

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PARA RESTAURACIÓN DEL PAISAJE FORESTAL MEDIANTE EVALUACIÓN MULTICRITERIO EN MICROCUENCAS ANDINAS

Mapping of areas for forest landscape restoration using multi-criteria evaluation in andean micro-watersheds

Camargo Cristopher¹, Ovalles Yajaira², Dominguez Yorgelis³, Dugarte Yelsy⁴

¹Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Departamento de Ordenación de Cuencas Hidrográficas. ¹E-mail: ccamargoroa@gmail.com, ¹ORCID: 0000-0003-1867-4591. ²E-mail: ovallesyaja@gmail.com, ²ORCID: 0000-0001-8561-9053. ³E-mail: yorgelisd098@gmail.com, ³ORCID: 0009-0007-4215-2909. ⁴E-mail: yesydugarte@gmail.com, ⁴ORCID: 0009-0001-6094-835X.

Fecha de Recepción: 01/05/2026

Fecha de Aceptación: 22/05/2026

RESUMEN

La identificación de áreas prioritarias para la restauración del paisaje forestal (RPF) permite orientar recursos técnicos y financieros hacia sectores con mayor necesidad de intervención y mejor factibilidad operativa. El objetivo de esta investigación fue delimitar áreas prioritarias para la RPF en las microcuencas de las quebradas La Portuguesa y Montalbán, estado Mérida, Venezuela, mediante evaluación multicriterio integrada en sistemas de información geográfica. Se emplearon ocho criterios físico-naturales y socioeconómicos: cobertura y uso de la tierra, pendiente, agresividad climática, distancia a drenajes, distancia a vías, distancia a territorios artificializados, distancia a bosques y suelos. Los criterios fueron estandarizados bajo dos enfoques: booleano jerárquico, mediante sumatoria simple, y continuo, mediante sumatoria lineal ponderada con pesos derivados del Proceso Analítico Jerárquico de Saaty y consulta a expertos. Ambos modelos identificaron 1186,43 ha con potencial para RPF. El enfoque continuo discriminó una mayor proporción de prioridad máxima (456,87 ha; 38,51 %) y elevada (460,26 ha; 38,79 %), mientras que el booleano concentró 125,10 ha (10,54 %) en prioridad máxima y 387,09 ha (32,62 %) en prioridad elevada. Los resultados constituyen una base técnico-científica para planificar acciones de restauración, protección riparia y manejo conservacionista en microcuencas andinas sometidas a presión antrópica y riesgo hidromorfológico.

Palabras clave: Evaluación multicriterio, restauración del paisaje forestal, sistemas de información geográfica, microcuencas andinas, toma de decisiones.

ABSTRACT

Identifying priority areas for forest landscape restoration (FLR) helps direct technical and financial resources toward sites with greater restoration need and operational feasibility. This study aimed to delineate priority areas for FLR in the La Portuguesa and Montalbán micro-watersheds, Mérida State, Venezuela, through multi-criteria evaluation integrated into geographic information systems. Eight physical-natural and socioeconomic criteria were used: land cover and land use, slope, rainfall erosivity, distance to drainage network, distance to roads, distance to artificialized territories, distance to forests, and soils. The criteria were standardized using two approaches: a hierarchical Boolean model based on simple summation and a continuous model based on weighted linear combination, with weights obtained through Saaty's

Analytic Hierarchy Process and expert consultation. Both models identified 1,186.43 ha with potential for FLR. The continuous approach discriminated a larger area of maximum priority (456.87 ha; 38.51%) and high priority (460.26 ha; 38.79%), whereas the Boolean model classified 125.10 ha (10.54%) as maximum priority and 387.09 ha (32.62%) as high priority. The results provide a technical and scientific basis for planning restoration, riparian protection, and conservation management actions in Andean micro-watersheds subject to anthropic pressure and hydrogeomorphological risk.

Keywords: Multi-criteria evaluation, forest landscape restoration, geographic information systems, Andean micro-watersheds, decision-making.

INTRODUCCIÓN

La degradación de ecosistemas reduce de forma persistente la capacidad de proveer servicios ecosistémicos. En ellos se incluyen los de aprovisionamiento, como alimentos y agua; de regulación: control de inundaciones y epidemias; conservación de suelos; culturales: beneficios espirituales, recreativos; y los esenciales, como el ciclo de los nutrientes, que mantienen las condiciones para la vida en la Tierra (Chopra et al., 2005; Sabogal et al., 2015).

Las formas de degradación descritas impactan las cuencas hidrográficas al punto de mermar sus funciones fundamentales. Según Rosales y García (2015), esto se traduce en desmejora de la calidad del agua, alteración de los ciclos de regulación hídrica, pérdida de valor ecológico y afectación de las dinámicas socioeconómicas. Complementariamente, la FAO (2025) advierte que este deterioro funcional conlleva riesgos críticos como erosión y pérdida de productividad del suelo, sedimentación de cuerpos de agua, incremento de inundaciones por escorrentía, reducción de la recarga de acuíferos y degradación de la biodiversidad acuática.

La degradación de las cuencas hidrográficas y sus paisajes forestales está intrínsecamente ligada al crecimiento demográfico acelerado y al cambio de uso de la tierra (Ochoa et al., 2015; Rosales y García, 2015; WWF, 2020a). En el trópico, este fenómeno se manifiesta principalmente a través de la agricultura intensiva, practicada a menudo por comunidades vulnerables. Esto consolida un ciclo donde la pobreza y el deterioro ambiental actúan como variables directamente proporcionales que se intensifican de manera progresiva (Mejía y Vera, 2002).

El paisaje forestal se constituye como un mosaico de ecosistemas forestales y no forestales que integra arbolados, matorrales, pastizales, prados y sistemas agrosilvopastoriles, incluyendo terrenos yermos (Colmena et al., 2021; RAI, 2023). Su restauración busca fortalecer la resiliencia de las comunidades locales y optimizar su adaptación ante el cambio climático para elevar su calidad de vida. Asimismo, recuperar la funcionalidad ecosistémica fomenta la sensibilización social sobre los servicios ambientales, lo que agiliza el diseño y la ejecución de nuevas propuestas de restauración (UICN, 2022; RAI, 2023).

Los Andes venezolanos, y particularmente el estado Mérida, a pesar de ser valorado por su biodiversidad y su rol crucial en la producción de agua dulce, ha sufrido pérdidas significativas de cobertura forestal en sus cuencas hidrográficas (Pérez y Rangel, 2009). Este deterioro, sumado a la creciente presión demográfica, actividad industrial y deficiencias en los servicios públicos, ha acelerado la degradación ambiental, afectando directamente la calidad de vida de sus habitantes (Rojas, 2011).

Las microcuencas de las quebradas La Portuguesa y Montalbán, ubicadas en el municipio Campo Elías del estado Mérida, han experimentado modificaciones de cobertura vegetal desde 1990, principalmente por actividades agrícolas, ganaderas y residenciales. Sus secciones medias y bajas muestran vegetación secundaria, pastizales, arbustales y áreas intervenidas, mientras que remanentes de vegetación primaria persisten en sectores de mayor pendiente (Peña y Angulo, 2020a; 2020b). Además, la susceptibilidad a movimientos en masa, crecidas torrenciales y conflictos por uso del agua exige herramientas de planificación que permitan priorizar la intervención.

