

---

# Evaluación espacial del potencial para el cultivo de café (*Coffea arabica*) en la microcuenca del río Monaicito, estado Trujillo, Venezuela

Spatial evaluation of the potentiality of growing coffee (*Coffea arabica*) in Monaicito river basin, Trujillo State, Venezuela.

---

Juan Liendro\*, José Roa\*\* y Lisbeth Segovia\*\*\*

Recibido: 26-01-2012

Aceptado: 15-07-2013

## Resumen

El propósito de esta investigación fue la evaluación del potencial espacial para el cultivo de café (*Coffea arabica*) en la microcuenca del río Monaicito, mediante la utilización de las técnicas de evaluación multicriterio (EMC) y el uso de sistemas de información geográfica (SIG), para estimar la importancia y determinación de las variables climáticas, topográficas, geológicas y socio-económicas en la aptitud cafetalera del área de estudio, encontrándose que 40,58% (4.925,69 ha) del área analizada posee de *Alto* a *Muy Alto* potencial para el cultivo de la especie, lo que constituye una significativa extensión de superficie con aptitudes para tal fin.

**Palabras clave:** Evaluación Multicriterio, EMC, Café, río Monaicito, Trujillo, SIG.

## Abstract

In this reasearch the spatial potential of growing coffee (*Coffea Arabica*) plantation in the Monaicito river basin was evaluated, using a multicriteria GIS approach platform, to estimate the study of the area's climate, topographical, geographical and social-economical variables weighting on coffee growth, getting as a main conclusion that 40.58% (4,925.69 ha) of the researched area has from high to very high potentiality for growing coffee.

**Key words:** coffee, Monaicito River, multicriteria evaluation, MCE, geographical information system, GIS.

---

\*Ingeniero Agrícola, Mención Manejo y Conservación de Recursos Naturales, Instructor Docente, Área de Topografía, Universidad de Los Andes, Trujillo - Venezuela. Correo E.: liendroing@gmail.com

\*\*Profesor de la Universidad de Los Andes, Área de Geografía, Grupo GEOCIENCIA, Trujillo-Venezuela. Correo E.: jose\_roa@yahoo.com (autor para correspondencia)

\*\*\*Licenciada en Educación, Mención Geografía y Ciencias de la Tierra, Becario del Plan de Formación Docente en la Universidad de Los Andes, Trujillo - Venezuela. Correo E.: lisbeth.segovia@gmail.com

## Introducción

El cultivo de café es una de las principales actividades económicas desarrolladas en las vertientes de las montañas en diversos países de América tropical como Brasil, Colombia, Costa Rica, generando importantes ingresos y representando un significativo producto de exportación. El fruto de este arbusto, originario de Etiopía y Sudan, fue introducido a América por los conquistadores Europeos y a pesar de no ser un producto alimenticio, constituye hoy día una de las bebidas estimulantes más populares del mundo (Hoyos, 1994).

En Venezuela, el café es cultivado a partir de los 250 msnm en zonas medias y altas de La Cordillera de la Costa y en la región de los Andes, donde la producción bajo sombra, caracterizada por la asociación con especies arbóreas leguminosas como Bucares (*Erythrina* sp) o Guamos (*Inga* sp), entre otras, es una de las modalidades más difundidas (Hoyos, 1994). Este modo de cultivar el café, representa una práctica agrícola de carácter conservacionista que contribuye notablemente a la disminución de la degradación ambiental en las cuencas hidrográficas, especialmente en lo concerniente a los recursos de suelo y agua.

Históricamente el cultivo del café ha sido uno de los pilares socioeconómicos del estado Trujillo y rubro importante dentro de la producción agrícola nacional, tal como lo señala las cifras reportadas por el VII censo agrícola venezolano (Ministerio Poder Popular para la Agricultura y Tierras, MPPAT, 2010) (Anexo1), donde Trujillo se ubica en el tercer lugar por entidades, con una producción de 6.344 TM representando casi el 10% de la producción nacional (Anexo 2). Los piedemontes llaneros y lacustres hasta los 2000 msnm han sido las áreas geográficas cafetaleras en Trujillo, sin embargo, en las últimas décadas este uso ha cambiado hacia otros rubros debido diferentes factores económicos, en detrimento del café (Martínez, 2012), de allí que la producción trujillana de café luego de representar el 20 % de la producción nacional con más de 13.000 TM en 1992, cae a la mitad en el 2008. Una mejor descripción del declive de la producción de café aquí señalado puede consultarse en el anexo 3.

La situación que exhibe la microcuenca del río Monaicito en

el estado Trujillo refleja el mismo proceso, la caficultura, principal actividad económica de la zona, en los últimos años se ha visto impactada negativamente por diversos factores, mostrando un rápido proceso de deterioro, lo que a futuro puede acarrear una disminución en la calidad de vida de los campesinos tras verse afectados sus ingresos (Becerra *et al.*, 2006).

Hasta el momento no ha sido posible implementar un cultivo que sustituya con ventajas al cafeto, en lo que respecta a la conservación de los suelos en laderas de montañas con relieve abrupto; sin embargo, en la microcuenca del río Monaicito los productores han reducido el área cafetalera, abandonando las unidades de producción, aumentado la diversificación de cultivos e implantado nuevos cultivos sin valorar, antes, el potencial del territorio para esos usos (Arellano *et al.*, 2008). Esta situación ha traído como consecuencia un deterioro progresivo de las condiciones ambientales de la microcuenca, disminuyendo su capacidad para producir agua en cantidad y calidad, y alterando de manera perjudicial el potencial productivo de los suelos.

En virtud de lo antes expuesto surgen algunas interrogantes a las cuales el presente trabajo de investigación intenta proporcionar respuestas: ¿posee la microcuenca del río Monaicito la aptitud o el potencial necesario para sustentar el desarrollo de plantaciones de café (*Coffea arabica*) en su territorio?; ¿cuál es el grado o nivel de aptitud que presenta el territorio de la microcuenca del río Monaicito para el cultivo de café?; ¿cómo es la distribución espacial de los diferentes grados o niveles de aptitud para el cultivo de café en el territorio de la microcuenca del río Monaicito?

### **Objetivo general**

Evaluar el potencial para el cultivo de café (*Coffea arabica*) en la microcuenca del río Monaicito, estado Trujillo - Venezuela, mediante el uso de la Evaluación Multicriterio (EMC) y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

### **Objetivos específicos**

- Estimar el grado de aptitud que presenta el área y sus variables

espaciales de la microcuenca del río Monaicito para el cultivo de café.

