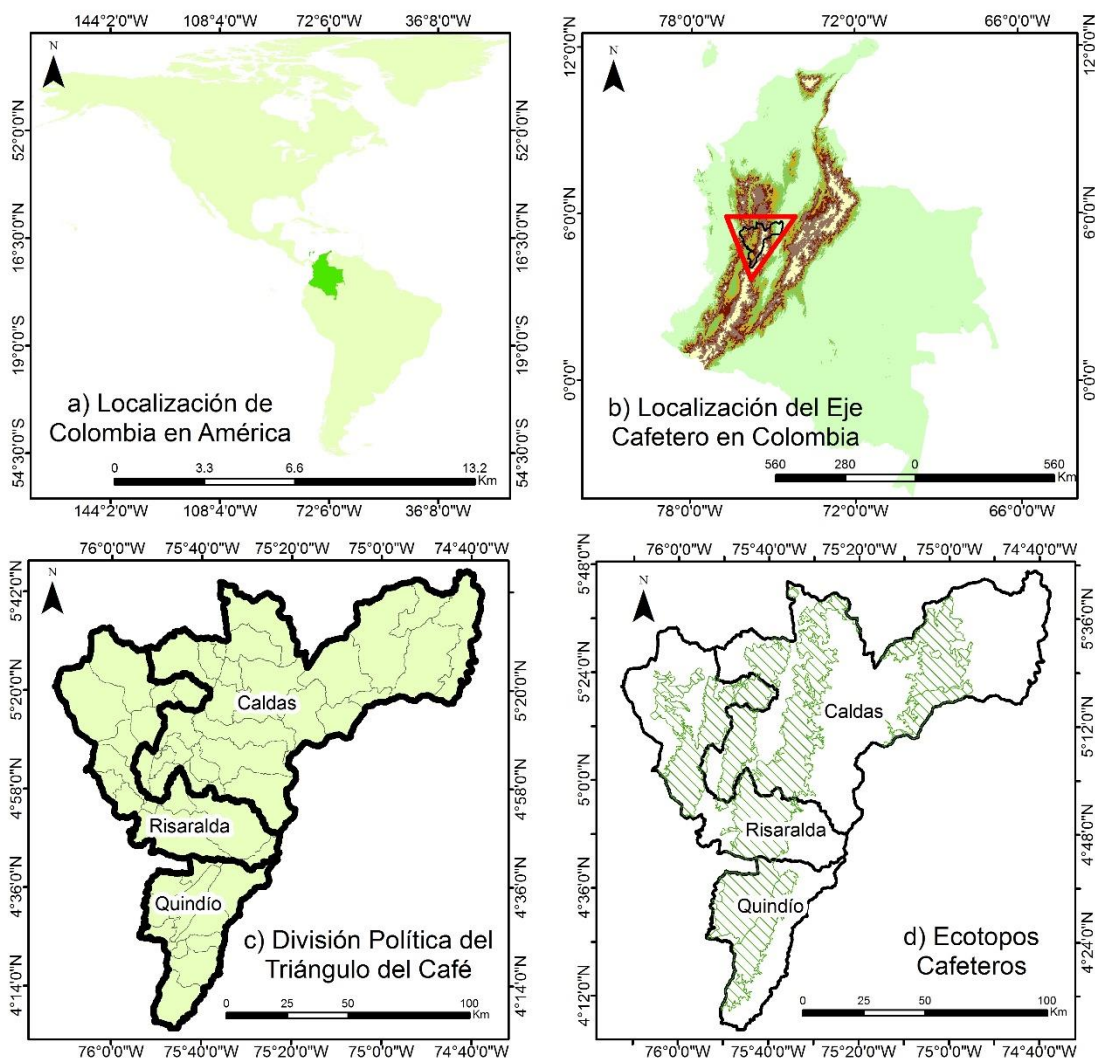
Aunque el café es una planta altamente adaptada a los patrones climáticos de los trópicos, es sensible a los cambios en las condiciones climáticas (Carr, 2001; Turbay, Nantes, Jaramillo, Vélez, Ocampo, 2014), porque requiere un microclima específico para su desarrollo (Gliessman, 2002). Es así como los cambios en la temperatura del aire afectan la floración, que también está influenciada por el fotoperiodo y la distribución de los períodos húmedos (Camayo-Vélez, Chávez-Córdoba, Arcila-Pulgarín, y Jaramillo-Robledo, 2003; Crisosto, Grantz y Meinzer, 1992; Paes, 1985; Ramírez, Arcila, Jaramillo, Rendón... et al., 2011). Si bien, el café requiere un período definido de sequía, un estrés hídrico extendido puede dañar la planta (Lin, 2007, Ocampo, 2017).

Diferentes autores (Arcila et al., 2007; Calambas, 2009; Jaramillo, 2005; Poveda, Turbay, Vélez, Ocampo, Acevedo y Bedoya, 2014; Ocampo, 2017) presentan una revisión de los principales factores que afectan el potencial de producción: los factores climáticos óptimos que influyen en el cultivo del café son lluvias entre 1.800 y 2.800 mm por año, temperaturas entre 18 a 23° C, brillo solar mayor a 6 horas luz por día y cerca de las 2.000 horas luz por

año, 8 a 13 horas de iluminación necesarios para la floración, humedad relativa de 70 a 85 % (Ocampo, 2017).

### **3. Metodología**

La unidad de análisis fue el Triángulo del Café cuya localización se representa en la Figura 1. Comprende los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, que están conformados por 27, 12 y 14 municipios, respectivamente. Para este estudio, se tomó como punto de partida la identificación de los ecotopos cafeteros realizada por el Centro Nacional de Investigaciones del Café (Cenicafé, 2015); en la zona objeto de análisis, se representan en la Figura 1 (d). Las variables que se consideraron para la caracterización y su método de estimación se resumen en la Tabla 1.



**Figura 1. Localización de los ecotopos cafeteros en el Triángulo del Café**

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Cenicafé (2015), NASA (2015), SIAC (2016).