Este estudio busca identificar áreas prioritarias para la Restauración del Paisaje Forestal (RPF) en las microcuencas señaladas. La relevancia de estas radica, en primer lugar, en su función como sistemas hidrológicos que abastecen a importantes núcleos urbanos, periurbanos y rurales que han experimentado un crecimiento acelerado. En segundo lugar, estas presentan alta susceptibilidad a movimientos en masa y crecidas torrenciales, amenazas latentes potenciadas por fuertes pendientes, inestabilidad geológica, pérdida de cobertura boscosa y uso inadecuado del suelo (Peña, 2004; Cuervo, 2011). Evidencia de ello son los desbordamientos ocurridos entre 2020 y 2022, los cuales causaron pérdidas materiales e interrupción del suministro hídrico (Pabón, 2020, 2021; Guarache, 2021, 2022). Asimismo, el incremento del uso mixto de la tierra en las cabeceras advierte sobre futuros conflictos por el recurso hídrico, la expansión de asentamientos y el avance de la deforestación en áreas sin restricciones topográficas (Peña y Angulo, 2020a, 2020b).

Por lo anteriormente expuesto, esta investigación está dirigida al fomento de la RPF a partir de métodos de evaluación multicriterio (EMC), integrada a sistemas de información geográfica (SIG), lo que permitió combinar variables biofísicas y socioeconómicas, estandarizar criterios en escalas comparables y generar alternativas espaciales jerarquizadas para la toma de decisiones (Eastman, 2005; Gómez y Barredo, 2005; Tobón, 2013). El abordaje EMC se fundamenta en su utilidad para la toma de decisiones, ya que permite seleccionar, analizar y combinar múltiples criterios e indicadores. Esto facilita la generación de alternativas de solución jerarquizadas bajo un marco de análisis integral alineado con un objetivo específico (Tobón, 2013; Chávez et al., 2014). Asimismo, también tiene la capacidad de transformar distintas mediciones o percepciones en una escala única, facilitando la comparación de elementos y el establecimiento de prioridades (Arancibia et al., 2003).

En cuanto a los SIG, estos han demostrado ser herramientas potentes e innovadoras para desarrollar EMC. Su capacidad para integrar la compleja red de factores que definen el paisaje como usos del suelo, medios de vida y servicios ecosistémicos, permite fortalecer procesos de planificación y priorización de la RPF (Veluk et al., 2012; González et al., 2016).

En este contexto, la EMC consiste en asignar tierras para objetivos específicos según los atributos que estas posean (Eastman, 2005). Gracias a que evalúa la aptitud del territorio para diversas actividades, esta metodología es fundamental para diseñar modelos territoriales "óptimos" (Moreno et al., 2024).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Las microcuencas Montalbán y La Portuguesa se localizan en las parroquias Montalbán y Matriz (Mcpio. Campo Elías, estado Mérida, Venezuela). Montalbán abarca 14,30 km² y se ubica entre 8°32'44" - 8°38'38" N y 71°13'02" - 71°12'30" O; La Portuguesa ocupa 28,43 km², localizada entre 8°31'54" - 8°37'24" N y 71°14'03" - 71°16'43" O (Figura 1). El área presenta drenajes paralelos y dendríticos, clima tropical de sabana y bosques húmedos (Aw), régimen pluviométrico bimodal con

dos periodos lluviosos y dos secos y temperaturas medias entre 18 y 23 °C (Vivas, 1992; MPPA, 2011;CORPOANDES, 2014).

Geomorfológicamente predominan abanicos aluviales, taludes de socavamiento, vertientes modeladas por escurrimiento, escarpes y evidencias de movimientos en masa (Belandría et al., 2015; Alvarado et al., 2020). La zona de vida predominante es Bosque Húmedo Premontano, con transición hacia Bosque Seco Premontano en la parte baja de La Portuguesa (Ewel et al., 1968; CORPOANDES, 2014).

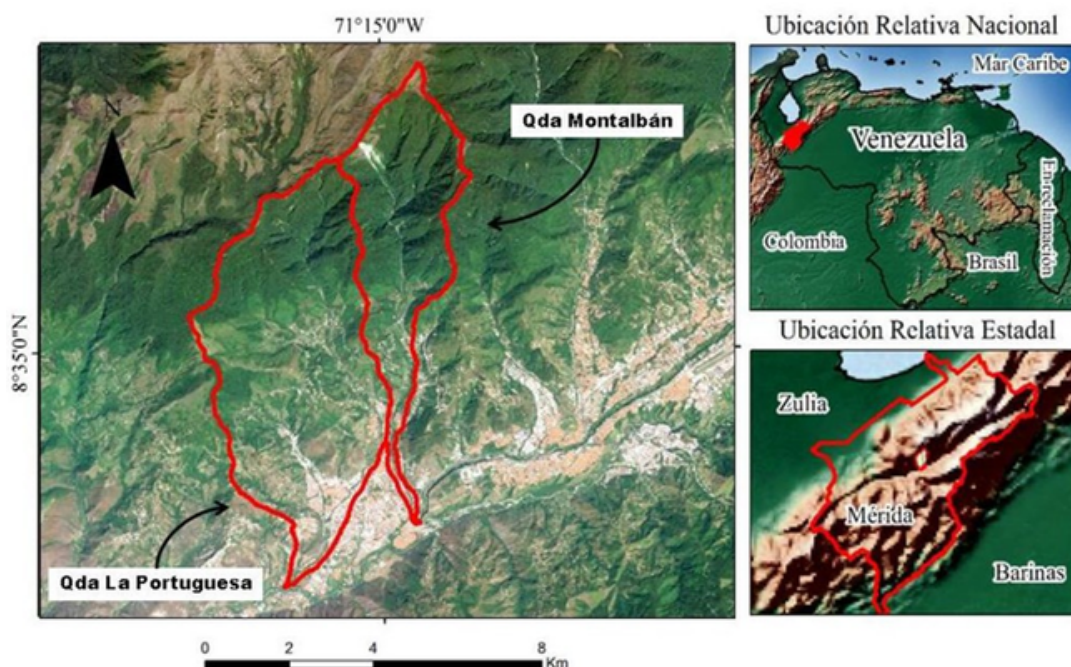


Figura 1. Ubicación geográfica de las microcuencas quebradas La Portuguesa y Montalbán. **Fuente:** Elaboración propia con base en los archivos del IGVSB-SIGOT y datos de Natural Earth (<https://www.naturalearthdata.com>).

Insumos cartográficos (Criterios)

Se integró una base de datos que describe la variación espacial de los criterios previamente identificados como los más relevantes y disponibles para el establecimiento de áreas para RPF. Para ello, se tomó en cuenta el impacto de ocho variables geográficas. A continuación, se presentan: (1) Coberturas y usos de la tierra (CUT); (2) Pendiente; (3) Precipitación (agresividad climática); (4) Distancia a drenajes; (5) Distancia a vías de comunicación; (6) Distancia a infraestructuras (territorios artificializados); (7) Distancia a bosques y (8) Suelos (Figura 2).