- Producir un mapa final que describa la distribución espacial de los diferentes grados de aptitud para el cultivo de café en el territorio de la microcuenca del río Monaicito.

## **Materiales y métodos**

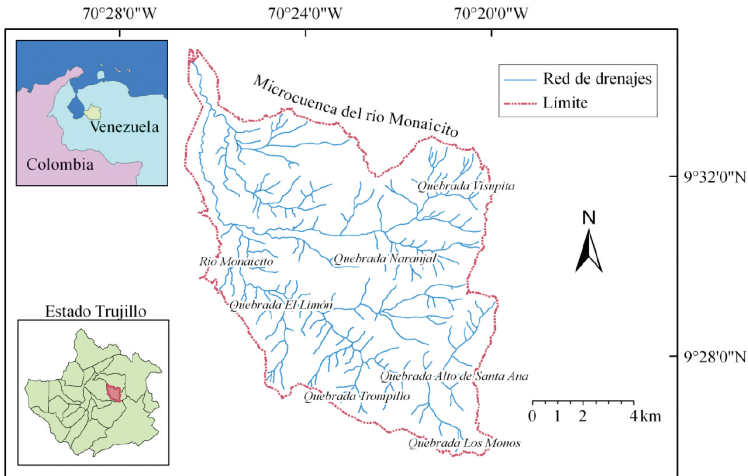
La base metodológica para el desarrollo de esta investigación fue la integración de la evaluación multicriterio (EMC) bajo un sistema de información geográfica (SIG), entendiéndose la EMC como un conjunto de procedimientos que sustentan su funcionamiento en la evaluación de una serie de alternativas basándose en una serie de criterios y objetivos en pugna; y a los SIG como un sistema de información con capacidad de gestionar, almacenar, representar y analizar datos espaciales. Ambas herramientas están dirigidas a asistir y brindar apoyo en los procesos de toma de decisiones, en especial para la asignación-localización de actividades (Barredo, 1996).

La fase metodológica de la investigación se divide en cuatro etapas: 1) la delimitación del área de estudio, 2) la selección de las variables espaciales asociadas al cultivo del café, 3) el establecimiento de la base de datos y 4) la EMC propiamente dicha. Toda la información utilizada y generada fue procesada, editada, clasificada, normalizada y combinada, mediante el uso de ArcGIS 9.2 (ESRI, 2006), empleando el modelo de datos espaciales raster con celdas de 20 metros de resolución horizontal.

## **Localización del área de estudio**

El área de estudio se ubica dentro de la microcuenca del río Monaicito, en los municipios Candelaria y Pampán del estado Trujillo, Venezuela. Esta microcuenca forma parte de la subcuenca del río Carache, perteneciente a la cuenca del río Motatán, hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo. El territorio seleccionado se localiza entre las latitudes 9°25'41"N - 9°34'50"N y entre las longitudes 70°19'48"O - 70°27'13"O. Ocupa una superficie

aproximada de 12.137,69 hectáreas y el rango de altitud varía desde los 260 hasta los 2.100 msnm. La figura 1 muestra la localización del área de estudio.



**Figura 1.** Localización del área de estudio, situación relativa nacional y regional.  
Fuente: Elaboración propia.

## Selección de las variables espaciales asociadas

Para el desarrollo de esta investigación se seleccionaron variables y parámetros espaciales con base a la disponibilidad de esta información y en virtud de la importancia que revisten para el desarrollo del cultivo de café; tanto desde el punto de vista de la ecología de la planta, como de los factores sociales y económicos que afectan la producción cafetalera. La tabla 1 describe las variables y parámetros espaciales seleccionados del área de estudio.

**Tabla 1.** Variables y parámetros espaciales asociados al cultivo del café

| <b>Variables</b>    | <b>Parámetros</b>             |
|---------------------|-------------------------------|
| CLIMÁTICAS          | PRECIPITACIÓN                 |
|                     | TEMPERATURA                   |
| TOPOGRÁFICAS        | ALTITUD                       |
|                     | PENDIENTE                     |
|                     | RUGOSIDAD DEL RELIEVE         |
| GEOLOGICAS          | LITOLIGIA                     |
| SOCIO<br>ECONÓMICAS | PROXIMIDAD A VÍAS             |
|                     | PROXIMIDAD A CENTROS POBLADOS |

Fuente: Elaboración propia.

Si bien los parámetros climáticos y topográficos son fácil y directamente asociados al potencial de cualquier área a acoger un cultivo, las variables geológicas y socioeconómicas deben ser explicadas, por ejemplo, el parámetro litología se utiliza en este trabajo para inferir sobre algunas propiedades edáficas de los suelos existentes en el área de estudio, en virtud de la poca información pedológica y/o edafológica detallada y disponible al respecto. Se asume aquí, que estas unidades litológicas representan el material parental por medio del cual se han formado los suelos y/o perfiles superiores de la zona estudiada, y que este material parental es responsable directo de que los suelos difieran en ciertas características físicas y químicas.

Es necesario también apuntar, que aspectos socio-económicos como la comercialización del producto, la adquisición de insumos agrícolas, el procesamiento del grano, la disponibilidad de mano de obra para la cosecha, entre otros, concernientes al desarrollo de la producción cafetalera son afectados de manera notable por la distancia a las vías asfaltadas y a los centros poblados, razones que motivaron la inclusión de estos parámetros en el análisis.

### **Base de datos - Construcción de las capas temáticas**

A partir de datos climáticos obtenidos de la Dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPPA, 2008) fueron construidos los mapas de distribución de precipitación y temperatura en el área de estudio. La capa de precipitación fue elaborada mediante el proceso de interpolación tipo *Kriging* de los valores promedios anuales de precipitación (milímetros) calculados a partir de datos registrados durante un período de 10 años (1998-2008) en seis estaciones meteorológicas presentes y aledañas al área de estudio (ejemplo: Guamas de Monay, Carache, Pampán, Santa Ana, Trujillo-Liceo y El Jarillo).

Debido a la ausencia de registros de temperatura en las estaciones descritas, la capa de distribución de temperaturas medias anuales se generó a través de un proceso de interpolación lineal usando el gradiente altotérmico  $0,57^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  propuesto por Trezza

(1997) a partir de un estimado de estaciones meteorológicas del estado Trujillo. La estimación de los valores promedios anuales de temperatura (°C) en el área de estudio se logró a partir de los datos de la estación climatológica del aeropuerto de Valera, medidos durante un período de 10 años (1995-2005). Posteriormente, y usando el gradiente altotérmico, se calculó el patrón térmico del área de estudio con base a su modelo digital de elevaciones (MDE). Estas dos capas temáticas generadas representan una estimación de los valores promedios anuales de precipitación y temperatura en el territorio estudiado.