**Tabla 1. Variables empleadas en la caracterización**

Variables	Unidades	Método de estimación	Fuente
Altitud	m s. n. m.	Modelo de Elevación Digital del Terreno- MED	NASA (2015)
Biomás y Agroecosistemas	% Área	Mapa de Ecosistemas Generales de Colombia-1998	SIAC (2016)
Áreas de reserva y protección	Shape de áreas	Parques Nacionales Naturales; Reservas Forestales Protectoras Nacionales; Parque Natural Regional;	SIAC (2016)

<b>Variables</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método de estimación</b>	<b>Fuente</b>
		Reservas Forestales Protectoras Regionales; Distrito Regional de Manejo Integrado; Distrito de Conservación de Suelos; Reservas Naturales de la Sociedad Civil	
<b>Coberturas</b>	% Área	Mapa de Cobertura de la Tierra-2008	SIGOT (2016)
<b>Geología</b>		Mapa Geológico Colombiano	Servicio Geológico Colombiano (2016)
<b>Vocación de Suelos</b>	Shape de áreas	Mapa de Vocación de uso de suelo	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria- UPRA (2016)
<b>Conflictos de uso del suelo</b>	Shape de áreas	Conflictos de uso del suelo	SIGOT (2016)
<b>Erosión</b>	Shape de áreas	Zonificación de la degradación de suelos por erosión. Área continental de Colombia. Escala 1:100.000. Línea base 2010 - 2011	SIAC (2016)
<b>Radiación Solar</b>	kWh/m <sup>2</sup>	Radiación solar global, promedio multianual	SIAC (2016)
<b>Humedad Relativa</b>	%	Correlación con Altitud según Ocampo y Vélez (2015)	
<b>Precipitación</b>	mm	Precipitación Total Anual. IDEAM 2012	SIAC (2016)
<b>Temperaturas</b>	°C	Línea Base: Temperaturas mínimas y temperaturas máximas WoldClim	WorldClim (2016)
<b>Clasificación climática</b>	Shape de áreas	Mapa de Clasificación Climática de Lang	SIAC (2016)
<b>Cuencas Hidrográficas</b>	Shape de áreas	Demanda hídrica total 2014	SIAC (2016)
<b>Evapotranspiración</b>	mm/d	Modelo en función de la latitud propuesto por Jaramillo (2005)	
<b>Escorrentía</b>	mm	Escorrentía mensual de Colombia, Escenario Año medio, ENA 2010	SIAC (2016)

<b>Variables</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método de estimación</b>	<b>Fuente</b>
<b>Índice de Alteración Potencial de la Calidad IACAL</b>	Shape de áreas	Índice de Alteración Potencial de la Calidad IACAL	SIAC (2016)
<b>Índice de uso de agua</b>	Shape de áreas	Índice de uso del agua condiciones hídricas por Subzonas hidrográficas, 2010	SIAC (2016)
<b>Índice vulnerabilidad hídrica.</b>	Shape de áreas	Índice de vulnerabilidad hídrica, condiciones año seco, 2010 Índice de vulnerabilidad hídrica, condiciones año medio, 2010	SIAC (2016)
<b>Sensibilidad Ambiental</b>	Shape de áreas	Índice de Sensibilidad Ambiental	SIAC (2016)

**Fuente:** Elaboración propia.

Teniendo como base los factores geográficos y climáticos que inciden en la producción, se evaluó el comportamiento de las variables altitud, radiación solar, humedad relativa, precipitación y temperatura; se incluyó además la clasificación climática. Se consideraron factores limitantes como aspectos de balance hídrico, suelos, indicadores hidrológicos de erosión y sensibilidad ambiental.

Para realizar la caracterización se tomó la información secundaria disponible en el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) y el Sistema de Información Geográfica para la planeación y el Ordenamiento Territorial (SIG-OT). La información obtenida para el Triángulo del Café fue espacializada empleando los Sistemas de Información Geográfica, se utilizó el software ArcGIS 10.1, que permitió elaborar diferentes capas temáticas. Se tomó la información disponible en formato Shapefile y raster y se realizó un cruce con la región de los ecotopos cafeteros.

#### **4. Resultados**

A continuación, se describen las principales características generales de los ecotopos cafeteros en el Triángulo del Café colombiano.

##### **4.1. Altitud**

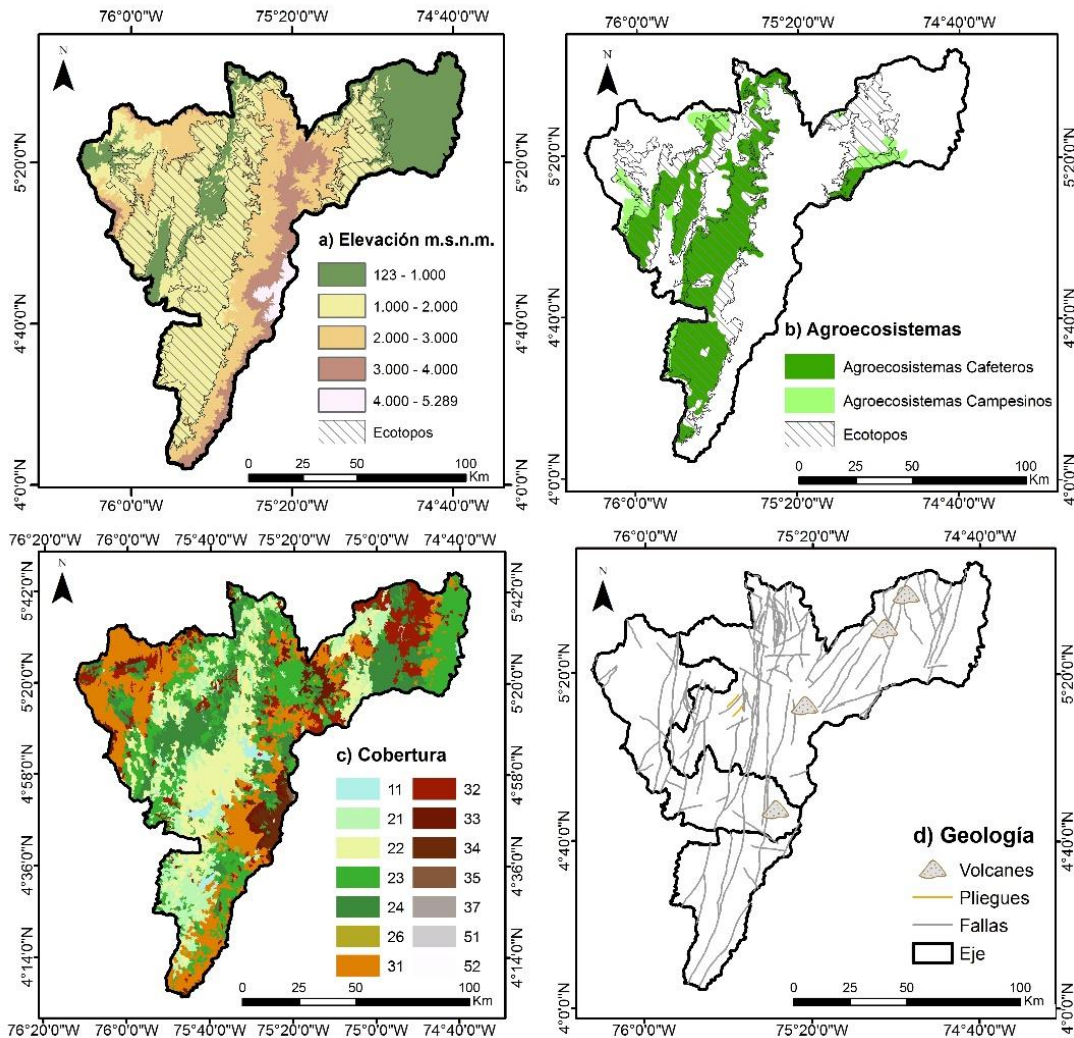


El Triángulo del Café posee características únicas, dada su localización en las estribaciones de los ramales de la cordillera de los Andes; se caracteriza por ser una zona montañosa, con todos los pisos térmicos y alberga una gran diversidad de espacios geográficos que proporcionan diversos ecosistemas como bosques sub andinos, andinos, alto andinos, páramos y nivales. La Figura 2 (a) presenta la variación altitudinal para el Triángulo del Café que va desde los 123 m s. n. m. hasta los 5.289 m s. n. m., según el Modelo de Elevación Digital del Terreno- MED de la NASA (2015).