La variable CUT se obtuvo de la cartografía generada por Dugarte et al. (2025) a escala 1:15000, que cuenta con 27 categorías definidas a partir de la metodología Corine Land Cover (IDEAM, 2010). En lo que respecta a la pendiente, se derivó del modelo de elevación ALOS PALSAR de 12,5 metros de resolución espacial (JAXA, 2008; Saunier et al., 2010; Becerra et al., 2016), descargado gratuitamente del portal Alaska Satellite Facility's Vertex (<https://search.asf.alaska.edu/>).

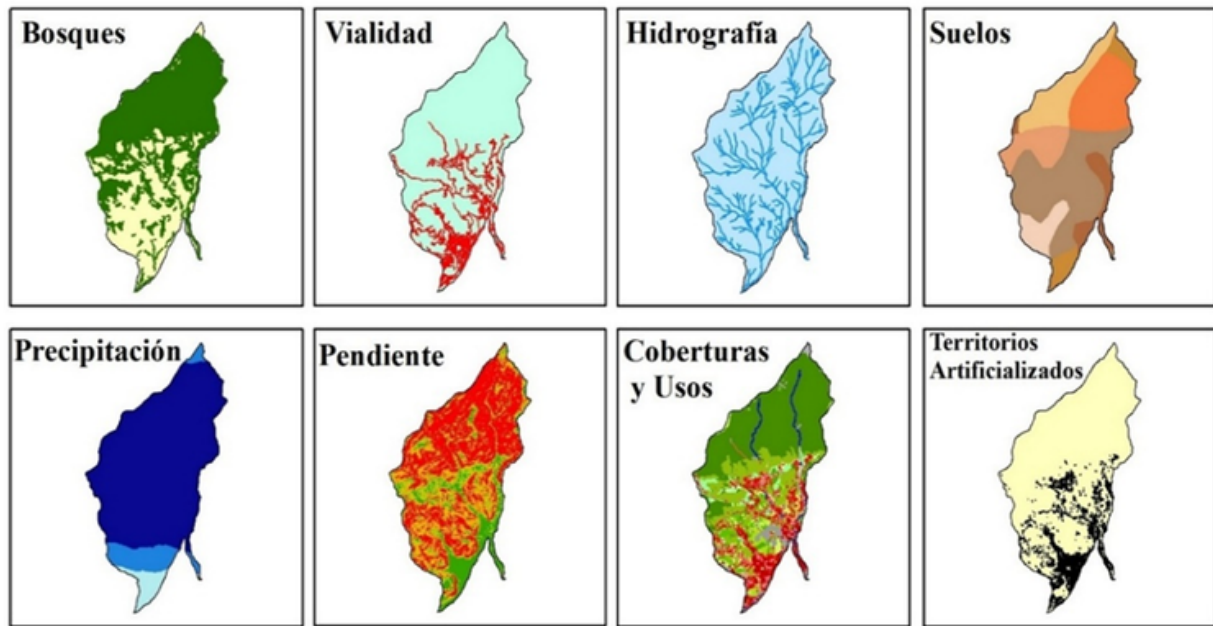


Figura 2. Capas de cada uno de los criterios. **Fuente:** Elaboración propia.

En cuanto a la agresividad climática, se emplearon datos de precipitación media mensual y anual (Martelo, 2003), que permitieron estimar erosividad de la lluvia a través del Índice Modificado de Fournier - IMF (Arnoldus, 1977) para así expresar cómo la tierra sufre el ataque de las fuerzas del clima (FAO et al., 1980). No se empleó el índice de Fournier original, dado que no considera que existen zonas cuyo régimen pluvial pueda presentar más de un pico mensual de precipitación (Muñoz et al., 2014). Posteriormente, se generaron superficies interpoladas de precipitación mensual, empleando IDW (Inverse Distance Weighting) y no Kriging, debido a que no se cumplen todos los supuestos para su utilización (Hämmerly et al., 2019). El resultado fue reclasificado con rangos definidos por Pacheco-Gil (2012).

Sobre las distancias a drenajes, vías, infraestructuras y bosques, se generaron a partir de las CUT, exceptuando drenajes, que fue confeccionada por medio de interpretación visual en pantalla de imágenes SAS Planet (SASGIS, 2021), con apoyo de cartografía base 1:25000 (Cartografía Nacional, 1975). A partir de ellas, se generaron distancias euclidianas. Finalmente, se empleó cartografía de suelos con información de clases texturales proveniente de los Sistemas Ambientales Venezolanos (M.A.R.N.R., 1983).

Todas las variables se normalizaron al sistema de coordenadas WGS 84, proyección geográfica UTM (REGVEN) Zona 19 Norte, en formato ráster con tamaño de píxel de 12,5 m, procesadas en el programa Qgis 3.44.8, SIG gratuito y de código abierto que permite crear, editar, visualizar, analizar y publicar información geoespacial (Temes y Moya, 2021).

Evaluaciones multicriterio

La EMC se estructuró en tres niveles: objetivo, criterios y alternativas. El proceso integró, mediante la regla de decisión, la jerarquización y priorización de las alternativas (evaluaciones) (Cardoso y Carñel, 2022). La identificación de áreas para RPF (objetivo) se realizó implementando dos enfoques que definen los criterios y sus alternativas: el primero, de variables booleanas denominadas "restricciones" (verdadero/falso), designadas por un sistema binario que sirve para delimitar zonas que no son adecuadas para su consideración.

Y el segundo, de variables continuas llamadas "factores", que expresan distintos grados de adecuación a una decisión considerada (Eastman, 2005; 2015).

Posteriormente, la regla de decisión se definió mediante selección heurística, cuyo propósito es identificar un subconjunto óptimo de alternativas (mejores áreas) dentro del conjunto global. Este enfoque se diferencia de la función de selección que las clasifica (apto/no apto). Las mismas se aplicaron a los criterios durante la evaluación (Gómez y Barredo, 2005) (Figura 3).