Las capas temáticas topográficas (rangos altitudinales, pendientes, rugosidad del relieve), se crearon a partir de la digitalización de los mapas topográficos con curvas de nivel cada 20 metros, de la zona de estudio y obtenidos de la Dirección de Cartografía Nacional (DCN, 1979). El SIG utilizado generó un modelo digital de elevación (MDE) obtenido de la interpolación de las curvas digitalizadas a través de una red de triángulos irregulares (TIN) con lo cual se crearon las capas de rangos de altitud (en metros sobre el nivel del mar) y de pendiente (expresada en grados). La capa de rugosidad del relieve (en m) se obtuvo mediante la aplicación de procesos de *estadística de vecindario* al MDE (determinación de máximos y mínimos valores en el vecindario). Estas capas topográficas constituyen una representación de la morfología que exhibe el área de estudio.

Seguidamente, mediante la edición de información obtenida del mapa geológico-estructural de Venezuela (Bellizia *et al*, 1976) y de datos litológicos aportados por el Código Estratigráfico de Cuencas Petroleras de Venezuela de Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima y el Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo (PDVSA-INTEVEP, 2011), se construyó la capa temática de la variable geología, la cual es una representación de las particularidades litológicas de las diferentes unidades geológicas existentes en el área de estudio: Colón (Kc), Aguardiente (Kn), La Quinta (Jq), Mucuchachí (Pcm), Betijoque-Vichu (Tmrbv), Carvajal (Qpt), Peñas Altas (Kpa) y Sedimentos Aluviales (Qal).

Finalmente, y haciendo uso de información cartográfica obtenida de los Dossiers Municipales de la Corporación de Los

Andes (CORPOANDES, 2009) inherentes a la zona de estudio, fueron elaboradas las capas temáticas socio-económicas (proximidad a vías pavimentadas y proximidad a centros poblados). Estas capas se crearon mediante la edición de mapas viales y de localización de los principales poblados presentes y cercanos a la zona de estudio (Santa Ana, Monay, Flor de Patria, Pampán, Torococo, Bolivia y Chejendé), además de las principales ciudades del estado Trujillo (Valera, Boconó y Trujillo capital), empleándose los respectivos procedimientos de análisis de distancia desde las vías asfaltadas y desde los centros poblados, disponibles en el SIG.

### **Evaluación Multicriterio (EMC)**

En este estudio el proceso de EMC siguió las etapas de: estandarización de las capas temáticas, asignación de pesos a los criterios y combinación de las capas temáticas normalizadas.

### **Normalización de las capas temáticas**

Los valores que presentan las diversas capas temáticas generadas en este estudio tienen desiguales significados y unidades de medida. Esta situación trajo como consecuencia que los valores de dichas capas se estandarizaran a una misma unidad de medida para lograr su posterior combinación. En este sentido, se asumió una escala continua de valores entre 0 y 1 para la estandarización de las capas temáticas, donde 0 representa la más baja potencialidad para el cultivo de café y 1 la más alta potencialidad. En este trabajo todas las capas temáticas (a excepción de litología) fueron estandarizadas utilizando el método del valor máximo, el cual consiste en dividir los valores de cada capa por su máximo valor a encontrar (Roa, 2006, 2007). De esta manera, se normalizaron las capas de pendiente, rugosidad del relieve, proximidad a vías pavimentadas y proximidad a centros poblados, con la particularidad que en estas últimas cuatro capas, cuanto mayor son los valores que exhiben, menor es su capacidad para el cultivo de café y viceversa, por lo que se invirtieron los valores obtenidos a través del método para cumplir con los criterios establecidos.



En el caso de las capas de precipitación, temperatura y altitud, además del uso del método del valor máximo fue necesario tomar en cuenta las exigencias ecológicas de la especie estudiada. Al respecto, Hoyos (1994), señala que el café de gran calidad se produce en lugares donde la precipitación media anual varía de 500 a 1500 mm, repartidos de manera uniforme durante el año, y donde la temperatura media anual oscila entre los 16 y 23 °C; en el caso específico de la especie ***C. arabica***, ésta se desarrolla en pisos altitudinales medios, preferiblemente de 600 a 1700 msnm. Tomando en consideración estos rangos óptimos para el crecimiento y desarrollo de la planta, se aplicó el método del valor máximo desde el valor más bajo de cada capa hasta el valor medio del rango óptimo, donde ocurre la más alta potencialidad para el cultivo, e invirtiendo en el tramo desde este valor medio hasta el valor más alto de cada capa, el índice de potencialidad.

La normalización de la capa de litología se realizó tomando en consideración los requerimientos edáficos del cultivo de café, el cual demanda de suelos francos o franco-arcillosos y abundantes en materia orgánica (Hoyos, 1994). Bajo esta premisa, se efectuó la asignación de valores a cada unidad litológica en virtud de la aptitud que muestran para el cultivo de café, asignando pesos tendentes a 1 (o de alta potencialidad) a las unidades litológicas conformadas fundamentalmente por componentes arcillosos (texturas finas), abundantes en carbono y de mayor diversidad mineral benéfica para el cultivo, y valores tendentes a 0 (o de baja potencialidad) para aquellas formaciones constituidas principalmente de elementos arenosos o de tamaño mayor (texturas gruesas), con baja presencia de carbono y poca diversidad de elementos minerales beneficiosos para la planta. La figura 2 muestra las capas temáticas generadas y normalizadas en esta investigación, y el anexo 4 describe las unidades litológicas, sus texturas edáficas asociadas y pesos asignados.

### **Asignación de pesos a los criterios**

En esta investigación se utilizó el Método de las Jerarquías Analíticas (MJA) desarrollado por Saaty (citado por Barredo, 1996) y aplicado por Segovia y Roa (2011) para la asignación de pesos a

los criterios. Este procedimiento consiste en la construcción de una matriz, en la que la cantidad de columnas y filas depende del número de criterios a ponderar, conformándose una matriz de cotejo entre pares de criterios, comparando la relevancia de uno sobre cada uno de los otros, para posteriormente mediante operaciones matemáticas simples establecer el peso de cada criterio. Los pares de criterios se ponderaron usando una escala de medida implementada por Roa (2006, 2007) donde cada parámetro concede una calificación entre 1 y 4 dependiendo del nivel de importancia concedido por el investigador a la relación de pares estudiados. En la tabla 2 puede observarse la escala de medida descrita, así como la matriz de jerarquización analítica (tabla 3).