En Caldas y Risaralda se evidencia la presencia de un relieve complejo. Las mayores altitudes se presentan en el Parque Nacional Natural los Nevados, en las cuencas de los ríos Chinchiná y Otún, respectivamente, y las menores altitudes en los afluentes directos al Magdalena y el río San Juan Alto. En Quindío predominan las alturas entre 1.000 m s. n. m. y 2.000 m.s.n.m. En la zona de los ecotopos cafeteros las variaciones altitudinales van desde 456 m s. n. m. en Risaralda y 2.665 m s. n. m. en el departamento de Caldas en el municipio de Aguadas; sin embargo, la zona del cultivo del café típicamente varía entre 800 y 2.200 m s. n. m.

#### **4.2. Biomás**

Según el mapa de Biomás del SIAC, se presentan 4 tipos de Biomás en la zona de estudio: General (50 %), Orobiomas Andinos del Zonobioma de bosque húmedo tropical (34 %), Orobiomas del zonobioma de bosque húmedo tropical (15 %) y Zonobioma del bosque húmedo tropical (1 %). Para la región de los ecotopos cafeteros se tienen 15.957 ha en Orobiomas Andinos y 502.844 ha en Ecosistemas transformados.



**Figura 2.** Mapas de Elevación (a), Agroecosistemas cafeteros y campesinos (b), coberturas (c), Localización de fallas, pliegues y volcanes (d).

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Cenicafé (2015), NASA (2015), SIAC (2016), Servicio Geológico Colombiano (2016) y SIGOT (2016).

### 4.3. Áreas de reserva y protección

El SIAC (2016) compila el Sistema Nacional de Áreas protegidas para Colombia que comprende parques naturales nacionales, reservas de la Sociedad Civil, reservas forestales, distritos de conservación de suelos, entre otros. Tomando como base esta información se evidencia que la región de los ecotopos cafeteros no está bien delimitada pues comprende

áreas de protección como el Parque Nacional Natural Selva de Florencia, Parque Nacional Natural Tatamá, Reserva Forestal Central protegida por Ley 2ª; Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICAs) como el Bosque Montano del Sur de Antioquia, Bosque del Oriente de Risaralda, La Victoria, Cañón de los ríos Barbas y Bremen. Distritos de Conservación de suelos como son Barbas Bremen, Campo Alegre, Guaca Rosario, Alto del Nudo, La Marcada. Reservas naturales de la Sociedad Civil como La Gaviota, Kasaguada. Reserva forestal protectora nacional como la quebrada La Nona Zurrumbo y Maní. La reserva forestal protectora regional que incluye Planalto y La Linda y el Parque Natural Regional Santa Emilia y Verdum.

#### **4.4. Agroecosistemas**

La Figura 2(b) presenta la superficie cubierta por agroecosistemas cafeteros (25,5 %) y agroecosistemas campesinos mixtos (4,8 %). Para la región de los Ecotopos, estos agroecosistemas representan el 56,3 % y el 7,2 % de la superficie, respectivamente. También se encuentran en la franja apta para la caficultura, áreas rurales intervenidas (30,1 %), agroecosistemas empresariales de secano (0,2 %), bosques plantados (2,3 %) y áreas urbanas (0,7 %).

#### **4.5. Coberturas**

La distribución de la superficie por tipo de cobertura se resume en la Tabla 2 y se ilustra en la Figura 2(c). En el Triángulo del Café, la mayor proporción se encuentra en pastos que equivale a 281.637 ha, seguido de los bosques naturales con 247.285 ha y los cultivos permanentes y semipermanentes con 211.900 ha. Para la región de los ecotopos cafeteros, los cultivos semipermanentes y permanentes ocupan la mayor extensión con 193.561 ha.

#### **4.6. Geología**

El Triángulo del Café cuenta con una gran variedad de unidades geológicas de diferentes edades y orígenes que muestran el basamento de la Cordillera Central y su historia volcánica reciente y subreciente. En la región de los ecotopos cafeteros se presentan diferentes fallas geológicas como son Samaná, Río Dulce, Santa Rosa, Palestina, Aranzazu, Honda, Apía,

Quebrada Nueva, Armenia, Silvia- Pijao, Montenegro, Mistrató, Amurrapá, Cauca- Almaguer, San Jerónimo; en esta zona se encuentra el Volcán El Escondido en el Oriente de Caldas.

**Tabla 2.** Uso y cobertura del suelo en el Triángulo del Café

Código	Coberturas	Triángulo del Café	Ecotopos
		Área, %	Área, %
23	Pastos	21,8	15,0
31	Bosques naturales	19,1	0,7
22	Cultivos semipermanentes y permanentes	16,4	37,0
24	Áreas agrícolas heterogéneas	15,2	15,0
21	Cultivos anuales o transitorios	10,4	19,0
32	Vegetación secundaria	9,3	4,0
33	Arbustales	3,1	0,02
34	Herbazales	1,8	-
11	Áreas urbanas	1,3	2,0
26	Bosques plantados	1,0	1,0
51	Aguas continentales naturales	0,4	-
35	Zonas desnudas, sin o con poca vegetación	0,1	-
37	Glaciares y nieves	0,04	-
52	Aguas continentales artificiales	0,01	0,02