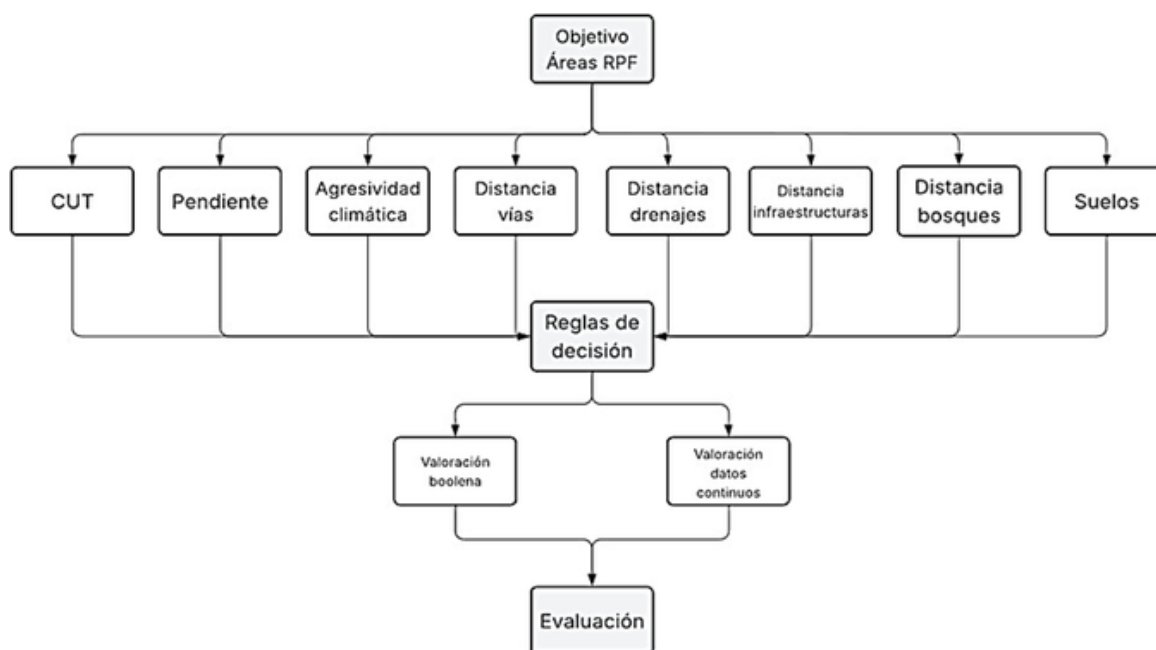


Figura 3. Esquema de metodología de EMC para la identificación de áreas para la RPF.

Definidos ambos enfoques, se determinaron los valores cuantitativos para las categorías de cada criterio. Este proceso se fundamentó en antecedentes bibliográficos y en el juicio de ocho (8) expertos en manejo de cuencas hidrográficas, consultados mediante encuestas. La estandarización de éstos consistió en asignar valores binarios (0 y 1) a las variables booleanas y valores en una escala de razón dentro del intervalo $[0, 1]$ para las continuas.

Posteriormente, se definieron los modelos de decisión para ambos enfoques. Para “restricciones”, se aplicó Sumatoria Simple sin ponderación (SS). Para “factores”, se implementó una Sumatoria Lineal Ponderada (SLP) basados en el juicio de los expertos y que consistió en asignar pesos obtenidos mediante el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) de Saaty (1990), el cual compara pares de factores (Tabla 1) para obtener vectores propios (a usar en la SLP) a través de una escala de medida de 1/9 a 9. A continuación se muestra la escala:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extrema	Fuerte	Moderada	Igual		Moderada		Fuerte	Extrema
Menos importante					Más Importante			

Tabla 1. Ponderaciones dadas por los expertos a partir de pares de Saaty (Ejemplo).

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
Criterio 1	1				
Criterio 2	9	1			
Criterio 3	7	1/3	1		
Criterio 4	3	1/5	1/9	1	
Criterio 5	1	1/7	1	9	1

Asignación de los valores booleanos

La asignación de valores de aptitud para la RPF en cada criterio se fundamentó en antecedentes bibliográficos (Tabla 2 y Figura 4). En el caso de CUT, se definieron como áreas de interés aquellas con cobertura vegetal insuficiente para proteger el suelo frente a la erosión (Pedroza et al., 2022); estas incluyen tierras desnudas y degradadas, arbustales, pastos, herbazales y vegetación secundaria. A estas se les asignó el valor 1, mientras que el resto recibió valor 0.

Tabla 2. Clasificación de valores para estandarizar los criterios booleanos.

Criterios	Alternativas				
CUT	Tierras desnudas y degradadas (1)	Herbazales (1)	Pastizales (1)	Vegetación secundaria y Arbustales (1)	Otras (0)
Suelos	Franco-arenoso (1)	Franco-arcillo-arenoso (1)	Franco, arcilloso y franco-arcilloso (1)	Arenoso y afloramiento rocoso (0)	
Agresividad climática	>120 muy alto (1)	100 - 120 alto (1)	80 - 100 moderado (0)	60-80 Bajo (0)	<60 muy bajo (0)
Pendiente	< 20 (0)	20 - 30 (1)	30 - 50 (1)	>50 (0)	-
Dist. Bosques	0 - 100 (1)	>100 (0)			
Dist. Vías	0 - 300 (1)	>300 (0)			
Dist. T. artificializados	0 - 300 (1)	>300 (0)			
Dist. Drenajes	0 - 80 (1)	>80 (0)			

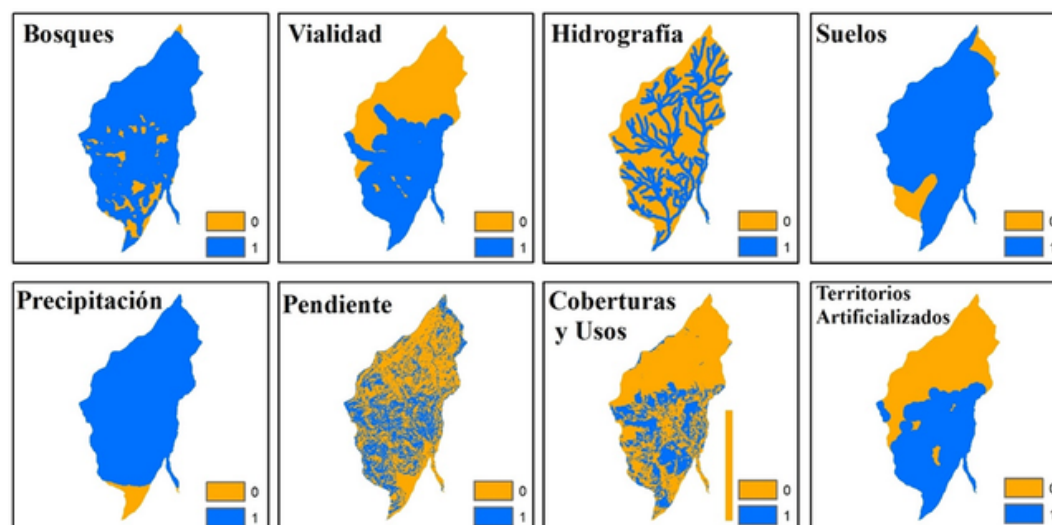


Figura 4. Capas reclasificadas en booleano, para su ejecución en el álgebra de mapas.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la pendiente, se seleccionó el rango del 20-50 % como óptimo para la restauración (valor 1), dado que su inclinación moderada favorece la creación de microclimas y condiciones edáficas propicias para el establecimiento de especies (Morgan, 2005; Bonan, 2008). Por el contrario, se excluyeron (valor 0) aquellas menores a 20 %, por no presentar riesgos críticos de erosión, y superiores a 50 %, debido a los elevados costos operativos que implican para planes de RPF. En relación con la agresividad climática, se asignó el valor 1 a zonas con IMF superior a 100 y 0 a aquellas con índice inferior a dicho umbral. Valores elevados de IMF indican precipitaciones intensas que incrementan el riesgo de degradación del suelo debido al potencial erosivo del impacto pluvial (Morgan, 2005).

En lo concerniente a los suelos, se consideraron dos propiedades estrechamente vinculadas al desarrollo vegetativo: la textura y la fertilidad. Un suelo con texturas equilibradas garantiza una capacidad óptima de retención de agua y nutrientes, factor que potencia la fertilidad y el crecimiento de las plantas (Michael et al., 2024). En el área de estudio, se identificaron clases texturales arcillosas, francas y mixtas (asignadas con valor 1) y áreas con materiales gruesos (afloramientos rocosos) y textura arenosa (asignadas con valor 0).