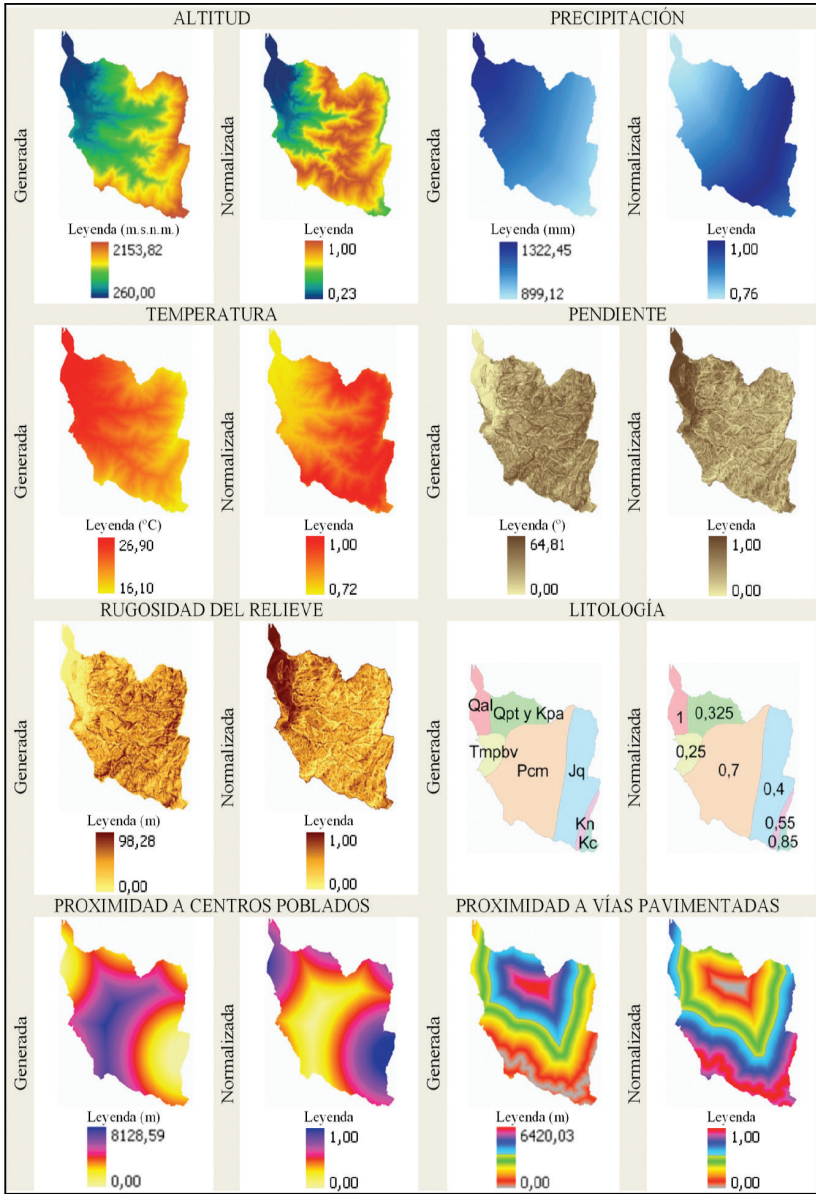


Figura 2. Capas temáticas generadas y normalizadas (en color en la versión digital de este artículo).

Fuente: Las capas relativas a altitud, temperatura, relieve y pendiente fueron procesadas a partir de datos de elevación SRTM (UNITED STATE GEOLOGICAL SERVICE (USGS), 2006), la capa de litología está basada en el mapa geológico de Venezuela (BELLIZIA, et. al., 1976). Las capas de vitalidad, centros poblados y precipitaciones están basadas en datos del Dossier del Municipio Pampán (CORPOANDES, 2009). Los datos primarios fueron procesados bajo ArcGIS 9.2 (ESRI, 2006).

**Tabla 2.** Escala de medida utilizada para la ponderación de los pares de concordancia de los criterios.

| Nivel de Importancia | Definición        | Descripción  |
|----------------------|-------------------|--|
| 1                    | Igual primacía    | Ambos criterios (x, j) favorecen de igual forma el cultivo de café               |
| 2                    | Moderada primacía | Anteriores experiencias benefician levemente al criterio (X) sobre el otro (j).  |
| 3                    | Fuerte primacía   | Prácticamente la preferencia del criterio (x) sobre el otro (j) está demostrada. |
| 4                    | Absoluta primacía | Existen pruebas que establecen la superioridad del criterio (x).                 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.** Asignación de pesos a los criterios mediante el MJA.

| Matriz de Jerarquización Analítica (j) | Altitud | Precipitación | Temperatura | Pendiente | Rugosidad del relieve | Litología | Proximidad a centros poblados | Proximidad a vías pavimentadas | $\Sigma x_j/n$ | Peso relativo ( $\Sigma x_j/n / \Sigma \Sigma x_j$ ) |      |
|--|---------|---------------|-------------|-----------|-----------------------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|--|------|
| Altitud (x)                            | 1       | 2             | 2           | 3         | 3                     | 4         | 4                             | 4                              | 2,88           | 0,22   |      |
| Precipitación                          | 1/2     | 1             | 2           | 3         | 3                     | 4         | 4                             | 4                              | 2,69           | 0,21   |      |
| Temperatura                            | 1/2     | 1/2           | 1           | 3         | 3                     | 4         | 4                             | 4                              | 2,50           | 0,19   |      |
| Pendiente                              | 1/3     | 1/3           | 1/3         | 1         | 2                     | 3         | 3                             | 3                              | 1,63           | 0,13   |      |
| Rugosidad del relieve                  | 1/3     | 1/3           | 1/3         | 1/2       | 1                     | 3         | 3                             | 3                              | 1,44           | 0,11   |      |
| Litología                              | 1/4     | 1/4           | 1/4         | 1/3       | 1/3                   | 1         | 2                             | 2                              | 0,80           | 0,06   |      |
| Proximidad a centros poblados          | 1/4     | 1/4           | 1/4         | 1/3       | 1/3                   | 1/2       | 1                             | 2                              | 0,61           | 0,05   |      |
| Proximidad a vías pavimentadas         | 1/4     | 1/4           | 1/4         | 1/3       | 1/3                   | 1/2       | 1/2                           | 1                              | 0,43           | 0,03   |      |
|  |         |               |             |           |                       |           |                               |                                | $\Sigma x_j$   | 12,97  | 1,00 |

Fuente: Elaboración propia.