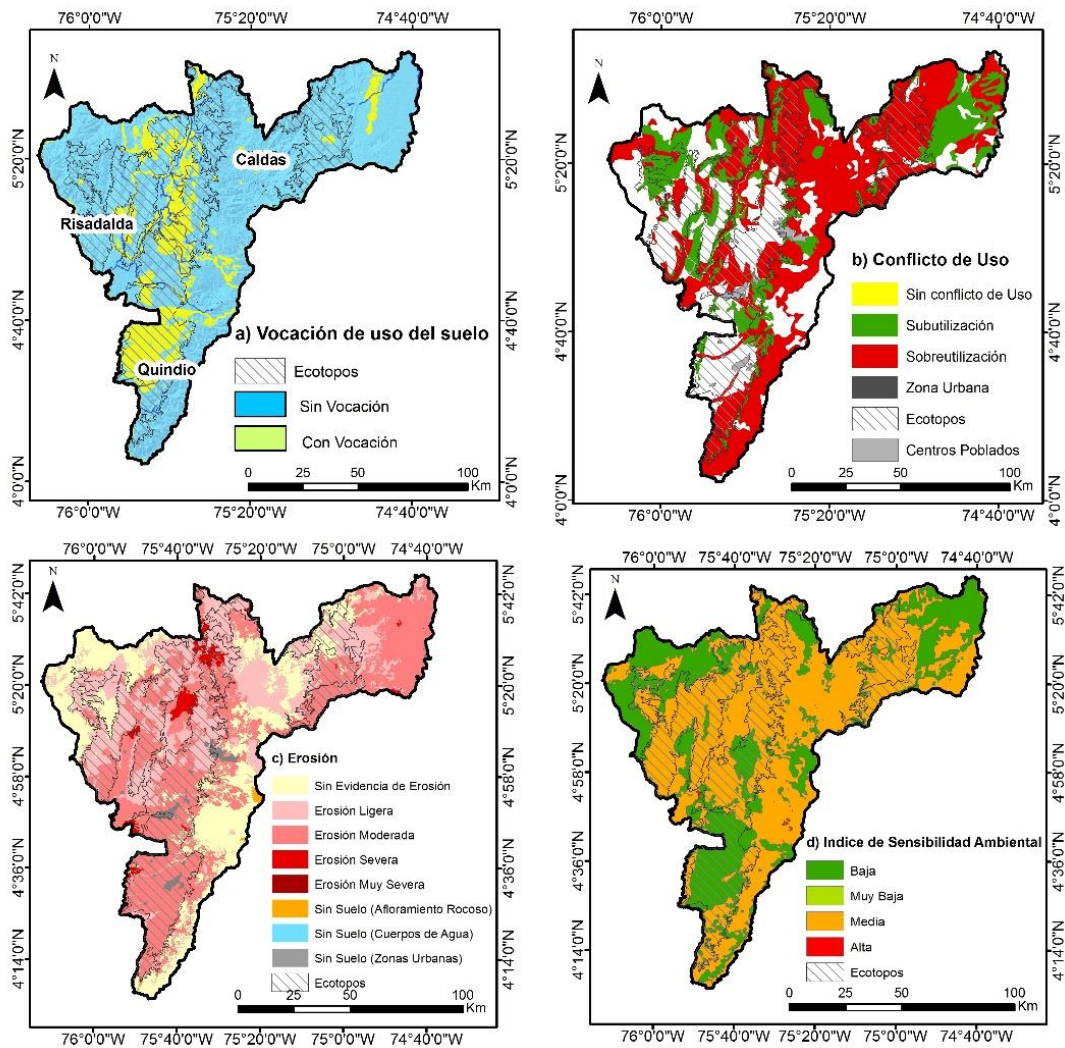
**Fuente:** Elaboración propia a partir de Cenicafé (2015) y SIGOT (2016).

#### 4.7. Vocación de Suelos

El Triángulo del Café tiene una gran variabilidad de suelos por la diversidad de materiales de origen y la topografía. La vocación de los suelos para cultivos permanentes es presentada por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA, 2016). Partiendo del mapa nacional, se digitalizó la información para el Triángulo del Café, el mapa se presenta en la Figura 3 (a). Las zonas aptas para cultivos permanentes se encuentran en su mayoría en la cuenca del río Cauca.

#### 4.8. Conflictos de uso del suelo

El SIGOT reporta la superficie del territorio nacional que se encuentra en conflicto de uso del suelo, con esta información se elaboró el mapa de conflictos para el Triángulo del Café que se ilustra en la Figura 3 (b); los conflictos que se reportan son: sobreutilización (49 %), subutilización (20 %), sin datos (31 %). Para la región de los ecotopos cafeteros, el porcentaje de superficie en conflicto es la siguiente: sobreutilización (46 %), subutilización (17 %), sin datos (37 %).



**Figura 3.** Mapas de vocación de uso del suelo (a), Conflicto de uso (b), Erosión (c), índice de sensibilidad ambiental (d).

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (2015), SIAC (2016), SIGOT (2016) y UPRA (2016).

#### **4.9. Erosión**

Según el Instituto Nacional de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM, 2012), aproximadamente el 50 % de las tierras continentales de Colombia presentan algún grado de degradación por erosión, el 5 % por salinización, el 24 % son susceptibles a la desertificación y otros procesos de degradación como la compactación, la disminución de la fertilidad, la sedimentación y la contaminación. El mapa de erosión del Triángulo del Café se ilustra en la Figura 3(c), según la información reportada por el SIAC (2016); la distribución porcentual por área es la siguiente: Sin evidencia de erosión 23,7 %, Erosión ligera 29,64 %, Erosión moderada 43,3 %, Erosión Severa 2,2 %, Erosión muy severa 0,003 %, Sin suelo 1,1 %. Para la zona de los ecotopos cafeteros, la clasificación del grado de erosión es como sigue: sin evidencia 5,6 %, ligera 37,5 %, moderada 54,4 %, severa 1,8 %, muy severa 0,004 %, no suelo 0,7 %.

#### **4.10. Sensibilidad Ambiental**

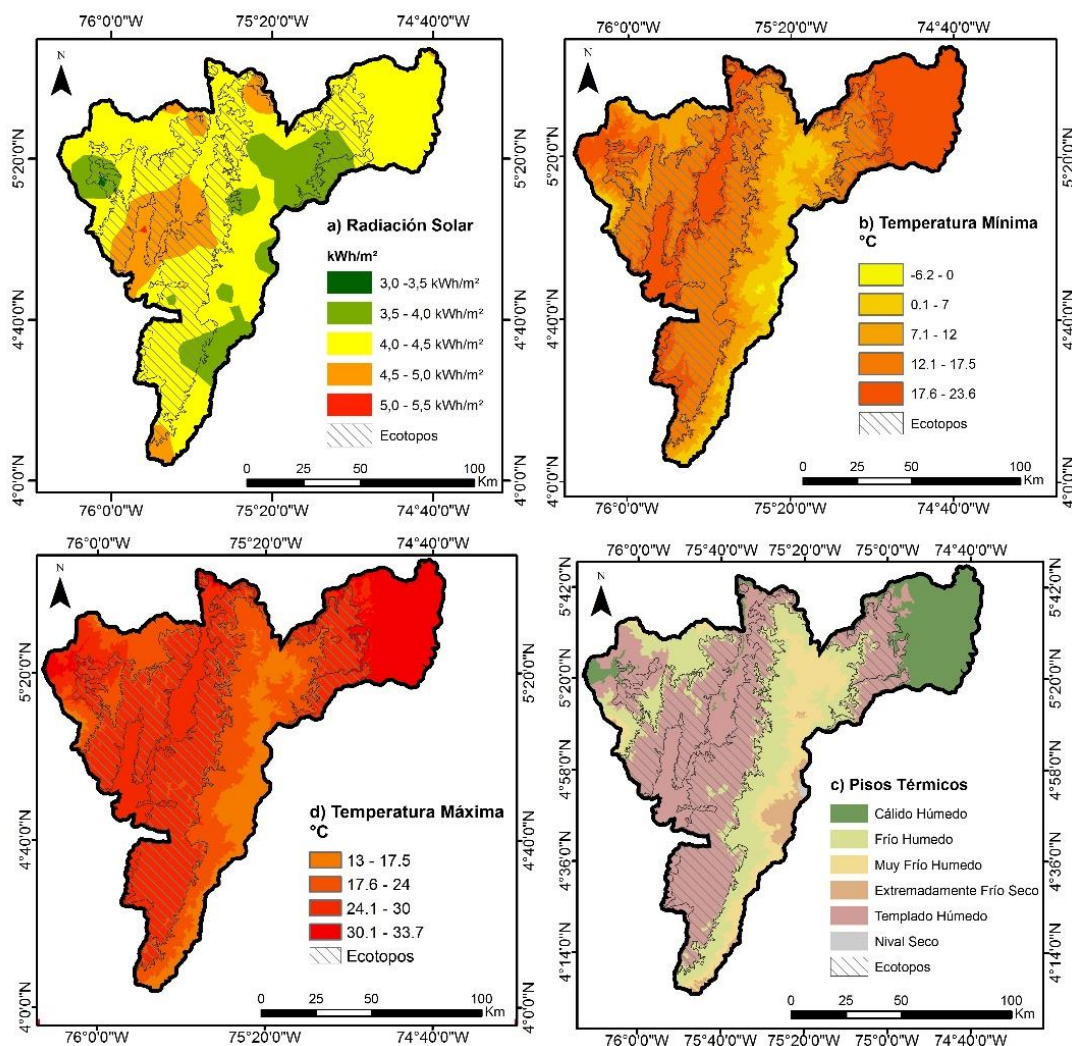
La Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático mide la sensibilidad ambiental en el territorio colombiano, a escala municipal (IDEAM, 2010a). Para el Triángulo del Café, se muestra en el mapa de la Figura 3(d). La distribución por área para las diferentes categorías del índice es la siguiente: Muy baja 0,1 %, baja 34.2 %, media 65.6 %, Alta 0,1 %. Para la zona de los ecotopos cafeteros, la categorización es la siguiente: baja 29 % y media 71 %.