Por último, los criterios de bosques, vías, territorios artificializados y drenajes se procesaron mediante reclasificaciones de distancia euclidiana. Al primero, se asignó el valor 1 al rango de 0 a 100 m, fundamentado en el efecto de borde. Este fenómeno identifica a dichas franjas como áreas vulnerables a perturbaciones que alteran las condiciones microclimáticas y la estructura del ecosistema (Belinchón et al., 2007). En contraste, a las distancias superiores a 100 m se les otorgó el valor 0 (Pacheco et al., 2019), dado que su restauración es de poco interés o implica una mayor complejidad logística y financiera.

Para el segundo y tercer criterio, se asignó el valor 1 al rango de 0 a 300 m. Esta distancia se fundamenta, primero, en la accesibilidad logística proporcionada por la infraestructura vial, factor crítico para el éxito de RPF al optimizar el transporte de insumos, personal y el posterior monitoreo (Hidalgo et al., 2019; WWF, 2020b; Bannister et al., 2024). Segundo, este radio de acción busca mitigar los impactos del proceso de urbanización, tales como pérdida de biodiversidad, contaminación y el aumento de la temperatura. De igual modo, la restauración en estas franjas favorece la regulación del ciclo hidrológico, la mejora de la calidad del aire y la creación de espacios recreativos (Benayas et al., 2009; Chazdon et al., 2017).

En relación con el cuarto criterio (drenajes), se asignó el valor 1 a las áreas dentro de un rango de 0 a 80 m, mientras que distancias superiores se codificaron con valor 0, en cumplimiento con el marco legal vigente (Asamblea Nacional, 2007). La relevancia de esta variable estriba en la recuperación de la vegetación riparia, fundamental para estabilizar los márgenes de los cuerpos de agua, mitigar procesos de erosión y reducir la vulnerabilidad ante inundaciones (FAO, 2011).

Asignación de los valores continuos

El método continuo permite aplicar alternativas con rangos de aceptación más amplios a los criterios establecidos. Estos se evaluaron mediante valores continuos que oscilan entre 0 (nula importancia) y 1 (máxima prioridad) (Tabla 3 y Figura 5). Para el criterio CUT, tierras desnudas y degradadas representan la máxima prioridad (valor 1), dado que su exposición favorece la degradación del suelo (Morgan, 2005). El resto de las categorías: pastizales, herbazales, arbustales y vegetación en transición, recibieron ponderaciones de 0,75; 0,50 y 0,25.

Tabla 3. Clasificación de valores para estandarizar los criterios continuos.

Criterios	Alternativas				
CUT	Tierras desnudas y degradadas (1)	Herbazales (0,75)	Pastizales (0,50)	Vegetación secundaria y Arbustales (0,25)	Otras (0)
Suelos	Franco-arenoso (1)	Franco-arcillo-arenoso (0,66)	Franco, arcilloso y franco-arcilloso (0,33)	Arenoso y afloramiento rocoso (0)	
Agresividad climática	>120 muy alto (1)	100 -120 alto (0,66)	80 - 100 moderado (0)	60-80 Bajo (0)	<60 muy bajo (0)
Pendiente	< 20 (0,33)	20 - 30 (0,66)	30 - 50 (1)	>50 (0)	-
Dist. Bosques	0 - 100 (1)	100 - 200 (0,66)	200 - 500 (0,33)	>500 (0)	
Dist. Vías	0 - 300 (1)	300 - 500 (0,66)	500 - 1000 (0,33)	>1000 (0)	
Dist. T. artificializados	0 - 300 (1)	300 - 500 (0,66)	500 - 700 (0,33)	>700 (0)	
Dist. Drenajes	0 - 80 (1)	80 - 100 (0,66)	100 - 150 (0,33)	>150 (0)	

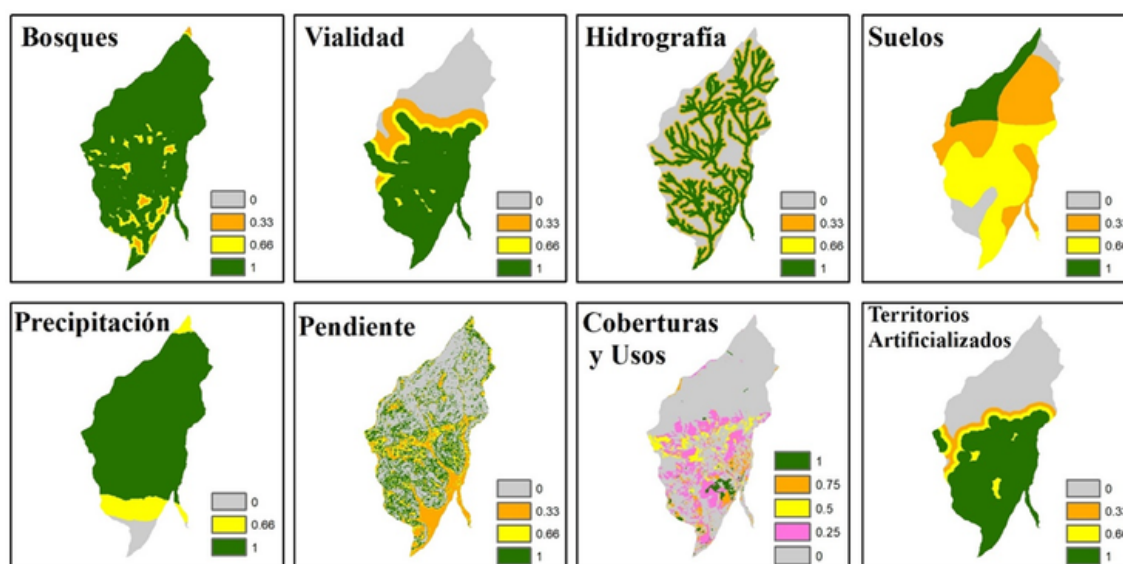


Figura 5. Capas reclasificadas de valores continuos para su ejecución en el álgebra de mapas.
Fuente: Elaboración propia.

Para las variables bosques, vialidad y territorios artificializados, las distancias calificadas con valor 1 coinciden con las del método booleano. La diferencia radica en que las alternativas fueron ponderadas con valores de 0,66 y 0,33, siguiendo la propuesta de Pacheco et al. (2019). Para el IMF, de acuerdo con lo establecido por Pacheco-Gil (2012), se fijaron rangos con valores por encima de 0, al IMF alto un valor de 0,66 y al muy alto, valor 1. Con respecto a la pendiente, se determinó como más importante, aquellas entre 30 % – 50 % (valor 1). Para el rango 0 – 30 % (0,66) y para < 20 % (0,33), de acuerdo con lo establecido por Pacheco et al. (2019). En la variable hidrografía, se ampliaron los rangos de distancias aceptables, desde las márgenes hasta los 150 m de distancia, siendo 0 – 80 m la de mayor interés (valor 1), por la necesidad de conservación de los drenajes (Asamblea Nacional, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Definidos los parámetros en booleano (valores 0, 1) para cada una de los ocho criterios, se ejecutó la ecuación de sumatoria simple en la calculadora de mapas (Ecuación 1), obteniéndose a partir de ella la cartografía de áreas jerárquicas (Figura 6a), la cual cuenta con 8 categorías, donde los valores más altos indican las áreas más propicias para la RPF, bajo este enfoque.

$$RPF_{ss} = \text{Suelos} + T. \text{Artificializados} + \text{Pendiente} + \text{Drenajes} + IMF + \text{Vialidad} + \text{Bosque} + \text{CUT} \quad (1)$$

De igual modo, la apreciación de los expertos en las ponderaciones de los criterios para el enfoque continuo jugó un rol importante en la definición del PAJ. En este caso se construyó una matriz en la que se establecieron pesos de acuerdo con el nivel de importancia relativa de cada variable y sus componentes (Tabla 4). Las comparaciones realizadas fueron validadas con el rango de consistencia (CR), el cual debe ser inferior al 10 %. Para este caso se obtuvo un CR satisfactorio de 5,23 %.