### Integración de las capas temáticas normalizadas y compensadas

Una vez estandarizadas las capas temáticas y asignado el peso respectivo a cada criterio calculado mediante el MJA (tabla 2), se procedió a la combinación de las capas normalizadas. Para ello, se uso el método de EMC denominado Sumatoria Lineal Ponderada

(SLP) como mecanismo de integración, la cual es una técnica compensatoria-aditiva, en la que es necesario que se definan los pesos de los criterios como funciones de primacía y donde el valor de cada alternativa es el resultado de multiplicar cada capa temática por el peso relativo del criterio. La SLP integra las alternativas, desde la de mayor aptitud a la de menor aptitud (Barredo, 1996). La ecuación derivada de la aplicación de la SLP es (Eq 1):

|   |               |
|---|---------------|
| $\text{Potencialidad} = 0,22(\text{Altitud}) + 0,21(\text{Precipitación}) + 0,19(\text{Temperatura}) + 0,13(\text{Pendiente}) + 0,11(\text{Rugosidad del relieve}) + 0,06(\text{litológia}) + 0,05(\text{Proximidad a centros poblados}) + 0,03(\text{Proximidad a vías pavimentadas})$ | <b>(Eq.1)</b> |
|---|---------------|

Combinadas las capas normalizadas mediante la ecuación antes descrita se generó una nueva capa que vendría a ser el mapa de potencialidad para el cultivo de café en la microcuenca del río Monaicito. Este mapa expresa esta potencialidad en una escala comprendida entre 0 (menor potencial) y 1 (mayor potencial), la cual se reclasificó en una escala de cinco niveles acorde a los objetivos iniciales de este proyecto y para brindar a los beneficiarios últimos de esta cartografía (entes gubernamentales, agricultores, institutos, empresas, etc.), una mayor sencillez en la lectura de los mapas. En tal sentido, se aplicó el método de clasificación *Quantile* sobre el histograma de frecuencias del mapa de potencialidad (para una mayor explicación del método de *Quantile* se recomienda consultar:

[http://gis.otg.gobierno.pr/OGP/ArcTrain\\_1/Lecturas/TutorialPartell\\_LecturasOct06\\_PRELIMINAR\\_.pdf](http://gis.otg.gobierno.pr/OGP/ArcTrain_1/Lecturas/TutorialPartell_LecturasOct06_PRELIMINAR_.pdf)), logrando la reclasificación de este mapa en un nuevo producto o mapa de cinco clases de aptitud, las cuales responden a una escala de cinco niveles (*Muy Baja, Baja, Moderada, Alta* y *Muy Alta*), la cual presume la aptitud para el cultivo de café en el área de estudio desde *Muy Baja* aptitud hasta una *Muy Alta* aptitud (figura 3).

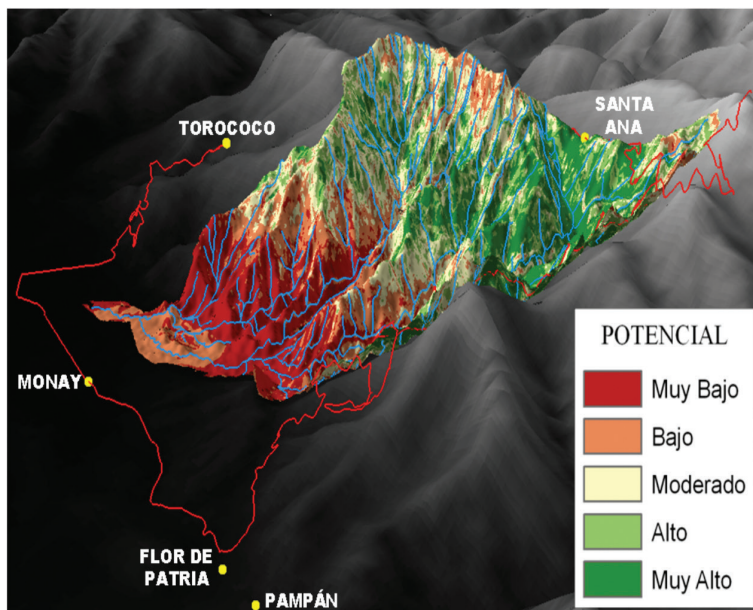


Figura 3. Mapa de aptitud del cultivo de café (*C. arabica*) en el área de la microcuenca del río Monaquito (en color en la versión digital de este artículo).  
Fuente: Elaboración propia.

## Resultados y discusión

El mapa de potencialidad es una representación cartográfica que divide el territorio estudiado en diferentes clases de aptitud para el establecimiento y desarrollo de cultivos de café (*C. arabica*). Analizando la distribución espacial de las diversas clases de aptitud, se encontró que en general, alrededor del 39,58% (4804,55 ha) del territorio analizado presenta áreas con *Muy Bajo* o *Bajo* Potencial para el cultivo de café; dentro de esta categoría se encuentran básicamente las áreas pertenecientes a las zonas más bajas de la microcuenca río Monaquito, teniendo como límite superior alrededor de los 700 msnm.

Las áreas con *Alto* o *Muy Alto* potencial para el desarrollo de la actividad evaluada constituyen cerca del 40,58% (4925,69 ha) de la zona de estudio. Estas áreas están constituidas principalmente

por ambas márgenes del río Monaicito, desde la intersección de las quebradas Alto de Santa Ana y Los Monos, hasta los alrededores de la unión de dicho río con la quebrada Trompillo, incluyendo asimismo en esta categoría, ambas vertientes de las tres quebradas mencionadas. También pertenecen a estas clases de aptitud, pero en menor proporción, las secciones medias y bajas de ambas márgenes en las quebradas Visupite, El Limón y Naranjal, en el caso de las dos últimas acentuándose en la margen izquierda.

La causa fundamental que afecta la manera en que se distribuyen las diferentes clases de aptitud en el territorio analizado es sin duda la asignación de mayor peso a los criterios de altitud, precipitación y temperatura, por lo que se puede calificar a dichas variables como las de mayor importancia e influencia para el cultivo de ***C. arabica*** en la microcuenca del río Monaicito, representando la suma de estos criterios, alrededor del 62% del total de los pesos asignados. Otro aspecto interesante que se observa en los resultados obtenidos es la concentración que se sucede de la mayoría de las áreas con *Alto* o *Muy Alto* potencial alrededor de las quebradas Alto de Santa Ana, Los Monos y Trompillo; esto se debe principalmente a que estas áreas se encuentran más cerca de los centros poblados y de las vías pavimentadas (troncal siete), influyendo estas variables de manera sutil en dicha aglomeración.