#### **4.11. Radiación Solar**

La radiación solar es necesaria para los procesos físicos y biológicos que ocurren en el cultivo del café y está determinada por el macroclima de la región, por las condiciones de nubosidad, las propiedades del follaje, la densidad de siembra, entre otras (Jaramillo, 2005). Por la posición geográfica, el país recibe abundante radiación solar; sin embargo, se presentan modificaciones en las cantidades diarias por los factores locales y la nubosidad; la variación interanual sigue un patrón bimodal (IDEAM, 2005; Ocampo, Vélez y Londoño, 2014; Ocampo y Vélez, 2015).



Según el mapa de radiación solar para el período 1980-2002 reportado por SIAC (2016) y que se ilustra en la Figura 4(a) para el Triángulo del Café, fluctúa entre 3,0 kWh/m<sup>2</sup> y 5,5 kWh/m<sup>2</sup>. En los ecotopos cafeteros se presenta variación entre 3,0 kWh/m<sup>2</sup> hasta 5,0 kWh/m<sup>2</sup>, con mayores valores en los municipios de Chinchiná, Palestina, Chinchiná, Marsella, Belalcazar, La Virginia, San José, Risaralda, Belén de Umbría, Viterbo, Santuario, La Celia y Balboa.



**Figura 4.** Mapas de Radiación Solar (a), Temperatura mínima (b), Temperatura máxima (c), Pisos térmicos (d).

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Cenicafé (2015), SIAC (2016) y WorldClim (2016).

#### **4.12. Temperaturas**

La temperatura es proporcional a la radiación incidente; sin embargo, existe desfase según las condiciones atmosféricas porque es afectada por los factores locales, la convección y la turbulencia del aire (IDEAM, 2005). La temperatura máxima se registra después del mediodía y la mínima un poco antes de la salida del sol. La tasa de variación de la temperatura con la altitud no es homogénea en el territorio colombiano, es del orden de 6.4 °C por km en la zona Andina Colombiana (Ocampo y Vélez, 2015; Ocampo, Vélez y Londoño, 2014).

La variación espacial de la temperatura promedio del aire mínima, media y máxima es reportada por WorldClim (2015), para el período 1950-2000. Para el Triángulo del Café, la temperatura mínima que se ilustra en el mapa de la Figura 4(b), oscila entre -6.2 °C hasta 23,59 °C con valores medios de 14,52 °C y una desviación estándar de 5,32 °C. La temperatura media fluctúa entre 5,8 °C y 29,3 °C con valores promedio de 19,36 °C y una desviación estándar de 5,87 °C. La temperatura máxima que se presenta en el mapa de la Figura 4(c) varía entre 13 °C a 33.7 °C, con valores promedio de 24.86 °C y una desviación estándar de 5.19 °C. Para la región de los ecotopos cafeteros los promedios de temperaturas son los siguientes: mínima 15.90 °C, media 20.17 °C, máxima 26.2 °C; mientras que las desviaciones estándar son 1,70, 1,82 y 1,64 °C, respectivamente.

#### **4.13. Clasificación climática**

La clasificación climática está basada en patrones como la precipitación y la temperatura, para la zona de estudio se evaluó la clasificación de Caldas-Lang (IDEAM, 2005), considerando la información reportada por el SIAC (2016), que se muestra en la Figura 4(c) para el período 1971-2000. La región cafetera presenta una gran diversidad de climas, por su gradiente altitudinal. Los ecotopos cafeteros se encuentran en su mayoría en el territorio templado húmedo (800-1.800 m s.n.m.), la distribución por áreas es la siguiente: Cálido-húmedo 1 %, frío-húmedo 15 %, templado-húmedo 84 %.