Tabla 4. Ponderaciones dadas por los expertos a partir de pares de Saaty.

	Suelos	Dist. T. Artificializados	Pendiente	Dist. drenajes	Agresividad climática	Dist. vías	Dist. Bosques	CUT	VECTOR PROPIO
Suelos	1								0,0547
Dist. T. Artificializados	5	1							0,2146
Pendiente	3	1/3	1						0,1344
Dist. drenajes	1	1/5	1/3	1					0,0464
Agresividad climática	1	1/3	1	3	1				0,1049
Dist. vías	7	3	5	7	3	1			0,3720
Dist. Bosques	1	1/3	1/5	1	1/3	1/5	1		0,0502
CUT	1/3	1/5	1/9	1/3	1/5	1/9	1/3	1	0,0227
CR	5,23%	< 10%							1,0000

Definidos los valores propios de los diferentes pares de Saaty, se procesaron en el álgebra de mapas de la siguiente manera (Ecuación 2), para obtener la cartografía (Figura 6b).

$$RPF_{PAJ} = (\text{Suelos} * 0,0547) + (T. \text{Artificializados} * 0,2146) + (\text{Pendiente} * 0,1344) + (\text{Drenaje} * 0,0464) + (IMF * 0,1049) + (\text{Vialidad} * 0,3720) + (\text{Bosque} * 0,0502) + (\text{CUT} * 0,0227) \quad (2)$$

Posteriormente, sobre ambos productos fueron extraídas las áreas concernientes a las categorías herbazales y arbustales densos y abiertos, pastos limpios y arbolados, tierras desnudas y degradadas y vegetación secundaria y en transición (existente en la cartografía de CUT) a través de una máscara (ESRI, 2021), con el propósito de determinar las prioridades de RPF (áreas donde podrían sugerirse medidas de RPF). Este procedimiento generó la reducción de ocho a seis categorías para el enfoque booleano y el mantenimiento de las 8 categorías en el enfoque continuo (Figura 6a y 6b).

Los resultados finales, según la Tabla 5, indican una diferencia sustancial en la identificación de áreas de máxima prioridad, siendo 10,54 % (125,1 ha) para el método booleano y 38,51 % (456,87 ha). De igual modo, se encontró una diferencia en la categoría elevada, donde el método continuo indicó 38,79 % (456,87 ha), siendo mayor al booleano que presentó 32,62 % (387,09 ha). De forma

inversa, se encontró una mayor proporción en el método booleano para la categoría notable con 29,52 % (350,31 ha) en contraposición al continuo que denotó 13,26 % (157,34 ha). Resultados en las categorías medio-baja y medio-alta fueron mayores para el booleano. Finalmente, categorías nula y mínima en conjunto no superan el 2 % en el método continuo.

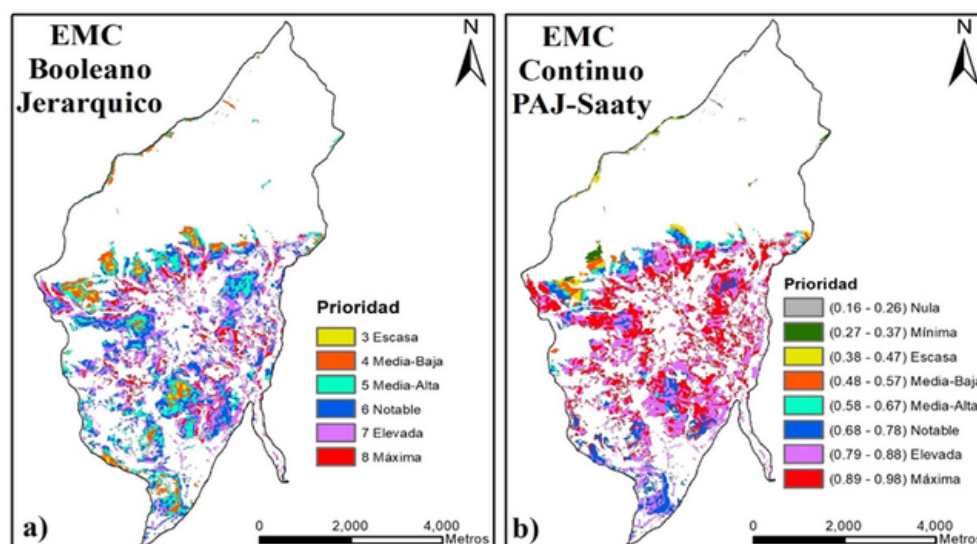


Figura 6. Capas reclasificadas de valores continuos para su ejecución en el álgebra de mapas. **Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 5. Áreas de prioridades de RPF en hectáreas y porcentajes.

Prioridad	Booleano Jerárquico (ha)	Porcentaje	Continuo PAJ (ha)	Porcentaje
Nula	0	0,00	8,5	0,72
Mínima	0	0,00	16,23	1,37
Escasa	13,73	1,15	22,14	1,87
Medio-Baja	109,22	9,20	26,31	2,22
Medio-Alta	201,03	16,94	38,78	3,27
Notable	350,09	29,52	157,34	13,26
Elevada	387,09	32,62	460,26	38,79
Máxima	125,10	10,54	456,87	38,51
TOTAL	1186,43	100	1186,43	100

Los resultados confirman que la EMC integrada a SIG permite ordenar espacialmente áreas de restauración a partir de criterios heterogéneos y juicio experto. La mayor concentración de prioridad en sectores intervenidos y próximos a vías, drenajes e infraestructuras expresa una condición común de las microcuencas andinas: la degradación se asocia a accesibilidad, presión de uso y pérdida de cobertura protectora. A la vez, la cercanía a vías puede favorecer la implementación, seguimiento y mantenimiento de medidas de restauración.

La comparación metodológica muestra diferencias relevantes. El enfoque booleano simplifica la decisión y facilita la comunicación con gestores locales, pero reduce la variabilidad interna de los criterios. El enfoque continuo basado en el Proceso Analítico Jerárquico, por su parte, representa mejor la transición gradual entre condiciones de prioridad, integra la importancia relativa de cada variable y permite reconocer áreas que no serían seleccionadas bajo restricciones binarias estrictas. Esta diferencia explica la mayor superficie clasificada como máxima y elevada en el modelo continuo.