En las figuras 3 y 4 puede apreciarse la distribución espacial de las diferentes clases de aptitud para el cultivo de café en la microcuenca del río Monaicito, la distribución de los centros poblados, vías pavimentadas y red de drenajes en el entorno, así como una vista tridimensional (3D) del área de estudio obtenida a partir de un MDE.



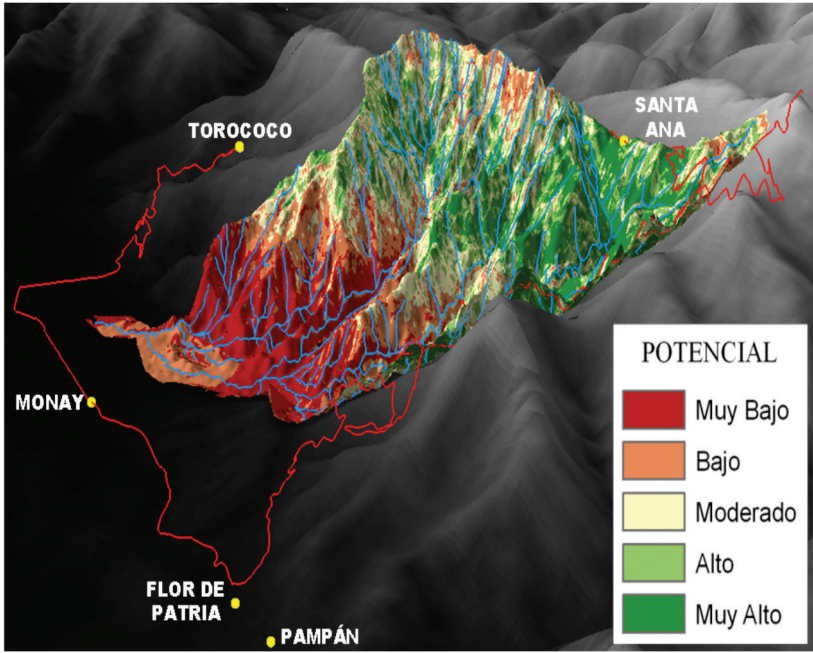


Figura 4. Vista 3D del área de estudio y su entorno generada a partir de un MDE, con sus respectivos drenajes, centros poblados, vías principales y clases de aptitud para el cultivo de café (en color en la versión digital de este artículo).

Fuente: Elaboración propia sobre un MDE basada en datos de elevación SRTM (USGS, 2006) y procesados bajo ArcGIS 9.2 (ESRI, 2006).

### Conclusiones y recomendaciones

Se realizó la evaluación del potencial que posee la microcuenca del río Monaicito para el cultivo de *C. arabica*, hallándose que aproximadamente 2/5 partes del territorio analizado poseen aptitudes benéficas para el desarrollo esta actividad, lo que representa una extraordinaria extensión superficial para tal fin, la cual debe ser aprovechada de manera óptima.

El modelo de aptitud desarrollado en este trabajo constituye una estimación de los niveles de capacidad que tiene el área analizada para sustentar el cultivo de café, por lo que dicho modelo puede ser mejorado o enriquecido mediante la incorporación de nuevas capas de información como: tipos de cobertura vegetal, rentabilidad



financiera, usos de la tierra, estudios de mercadeo, calidad de las variedades y su procedencia, etc., y sobre todo aquellas relacionadas con las características edáficas de la zona, en virtud de la importancia que tienen los datos de suelo (pH, textura, materia orgánica, estructura, entre otros) para el desarrollo de toda actividad agrícola.

La unificación de las técnicas de EMC-SIG conforman un instrumento eficaz para el análisis de problemas relacionados con la planificación y ordenación del territorio, debido a la rapidez, confiabilidad, difusión y funcionalidad de estos métodos, por lo que se recomienda su amplio uso en los diversos estudios relacionados con la localización de actividades y asignación de usos para el territorio.

Los resultados derivados de esta investigación pueden ser de utilidad para la elaboración de estudios posteriores relacionados con la determinación de áreas adecuadas para el cultivo de otras especies de café (*Coffea canephora* o *Coffea liberica*) y/o en la evaluación de la capacidad para el desarrollo de cualquier otra actividad agrícola, tanto en el territorio de la microcuenca del río Monaquito, como en cualquier otro espacio. Se exhorta asimismo al uso de estos resultados por parte de los entes públicos y privados vinculados con la toma de decisiones en la planificación territorial.

Se recomienda ejecutar estudios de campo con fines de validación y certificación de los resultados aquí obtenidos, lo que daría a estos un mayor grado de confiabilidad, y además, elaborar trabajos posteriores para discriminar aun más las áreas catalogadas como de *Muy Alto* potencial para el cultivo de café, con el objetivo de elevar el nivel de detalle de la evaluación; inclusive, hasta el nivel de finca o unidad de producción.