#### **4.14. Cuencas hidrográficas**



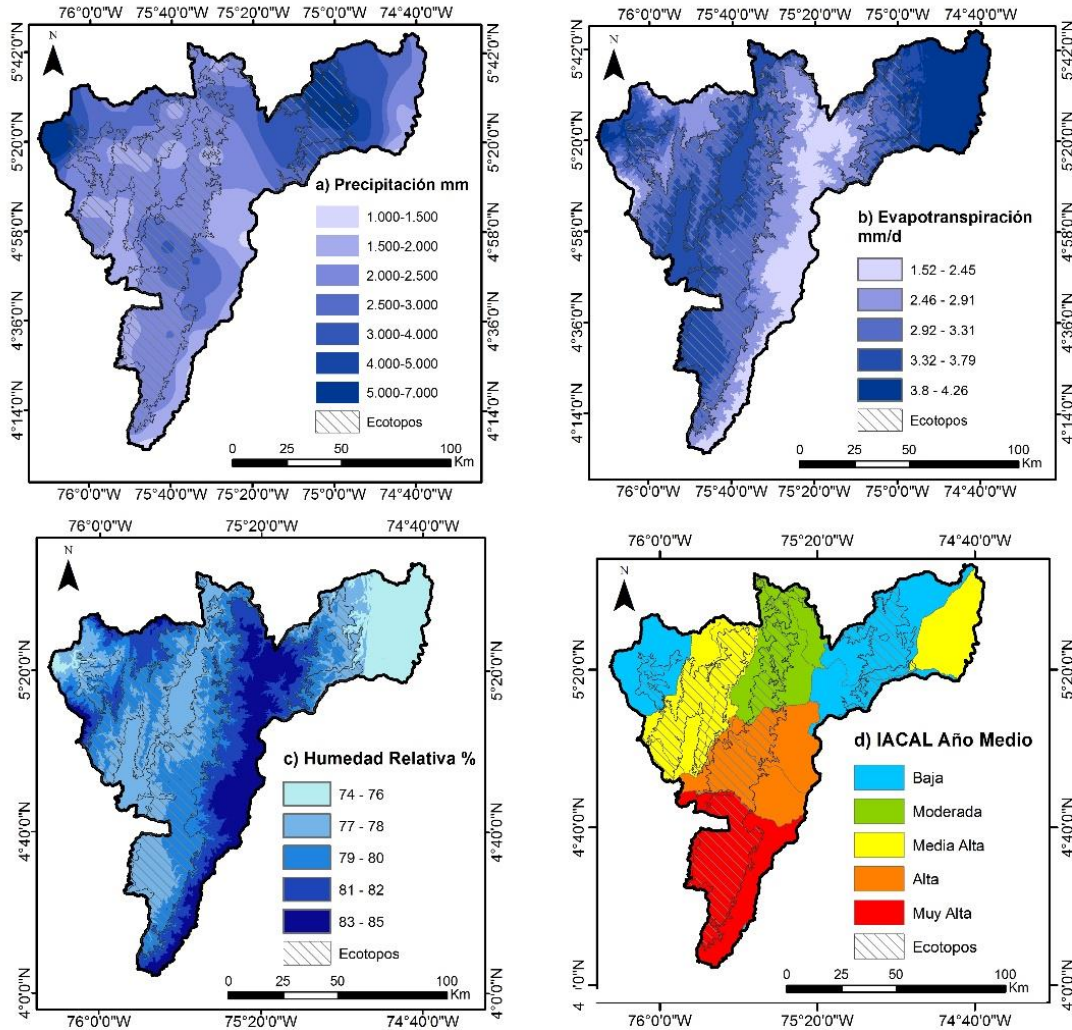
El Triángulo del Café comprende 12 cuencas hidrográficas, según los reportes del Estudio Nacional de Agua (IDEAM, 2014), registrados en los mapas del SIGOT (2016), que son las siguientes: Directos al Magdalena entre ríos Guarinó La Miel, río Tapias y otros directos al Cauca, río Pescador – RUT– Chanco – Catarina y Cañaveral, río Arma, río Chinchiná, río Frío y Otros directos al Cauca, río Guarinó, río la Miel, río la Vieja, río Otún y otros directos al Cauca, río Risaralda, río San Juan.

#### **4.15. Precipitación**

En el Triángulo del Café los regímenes de precipitación están determinados por el movimiento de la Zona de Confluencia Intertropical y los factores físicos como la orografía (Ocampo y Vélez, 2015; Poveda, 2004). Con relación al ciclo anual, la precipitación en el Triángulo del Café exhibe un comportamiento bimodal con dos períodos más lluviosos en el año, entre abril-mayo y octubre-noviembre. El comportamiento de la precipitación promedio anual para el Triángulo del Café para el período 1971-2000 se muestra en la Figura 4(a); los mayores se dan en la cuenca del río La Miel-Samaná Sur y en la cuenca del río San Juan Alto; mientras que los menores en la zona del parque Nacional Natural Los Nevados. En la zona de los ecotopos cafeteros, la precipitación oscila entre 1.000 mm y los 7.000 mm, para el período 1971-2000; con valores más altos en el municipio de Samaná en Caldas y Pueblo Rico en Risaralda; mientras que los menores valores se presentan en algunas zonas del Noroccidente de Caldas y el Suroccidente de Risaralda y el Occidente del Quindío. El comportamiento de la precipitación total anual para el Triángulo del Café según el Estudio Nacional de Agua - ENA (IDEAM, 2014), para el período 1974-2010, presenta valores entre los 1000 – 7000 mm, para el caso de la zona del cultivo del café se encuentra en la franja entre 1500 – 7000 mm, lo cual indica una inadecuada delimitación en el Oriente de Caldas, pues está tomando zonas con muy abundante precipitación.

Las anomalías en la precipitación por efecto de variabilidad climática son presentadas por el ENA (2014), para el período 1974-2010. Durante el año húmedo (La Niña), las mayores anomalías se presentan en las cuencas de los afluentes directos al Magdalena y el río Risaralda; mientras que en años secos (El Niño), las mayores reducciones se presentan en los

afluentes directos al Magdalena. Para la región de los ecotopos cafeteros, las anomalías en año húmedo fluctúan entre 42,6 % y 79,84 %, con mayores valores en la cuenca del río Risaralda; mientras que para el año seco, estas anomalías oscilan entre -36,18 % y -53,25 %, con valores más extremos en la cuenca del río Tapias y otros directos al Cauca.



**Figura 5.** Mapas de Precipitación (a), Evapotranspiración (b), Humedad Relativa (c), Calidad de agua (d).

**Fuente:** Elaboración propia a partir de SIAC (2016) y Cenicafé (2015)

#### 4.16. Balance hídrico

El balance hídrico en una región lo componen las entradas de agua y salidas de agua; por tanto, debe considerar la lluvia, la evapotranspiración, el agua interceptada por la planta, la escorrentía y el agua almacenada en el suelo (Jaramillo, 2005). La evapotranspiración es el proceso por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso directamente o a través de las plantas; puede estar representada por la evapotranspiración potencial (ETP) que contempla la pérdida de agua observada en una superficie por efecto de evaporación y transpiración, que ocurriría con un adecuado abastecimiento de humedad al suelo (Ocampo, Vélez y Londoño, 2014). Para la estimación de la ETP en el Triángulo del Café que se muestra en la Figura 4(b), se tomó el modelo propuesto por Jaramillo (2005). Para las áreas de los ecotopos cafeteros, la ETP fluctúa entre 2,86 mm/día y 4,2 mm/día con un promedio de 3,4 mm/día y una desviación estándar de 0,19 mm/día. La escorrentía comprende el exceso de precipitación que ocurre después de la lluvia y se mueve libremente sobre el terreno (Ocampo, Vélez y Londoño, 2014). La escorrentía promedio anual en el Triángulo del Café presenta variaciones desde los 800 mm a 6.000 mm. Los mayores valores se encuentran en la cuenca del río La Miel-Samaná Sur y la Cuenca del río San Juan Alto. Para la región de los ecotopos cafeteros fluctúa entre 1.000 a 5.000 mm, según el mapa de escorrentía del SIAC (2016).