Los resultados confirman que la EMC integrada a SIG permite ordenar espacialmente áreas de restauración a partir de criterios heterogéneos y juicio experto. La mayor concentración de prioridad en sectores intervenidos y próximos a vías, drenajes e infraestructuras expresa una condición común de las microcuencas andinas: la degradación se asocia a accesibilidad, presión de uso y pérdida de cobertura protectora. A la vez, la cercanía a vías puede favorecer la implementación, seguimiento y mantenimiento de medidas de restauración.

La comparación metodológica muestra diferencias relevantes. El enfoque booleano simplifica la decisión y facilita la comunicación con gestores locales, pero reduce la variabilidad interna de los criterios. El enfoque continuo basado en el Proceso Analítico Jerárquico, por su parte, representa mejor la transición gradual entre condiciones de prioridad, integra la importancia relativa de cada variable y permite reconocer áreas que no serían seleccionadas bajo restricciones binarias estrictas. Esta diferencia explica la mayor superficie clasificada como máxima y elevada en el modelo continuo.

La selección de criterios constituye una fuente central de incertidumbre. Como señalan Gómez y Barredo (2005), el resultado de una EMC depende de las variables incluidas, su calidad espacial y la forma de estandarización. En este estudio, la disponibilidad de datos gratuitos y cartografía existente permitió construir un modelo replicable (con 8 criterios); sin embargo, la validación de campo sigue siendo necesaria para confirmar restricciones locales, tenencia, condiciones de acceso, presencia de especies invasoras y aceptación comunitaria.

En este orden de ideas, cabe destacar que una EMC puede ejecutarse con pocos criterios, como demuestran Mastrandrea y Ángeles (2021), quienes emplearon solo tres variables que, al ser significativas y no redundantes, cubrían integralmente el problema.

Finalmente, el análisis de los resultados permitió identificar y espacializar las áreas prioritarias para la RPF. En primera instancia, se observó una relación directa entre criterios como cobertura vegetal, pendiente, suelo y precipitación. Estos hallazgos coinciden con lo esperado en las zonas periféricas a asentamientos poblacionales, las cuales presentan una mayor vulnerabilidad ante intervenciones antrópicas carentes de manejo conservacionista. En segunda instancia, la integración y contraste de los criterios analizados pone de manifiesto la naturaleza multifactorial de la problemática ambiental en el área de estudio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las metodologías de EMC, combinadas con SIG y productos de sensores remotos, permitieron identificar 1186,43 ha con potencial para la restauración del paisaje forestal en las microcuencas La Portuguesa y Montalbán. El modelo continuo basado en el Proceso Analítico Jerárquico, ofreció mayor discriminación de prioridad que el booleano, al clasificar 917,13 ha en prioridad máxima y elevada.

El uso de ocho criterios permitió integrar condiciones ecológicas, hidrogeomorfológicas y operativas. La vialidad, los territorios artificializados, la pendiente y la agresividad climática tuvieron influencia relevante en el modelo continuo, mientras que las distancias a drenajes y bosques aportaron criterios de protección y conectividad funcional.

Estas metodologías no solo facilitan la toma de decisiones, sino que también permiten el diseño de medidas estratégicas para su implementación. Es necesario acotar que, los métodos propuestos en

esta investigación deben considerarse como una guía adaptable y no como un esquema rígido, ya que cada territorio presenta particularidades que requieren ajustes en los criterios, escalas y enfoques de evaluación.

Asimismo, la validación en terreno de los resultados es imperativa para consolidar planes de gestión que respondan con precisión a la realidad del área de estudio. Se recomienda, por lo tanto, validar en campo las áreas de prioridad máxima y elevada, incorporar variables de tenencia y factibilidad social, y coordinar acciones entre instituciones públicas, Universidad de Los Andes y comunidades locales. También se recomienda profundizar la caracterización del sector correspondiente al Parque Nacional Sierra de la Culata dentro del área de estudio, aunque las áreas de máxima prioridad identificadas no se localizaron en su interior.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de los Andes (Mérida, Venezuela), en especial al Departamento de Ordenación de Cuencas Hidrográficas, por el respaldo institucional brindado. Asimismo, se agradece la valiosa colaboración y el suministro de información de los profesores MSc. Wilder Rivas, Karina Peña y Silania Savedra. Finalmente, hacemos extensiva nuestra gratitud a los árbitros y al Comité Editorial de la Revista Agricultura Andina por sus valiosos aportes y observaciones, los cuales contribuyeron a la mejora del presente manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, M., Aranguren, R., Ramírez, N., Audemard, F., Laffaille, J. (2020). *Cartografía de las fallas activas en el área metropolitana de Mérida con fines de microzonificación sísmica*. Geominas, 48(81).
- Arancibia, S., Contreras, E., Mella, S., Torres, P., Villablanca, I. (2003). *Evaluación Multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva*. Memoria de Ingeniería Civil Industrial Universidad de Chile: Santiago, Chile. <https://www.dii.uchile.cl/publicaciones/evaluacion-multicriterio-aplicacion-para-la-formulacion-de-proyectos-de-infraestructura-deportiva/>.
- Arnoldus, H. (1977). *Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco*. En: Assessing Soil Degradation - FAO Soils Bulletin 34. Roma, Italia: FAO.
- Asamblea Nacional. (2007). *Ley de aguas*. Gaceta Oficial 35.595. Caracas.
- Bannister, J., Ovalle, J., Vargas-Gaete, R., Claramunt, V. (2024). *Reforestación de Ecosistemas Forestales*. Editorial Universitaria.
- Becerra, L., Matiz, C., Ariza, O., Borda, D., Medina, J. (2016). *Aplicación de imágenes de satélite y de sistemas UAV para la producción de guayaba en la provincia de Vélez, Santander*. UD y la Geomática. 11. 46-53.
- Belandría, N., Bongiorno, F., Rivas, D., Moreno, S. (2015). *Mapa de Riesgo Geotécnico con Fines de Urbanismo en la Vía de Mérida-Jají, Estado Mérida*. In From Fundamentals to Applications in Geotechnics (pp. 2948-2956). IOS Press.
- Belinchón, R., Martínez, I., Escudero, A., Aragón, G., Valladares, F. (2007). *Edge effects on epiphytic communities in a Mediterranean Quercus pyrenaica forest*. Journal of Vegetation Science, 18: 81-90. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2007.tb02518.x>.
- Benayas, J., Bullock J., Newton, A. (2009). *Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis*. Science, Aug 28;325(5944):1121-4. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1172460>.
- Bonan, G. (2008). *Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests*. Science, 320 (5882), 1444-1449. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1155121>.
- Cardoso, M., Carñel, G. (2022). *Planificación urbana: evaluación multicriterio para nuevas localizaciones de centros de salud en Santa Fe*. Cuadernos de Vivienda y Urbanismo, 15. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu15.puem>.
- Cartografía Nacional. (1975). *Mapas topográficos*. Hojas 5941-I-SO Ejido, 5941-I-NO-Mérida, 5941-IV-SE San Juan y 5941-IV-NE La Carbonera, Venezuela.
- Chávez, H., González, M., Hernández, P. (2014). *Metodologías para identificar áreas prioritarias para conservación de ecosistemas naturales*. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 6 (27): 8-23. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i27.277>.