## Referencias bibliográficas

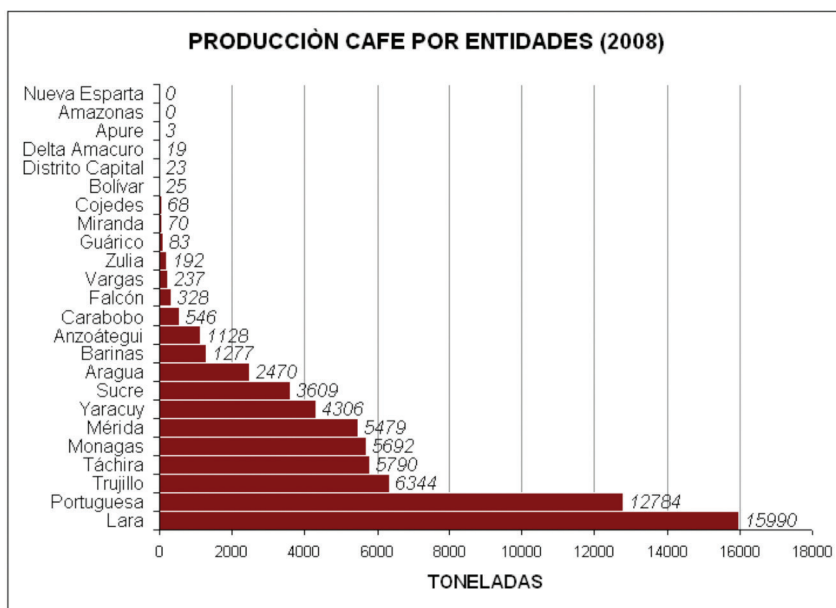
- ARELLANO, G., ROSALVA, N., PINEDA C., BECERRA, L. & JAIMES, E. 2008. Tipos de utilización de la tierra en áreas cafetaleras, microcuenca del Río Monaicito, estado Trujillo-Venezuela. **Revista Geográfica Venezolana**, 49(1): 43-56.
- BARREDO, J. 1996. *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Editorial Ra-Ma. Madrid. 250 p.
- BECERRA, L., ARELLANO, R. y PINEDA, N. 2006. Diagnóstico agrosocioeconómico de las fincas cafetaleras de la microcuenca del Río Monaicito, estado Trujillo-Venezuela. **Revista Geográfica Venezolana**, 47(1): 11-28.
- BELLIZIA, A., PIMENTEL, N. y BAJO, R. 1976. *Mapa geológico-estructural de Venezuela, escala 1:500.000*. Caracas: Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología.
- COPLANARH. 1975. *Inventario nacional de tierras extremo noroccidental de los andes*. Comisión del Plan Nacional del Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Caracas.
- CORPOANDES. 2005. *Plan de desarrollo Región Andina Estados Mérida, Táchira y Trujillo*. Recuperado el 9 de junio del 2013 en [http://www.corpoandes.gov.ve/files/imagenes/file/descargas/gerencia\\_planificacion/Plan\\_de\\_Desarrollo\\_Regional.pdf](http://www.corpoandes.gov.ve/files/imagenes/file/descargas/gerencia_planificacion/Plan_de_Desarrollo_Regional.pdf)
- CORPOANDES. 2009. *Dossier del municipio Candelaria*. Recuperado el 9 de junio del 2013 en [http://www.corpoandes.gov.ve/files/imagenes/file/descargas/gerencia\\_informacion/DOSSIER%202009/Trujillo/Candelaria%202009.pdf](http://www.corpoandes.gov.ve/files/imagenes/file/descargas/gerencia_informacion/DOSSIER%202009/Trujillo/Candelaria%202009.pdf)
- CORPOANDES. 2009. *Dossier del municipio Pampán*. Recuperado el 9 de junio del 2013 en [http://www.corpoandes.gov.ve/files/imagenes/file/descargas/gerencia\\_informacion/DOSSIER%202009/Trujillo/Pampan%202009.pdf](http://www.corpoandes.gov.ve/files/imagenes/file/descargas/gerencia_informacion/DOSSIER%202009/Trujillo/Pampan%202009.pdf)
- DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA NACIONAL (DCN). 1979. *Cartas 6144-III-NO, 6144-III-NE, 6144-IV-SO y 6144-IV-SE (mapas), escala 1:25000*. Caracas

- ESRI. 2006. *ArcGIS 9.2* [Sistema de información geográfica]. Proyecto recuperado de: [www.ESRI.com](http://www.ESRI.com).
- HOYOS, J. 1994. ***Frutales en Venezuela*** (2a. ed.). Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Caracas. 381 p.
- MARTÍNEZ, LUCÍA. (Junio, 2012). *El café venezolano, un cultivo en riesgo de desaparecer*. XII Coloquio Internacional de Geocrítica. Bogotá 7 al 11 de mayo, Recuperado el 9 de junio del 2013 en <http://www.ub.edu/geocrit/coloquio2012/actas/14-L-Martinez.pdf>
- MINISTERIO PODER POPULAR PARA LA AGRICULTURA Y TIERRAS (MPPAT). 2010. *VII Censo Agrícola*. Recuperado el 9 de junio del 2013 en <http://censo.mat.gob.ve/>
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA EL AMBIENTE (MPPA). 2008. [Datos de precipitación y temperatura de estaciones ubicadas en el estado Trujillo. Archivos internos de la Dirección de Hidrología y Meteorología]. Datos no publicados.
- Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima y el Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo (PDVSA-INTEVEP). 2011. *Código estratigráfico de las cuencas petroleras de Venezuela*. Recuperado el 9 de junio del 2013 en <http://www.pdvsa.com/lexico/lexicoh.htm>
- ROA, J. 2006. Aproximación al mapa de susceptibilidad y amenazas por deslizamientos de la ciudad de Trujillo, Venezuela. ***Revista Ágora***, 17, 45-83.
- ROA, J. 2007. Estimación de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes satelitales: cuenca del Río Mocotíes, estado Mérida-Venezuela. ***Revista Geográfica Venezolana***, 48(2), 183-219.
- SCHARGEL, R., 2011. Una reseña de la geografía física de Venezuela con énfasis en los suelos. ***BioLlania*** Edición Esp. 10:11-26. Recuperado el 9 de junio del 2013 <http://200.11.218.113/herbario/publicaciones/04.pdf>
- SEGOVIA, L. y ROA, J. 2011. *Potencialidad del Cultivo de Chachafruto (*Erythrina edulis*) en la microcuenca del Río Monaicito, estado Trujillo-Venezuela, a través de SIG y EMC*. ***Revista Ágora*** (en prensa).

TREZZA, R. 1997. *Fundamentos de Hidrología Agrícola*. Trabajo de ascenso no publicado, Universidad de los Andes, Núcleo Universitario “Rafael Rangel”, Trujillo, Venezuela.

UNITED STATE GEOLOGICAL SERVICE (USGS). 2006. *Shuttle Radar Topography Mission, escena de 3 arcos de Segundo SRTM\_154-619\_n006e053*, completado finalizado, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland. Recuperado el 9 de junio del 2013 en <http://landcover.org>

Anexo 1. Producción de café por entidades en Venezuela (2008).



Fuente: Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT, 2010).  
**VII Censo Agrícola**. Recuperado el 9 de junio del 2013 en <http://censo.mat.gob.ve/>

**Anexo 2.** Producción de café nacional y relativa de los estados andinos en Venezuela durante 1992, 1997, 2002, 2004 y 2008.

|                 | Producción de café (toneladas métricas) y participación relativa.<br>Estados andinos, Venezuela |      |         |      |         |      |         |       |         |      |
|-----------------|---|------|---------|------|---------|------|---------|-------|---------|------|
|                 | 1992  |      | 1997    |      | 2002    |      | 2004    |       | 2008    |      |
|                 | TM  | %    | TM      | %    | TM      | %    | TM      | %     | TM      | %    |
| MÉRIDA          | 12052,4   | 17,4 | 6956,9  | 11,0 | 6915,6  | 8,2  | 6449,6  | 9,8   | 5479,0  | 8,2  |
| TÁCHIRA         | 12736,5   | 18,4 | 7351,8  | 11,7 | 7308,1  | 8,7  | 6815,7  | 10,4  | 5790,0  | 8,7  |
| TRUJILLO        | 13955,1   | 20,1 | 8055,3  | 12,8 | 8007,4  | 9,5  | 7467,8  | 11,4  | 6344,0  | 9,5  |
| TOTAL LOS ANDES | 38744,0   | 55,9 | 22364,0 | 35,5 | 22231,0 | 26,3 | 20733,0 | 31,6  | 17613,0 | 26,5 |
| TOTAL VENEZUELA | 69340   | 100  | 63000   | 100  | 84470   | 100  | 65559   | 100,0 | 66463   | 100  |