#### **4.17. Humedad relativa**

La humedad relativa es la relación porcentual entre la humedad de un espacio y la cantidad que ese volumen podría contener si estuviera saturado (Ocampo, Vélez y Londoño, 2014). En la zona andina colombiana sigue un comportamiento bimodal estacional típico, por efecto del movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT); por otra parte, es influenciada fuertemente por la altitud. Ocampo y Vélez (2015) plantean un modelo para su estimación para el período 1981-2010 en el departamento de Caldas, que fue aplicado en este estudio; para el Triángulo del Café, varía entre 74 % y 85 %, con un promedio de 78,86 % y una desviación estándar 2,56 %. Los menores valores se presentan en los valles de los ríos Magdalena y Atrato; mientras que los mayores en la Cordillera Central. En los ecotopos cafeteros, la humedad relativa promedio anual multianual oscila entre 75,3 % y 81,5 % con valores medios de 78,2 % y una desviación estándar de 0,81 %.

#### **4.18. Indicadores hidrológicos**

Los indicadores hidrológicos fueron obtenidos del Estudio Nacional de Agua (IDEAM, 2010), compilados por el SIAC (2016) para Colombia y comprenden el Índice de Alteración Potencial de la Calidad (en adelante IACAL), el índice de uso de agua y el índice vulnerabilidad hídrica. El IACAL es un indicador de calidad de agua que tiene en cuenta la Demanda Biológica Oxígeno-DBO-, la diferencia entre la Demanda Química de Oxígeno-DQO- y la DBO, los Sólidos Suspendedos Totales-SST-, El Nitrógeno Total-NT- y el Fósforo Total-PT- (IDEAM, 2010), entre más alto el índice, es mayor el grado de contaminación. Para el Eje Cafetero, en condiciones de año medio este índice se ilustra en la Figura 4(d) el IACAL es muy alto en la cuenca del río La Vieja; alto en las cuencas del río Chinchiná y Otún y otros directos al Cauca, y medio alto en la cuenca del río Risaralda. En año seco, alcanza la categoría muy alto en las cuencas del río La Vieja, Chinchiná, Otún y otros directos al Cauca.

El índice de uso de agua es la relación porcentual entre la demanda de agua con la oferta disponible (IDEAM, 2010). En condiciones de año medio, las cuencas de los ríos La Vieja, Otún y Chinchiná tiene un índice moderado, en las demás no se tiene presión por el recurso. En condiciones de año seco, el índice es alto en las cuencas de los ríos Otún y La Vieja y moderado en Chinchiná y La Miel-Samaná Sur. El índice de vulnerabilidad hídrica mide la fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, ante amenazas por períodos largos de estiaje o eventos como el ENSO que podrían generar riesgos de abastecimiento; considera, por tanto, el índice de retención y regulación hídrica y el índice de uso del agua (IDEAM, 2010; Ocampo, Vélez y Londoño, 2014). En condiciones de año medio, la vulnerabilidad es media en las cuencas de los ríos Chinchiná, Otún y La Vieja; en las demás cuencas es baja. En año seco, el índice de vulnerabilidad hídrica es alto en las cuencas de los ríos Otún y La Vieja, media en Chinchiná, Risaralda, La Miel-Samaná-Sur.

## **5. Conclusiones**

Los resultados de este estudio permiten una mejor comprensión de los factores climáticos y geográficos del Triángulo del Café y de la zona de los ecotopos cafeteros, que se compilan en la Tabla 3. Estos factores son determinantes de la productividad cafetera, por tanto, brindan lineamientos para la ordenación y planificación del territorio. La caracterización evidencia que es posible mejorar la delimitación de los ecotopos cafeteros; es necesario excluir Áreas Naturales Protegidas de orden Nacional, Departamental, Municipal, así como las reservas de la sociedad civil y reservas de la Biosfera. Se requiere además tener en cuenta las condiciones climáticas apropiadas para el cultivo del café como son lluvias entre 1.800 y 2.800 mm por año, temperaturas entre 18 a 23 °C, brillo solar mayor a 6 horas luz por día y humedad relativa de 70 a 85 %.

**Tabla 3.** Caracterización de los ecotopos cafeteros en el Triángulo del Café

<b>VARIABLES</b>	<b>Medida</b>	<b>Triángulo del Café</b>	<b>Ecotopos cafeteros</b>
<b>Altitud</b>	Rango	123 – 5289	800-2200
M s.n.m.			
<b>Biomás</b>	General	50%	31%
% Área	Orobiomas Andinos	34%	66%
	Orobiomas del zonobioma de bosque húmedo tropical	15%	3%
	Zonobioma del bosque húmedo tropical	1%	
<b>Agroecosistemas</b>	Agroecosistemas cafeteros	25,5%	56,3%
% Área	Agroecosistemas campesinos mixtos	4,8%	7,2%
	Áreas rurales intervenidas no diferenciadas	49,8%	30,1%
	Agroecosistemas empresariales	0,6%	0,2%
	Bosques plantados	3,4%	2,3%
	Otros	15,9%	3,9%
<b>Conflictos de uso de suelo</b>	Sobreutilización	49%	46%
	Subutilización	20%	17%
% Área	Sin clasificación	31%	37%
<b>Erosión</b>	Sin evidencia	23,7%	5,6%
% Área	Erosión ligera	29,64%	37,5%
	Erosión moderada	43,3%	54,4%

<b>Variables</b>	<b>Medida</b>	<b>Triángulo del Café</b>	<b>Ecotopos cafeteros</b>
	Erosión severa	2,2%	1,8%
	Erosión muy severa	0,003%	0,004%
	Sin suelo	1,1%	0,7%
<b>Sensibilidad Ambiental</b>	Muy baja	0,1%	
<b>% Área</b>	Baja	34,2%	29%
	Media	65,6%	71%
	Alta	0,1%	
<b>Radiación Solar</b> kWh/m <sup>2</sup>	Promedio	3,0 – 5,5	3,0-5,0
<b>Temperaturas</b> °C, Promedio	Mínimas	-6,2 – 23,59	9-21,6
	Medias	5,8 – 29,3	14,3-25,3
	Máximas	13,0 – 33,7	19,6-31,8
<b>Precipitación, mm</b>	Promedio	1000-7000	1500-7000
<b>Anomalías precipitación, %</b>	Año seco (El Niño)	-58 ; -34,6	-53,25; -36,2
	Año húmedo (La Niña)	39,9 ; 87,1	42,6 ; 79,8
<b>Evapotranspiración</b> mm/d	Promedio	1,6 – 4,5	2,86 – 4,2
<b>Escorrentía</b> mm	Promedio	800-6000	1000-5000
<b>Humedad relativa</b> %	Promedio	74 – 85	75,3 – 81,5

**Fuente:** Elaboración propia.

Para el manejo y protección del Paisaje Cultura Cafetero la sostenibilidad ambiental es fundamental (Ministerio de Cultura, 2011); en este sentido es necesario reconocer la sensibilidad ambiental media de los ecotopos cafeteros del Triángulo del Café. Se requiere establecer planes de manejo para las zonas con conflicto de uso del suelo por sobreutilización, que ascienden al 17 %; planes de control de erosión en más de la mitad del territorio que presenta índices de erosión moderada (54,4 %) y severa (1,8 %) y dar prioridad al cumplimiento de los planes de gestión integral del recurso hídrico en las cuencas del río La Vieja, Chinchiná, Otún y otros directos al Cauca que presentan presión por el recurso hídrico,

no sólo por sus índices de uso de agua, sino también por la vulnerabilidad hídrica y los altos niveles de contaminación.

La información disponible en el Sistema de Información Ambiental de Colombia permite caracterizar en un territorio los agroecosistemas, biomas, las áreas de reserva y protección, la zonificación de la degradación de suelos por erosión, la radiación solar global, la precipitación total anual y diferentes indicadores hidrológicos. Por otra parte, facilita la comprensión del cambio en variables e indicadores hidrológicos por la variabilidad climática, específicamente en años húmedos por efecto del fenómeno La Niña y años secos, con ocurrencia del fenómeno de El Niño. La metodología empleada en este estudio puede aplicarse en diferentes temáticas del ordenamiento territorial, como los planes de ordenamiento de cuencas hidrográficas (Salinas Chaves, 2013).

La Ley sobre la transparencia y derecho a la información pública nacional ha llevado a un cambio estructural en el acceso a la información geográfica en Colombia, lo que permite avanzar en la comprensión del territorio, conocer sus potenciales y limitaciones y sus posibles aplicaciones como se presenta en este estudio de caracterización de los ecotopos cafeteros en el Triángulo del café.

## Referencias

- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, F., Hincapié, E. (2007). *Sistema de producción de café en Colombia*. Chinchiná, Colombia: Cenicafé.
- Calambas, R. (2009). *Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo, en sistemas de producción de café orgánico y tradicional en los municipios de Caldono, Morales y Piendamó en el departamento del Cauca*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Camayo-Vélez, G. C., Chávez-Córdoba, B., Arcila-Pulgarín, J., Jaramillo-Robledo, A. (2003). Desarrollo floral del cafeto y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná-Caldas. *Cenicafé*, 54(1), 35-49.

- Carr, M.K.V. (2001). The water relations and irrigation requirements of coffee. *Experimental Agriculture*, 37(1), 1–36.
- Centro Nacional de Investigaciones del Café – Cenicafé. (2015). Ecotopos cafeteros Colombia shape. Chichiná, Colombia: Centro Nacional de Investigaciones del Café.
- Congreso de la República (6 de Marzo de 2014). Ley 1712 de 2014. *Por medio de la cual se crea la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional y se dictan otras disposiciones*. Bogotá.
- Crisosto, D., Grantz, F. C. y Meinzer, E. C. (1992). Effects of the water deficit on flower open in coffee (*Coffea arabica* L.). *Tree Physiology*. 10(2), 127-139.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2015). *Comportamiento de la Industria Cafetera Colombiana 2014*. Bogotá, Colombia: Federación Nacional de Cafeteros.
- Gliessman, S. R. (2002). *Agro ecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. San José, Costa Rica: CATIE.
- Gómez, L., Caballero, A. y Baldión, J. (1991). *Ecotopos cafeteros de Colombia*. Bogotá, Colombia: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. (1999). *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management* (6. ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Instituto Nacional de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. IDEAM. (2010a). *2ª Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Bogotá: IDEAM, Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Instituto Nacional de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Bogotá: IDEAM, Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Instituto Nacional de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. IDEAM. (2012). *Programa Nacional de monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y tierras en Colombia*. Bogotá: IDEAM, Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible.



- Instituto Nacional de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá: IDEAM, Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales. IDEAM. (2005). *Atlas Climatológico de Colombia*. Bogotá: IDEAM. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. IDEAM.
- Jaramillo, A. (2005). *Clima Andino y Café en Colombia*. Chinchiná: Centro Nacional de Investigaciones del Café - CENICAFÉ.
- Lin, B. (2007). Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 144, 875-94.
- Ministerio de Cultura. (2011). *Paisaje Cultural Cafetero. Un paisaje cultural productivo en permanente desarrollo*. Bogotá: Ministerio de Cultura de Colombia. Dirección de Patrimonio.
- NASA (2015). Shuttle Radar Topography Mission. Recuperado de: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
- Ocampo, O. (2017). *Modelación hidrológica y agronómica de los efectos del cambio y la variabilidad climática en la producción cafetera de Caldas*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Ocampo, O., Vélez, J.J. y Londoño, A. (2014). *Análisis de vulnerabilidad hídrica de la cuenca del río Chinchiná*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Ocampo, O. y Vélez, J.J. (2015). *Análisis Climatológico para el departamento de Caldas*. En: Entendimiento de fenómenos ambientales mediante análisis de datos. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. 1-37.
- Paes, A. (1985). Florescimento e fructificacao de café arabica nas diferentes regioes (cafeiras) do Brasil. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 20(7), 831-839.
- Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia. Una síntesis desde la década Interdecenal hasta la escala diurna. *Rev. Acad. Colomb.Ciencia*, 28(107), 201-222.

- Poveda, G., Turbay, S., Vélez, J.J., Ocampo, O.L., Acevedo, E. y Bedoya, M. (2014). *¿No sé qué vamos a hacer con estos climas! Vulnerabilidad y adaptación a las variaciones climáticas extremas en la cuenca de la quebrada Los Cuervos, afluente del río Chinchiná, Colombia*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Antioquia, IDRC-CIHR-NSER.
- Ramírez, V.H., Arcila, J., Jaramillo, A., Rendón, J.R., Cuesta, G., García, J.C., Menza, H.D., Mejía, C.G., Montoya, D.F., Mejía, J.W., Torres, J.C., Sánchez, P.M., Baute, J.E. y Peña, J. (2011). Variabilidad climática y la floración del café en Colombia. *Avances técnicos Cenicafé*. Mayo, 1-8.
- Salinas Chaves, E. (2013). Reflexiones acerca del papel del ordenamiento territorial en la planificación y gestión ambiental. *Perspectiva Geográfica*, 18(1), 141-156.
- Servicio Geológico Colombiano (2016). Mapa Geológico de Colombia 2015. Recuperado de <http://www2.sgc.gov.co/Geologia/Mapa-geologico-de-Colombia.aspx>
- Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC. (2016). *Catálogo de mapas*. SIAC. Recuperado de: [http://www.siac.gov.co/Catalogo\\_mapas.html](http://www.siac.gov.co/Catalogo_mapas.html)
- Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial - SIG-OT (2016). Mapas temáticos predefinidos - Nacional. SIG-OT. Recuperado de: [http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames\\_pagina.aspx](http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames_pagina.aspx)
- Turbay, S., Nantes, B., Jaramillo, F., Vélez, J.J. y Ocampo, O.L. (2014). Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 85, 95-112.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPR (2016). Mapa de vocación de uso de suelo. Recuperado de: <http://www.upra.gov.co/>
- WorldClim (2016). WorldClim- Global Climate Data. Free Climate data for ecological modeling and GIS. Recuperado de: <http://www.worldclim.org/>

Recepción: 9 de septiembre de 2016

Evaluación: 5 de diciembre de 2016

Aprobación: 26 de diciembre de 2016