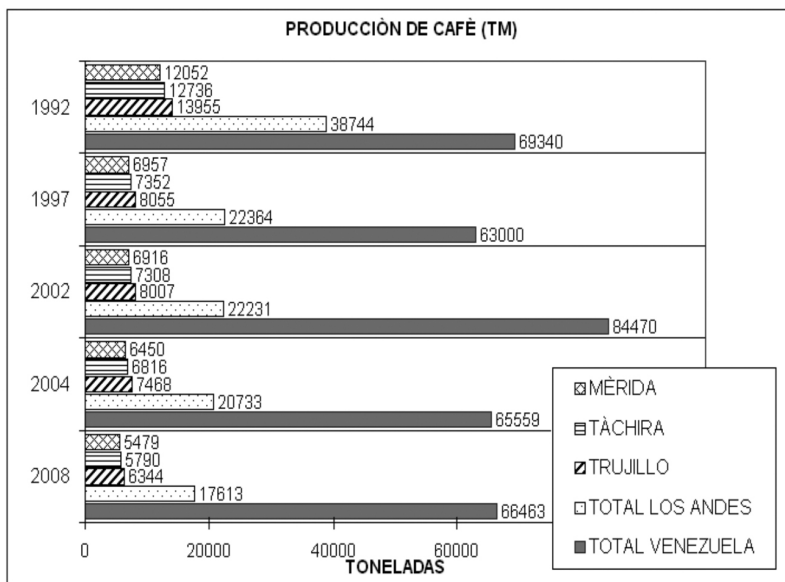
Fuentes: Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT) 2010.  
**VII Censo Agrícola.** Recuperado el 9 de junio del 2013 en <http://censo.mat.gob.ve/>  
 CORPOANDES. 2005. **Plan de Desarrollo Región Andina Estados Mérida, Táchira y Trujillo.**  
 Recuperado el 9 de junio del 2013 en:

[http://www.corpoandes.gov.ve/files/imagenes/file/descargas/gerencia\\_planificacion/Plan\\_de\\_Developmento\\_Regional.pdf](http://www.corpoandes.gov.ve/files/imagenes/file/descargas/gerencia_planificacion/Plan_de_Developmento_Regional.pdf)

## Notas:

1. Los datos de producción por estados, total Los Andes y total Venezuela de 2008 fueron obtenidos del VII Censo Agrícola Venezolano (MPPAT, 2010).
2. Los datos de producción por total Los Andes y total Venezuela de 1992, 1997, 2002 y 2004 fueron obtenidos del Plan de desarrollo región andina, estados Mérida, Táchira y Trujillo (CORPOANDES, 2005).
3. Los datos de producción por cada estado: Mérida, Táchira y Trujillo de 1992, 1997, 2002 y 2004, son estimaciones propias basadas en los datos regionales y nacionales reportados en CORPOANDES (CORPOANDES, 2005), y el VII Censo Agrícola Venezolano (MPPAT, 2010).

Venezuela durante 1992, 1997, 2002, 2004 y 2008.



Fuentes: Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT), 2010. *VII Censo Agrícola*. Recuperado el 9 de junio del 2013 en <http://censo.mat.gob.ve/>  
 CORPOANDES. 2005. *Plan de Desarrollo Región Andina Estados Mérida, Táchira y Trujillo*.  
 Recuperado el 9 de junio del 2013 en:  
[http://www.corpoandes.gov.ve/files/imagenes/file/descargas/gerencia\\_planificacion/Plan\\_de\\_Desarrollo\\_Regional.pdf](http://www.corpoandes.gov.ve/files/imagenes/file/descargas/gerencia_planificacion/Plan_de_Desarrollo_Regional.pdf)

**Anexo 4.** Descripción de las unidades litológicas encontradas en el área y textura edafológica asociada.

| <b>UNIDAD LITOLÓGICA</b>           | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>TEXTURA EDAFOLÓGICA</b>  | <b>PESO ASIGNADO</b> |
|------------------------------------|---|---|----------------------|
| COLÓN (Kc)                         | LUTITAS, MARGAS, ARENISCAS                                    | INCEPTISOLES Y VERTISOLES HIPODISTRÓFICOS ESTRUCTURA BLOCOSA        | 0,85                 |
| MUCUCHACHÌ (Pcm)                   | METARENISCAS, PIZARRAS, FILITAS                               | INCEPTISOLES Y ENTISOLES DISTRÓFICOS ESTRUCTURA BLOCOSA             | 0,7                  |
| AGUARDIENTE (Kn)                   | ARENISCAS CALACÁREAS, ARENISCAS CUARZOSAS                     | INCEPTISOLES HIPODISTRÓFICOS DE MODERADA PROFUNDIDAD Y PEDREGOSIDAD | 0,55                 |
| LA QUINTA (Jq)                     | ARENISCA GRUESA CONGLOMERÁTICA                                | INCEPTISOLES Y VERTISOLES HIPODISTRÓFICOS MUY PEDREGOSOS            | 0,4                  |
| CARVAJAL (Qpt) Y PEÑAS ALTAS (Kpa) | ARENAS Y GRAVAS MACIZAS, CONGLOMERÁTICAS, ARENISCAS CUARZOSAS | INCEPTISOLES DISTRÓFICOS MODERADA PROFUNDIDAD, ESTRUCTURA BLOCOSA   | 0,325                |
| BETIJOQUE-VICHÚ (Tmpbv)            | ARCILLAS MACIZAS CONGLOMERÁTICAS                              | INCEPTISOLES Y VERTISOLES HIPODISTRÓFICOS MUY PEDREGOSOS            | 0,25                 |
| SEDIMENTOS ALUVIALES (Qal)         | ARENAS Y GRAVAS SIN CONSOLIDAR                                | ENTISOLES HIPODISTRÓFICOS DE MODERADA PROFUNDIDAD, PEDREGOSOS       | 1                    |

Fuente: Código Estratigráfico de Venezuela, PDVSA (<http://www.pdv.com/lexico/lexicoh.htm>), Inventario Nacional de Tierras, extremo noroccidental de los Andes, COPLANARH 1975, Schargel, 2011.