- Chazdon, R., Brancalion, P., Lamb, D., Laestadius, L., Calmon, M., Kumar, C. (2017), *A Policy-Driven Knowledge Agenda for Global Forest and Landscape Restoration*. Conservation Letters, 10: 125-132. <https://doi.org/10.1111/conl.12220>.
- Chopra, K., Leemans, R., Kumar, P., Simons, H. (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Policy Responses*. Volume 3. Island Press, Washington, D.C.
- Colmena, G., Colomina, D., Melero, M., Peiteado, C., Rodríguez, G. (2021). *Manual de restauración forestal*. WWF, Madrid. España.
- CORPOANDES. (2014). *Dossier municipal, Campo Elías*. Directorio de la Corporación de los Andes. Mérida.
- Cuervo, V. (2011). *Flujos de detritos y otros procesos hidrogeomorfológicos en dos cuencas de los Andes centrales venezolanos: una contribución a la zonificación de amenazas en abanicos aluviales. Trabajo para optar al título de Msc. en Manejo de Cuencas*. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- Dugarte, Y., Dominguez, Y., Camargo, C., Ovalles, Y. (2025). *Determinación de cobertura y uso de la tierra en las microcuencas de las quebradas la portuguesa y Montalbán, estado Mérida, Venezuela 2022*. Revista Forestal Venezolana, 67 (núm. especial), 65-86.
- Eastman, J. (2005). *Multi-criteria evaluation GIS*. En: Longley, P., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. y Rhind, D. W. (eds) Geographical information systems. 2nd ed. New York / Toronto: Wiley, 2005, pp. 493–502.
- Eastman, J. (2015). *TerrSet tutorial*. Clark Labs, Clark University: Worcester, MA, EE. UU.
- Environmental Systems Research Institute - ESRI. (2021). *Extraer por máscara*. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/extract-by-mask.htm>.
- Ewel, J. Madriz, A., Tosi, J. (1968). *Zonas de Vida de Venezuela, memoria explicativa sobre el mapa ecológico*. Caracas: MAC-FONAIAP. 270 P.
- Food and Agriculture Organization - FAO. (2011). *Los bosques y el agua*. FAO. <https://www.fao.org/4/i0410s/i0410s00.pdf>.
- Food and Agriculture Organization - FAO. (2025). *Gestión de Cuencas Hidrográficas Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS)*. Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/watershed-management/basic-knowledge/es/>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - UNESCO. (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Food & Agriculture Organization.
- Gómez, M., Barredo, C. (2005). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Ediciones Ra-Ma. Madrid – España. 279 p.
- González, M., Plascencia, F., Martínez, T. (2016). *Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapan-Zacatlán*. Madera y bosques, 22(2): 41-52. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2221323>.

Guarache, A. (14 octubre, 2022). *Afectadas 36 viviendas y vialidad en Mérida por las lluvias*. Últimas Noticias. <https://ultimasnoticias.com.ve/noticias/general/afectadas-36-viviendas-y-vialidad-en-merida-por-las-lluvias/>.

Guarache, A. (20 agosto, 2021). *Afectados por lluvias cuatros municipios del estado Mérida*. Últimas Noticias. <https://ultimasnoticias.com.ve/noticias/pulso/afectados-por-lluvias-cuatros-municipios-del-estado-merida/>.

Hämmerly, R., París, M., Paz, A. (2019). *Assessment of domain areas for precipitation and evapotranspiration on the left bank of the Paraná Watershed at Argentine territory. I: Thiessen polygons and kriging*. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*. Revista de Xeoloxía Galega e do Hercínico Peninsular, 41: 75–97. <https://doi.org/10.17979/cadlaxe.2019.41.1.5818>.

Hidalgo, D., Scorza, F., Sánchez, G., Artavia, R., Feoli, S. (2019). *Guía para la aplicación de protocolo de reforestación para la rehabilitación y mantenimiento en las áreas de protección y de la Gran Área Metropolitana, Costa Rica*. Naciones Unidas Para el Desarrollo (PNUD). MINAE/GEF. <https://huelladelfuturo.cr/sites/default/files/2020-07/guia-reforestacion-gam.pdf>.

Instituto De Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Bogotá D.C. Colombia. IDEAM. https://www.corpocesar.gov.co/files/Ref_UnicoyPersistente/Corine_Land_Cover.pdf.

International Union for Conservation of Nature - UICN. (2022). *Fortalecimiento de la Resiliencia de los Medios de Vida ante el Cambio Climático en las Cuencas Altas del Altiplano de Guatemala*. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. <https://fcg.org.gt/documentos/AltiplanoResiliente/PPDCuartoCiclo/Anexo22ROAMMotagua.pdf>.

Japan Aerospace Exploration Agency - JAXA. (2008). *ALOS Data Users Handbook Revision C*. Earth Observation Research and Application Center Japan Aerospace Exploration Agency. 158 p.

Martelo, M. (2003). *La precipitación en Venezuela y su relación con el sistema climático*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Dirección General de Cuencas Hidrográficas. Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología. Caracas, Venezuela.

Mastrandrea, A., Ángeles, G. (2021). *Evaluación Multicriterio aplicada a la determinación de escenarios*. Cuadernos Geográficos, 60(1): 181-202. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i1.15337>.

Mejía, J., Vera, M. (2002). *Evaluación de la productividad y el riesgo de erosión como base para el manejo sostenible de los suelos, en la microcuenca del río Zarzales, estado Mérida - Venezuela*. Revista Geográfica Venezolana, 43(2): 237 – 254.

Michael, T., Clark, M., Hoover, E., Irish, L., Smith, A., Tepe, E. (2024). *The science of plants-understanding plants and how they grow*. University of Minnesota. LibreTexts.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - MARNR. (1983). *Sistemas Ambientales Venezolanos. Regiones naturales: 7B Andes Venezolanos*. Proyecto Ven/79/001, Código II-2-7B. Proyecto VEN/79/001. Caracas. Venezuela.

Ministerio del Poder Popular para El Ambiente - MPPA. (2011). *Estaciones meteorológicas*. Datos mensuales de precipitación (mm). Dirección general de cuencas. Dirección de hidrología y meteorología.

Moreno, I.; Pineda, N., Némiga, X., Manzano, L. (2024). *Evaluación Multicriterio y SIG para ubicar zonas con aptitud acuícola en la región Camaronícola de Nayarit, México*. Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG). 16(30) Sección I:1-21.

Morgan, R. (2005). *Soil Erosion & Conservation*. Third Edition. National Soil Resources Institute, Cranfield University. Blackwell Publishing.

Muñoz, J., Morante, J., Miranda, P. (2014). *Erosión potencial por reconversión productiva en subcuenca Llay-Llay, Chile. aplicación de unidades de respuesta a la erosión*. Ciencia y Tecnología, 7 (2): 35-47. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.138>.

Ochoa, J., Uzcátegui, G., Rosales, A., Córdova, J., Buroz, E., López, J. (2015). *Agenda para la investigación y formación de recursos humanos para el aprovechamiento integral del agua*. En: Agua en Venezuela: una riqueza escasa, editado por Arnoldo Gabaldón, Aníbal Rosales, Eduardo Buroz, José Córdova, Germán Uzcátegui y Laila Iskandar, 949-982. Venezuela: Fundación Polar.

Pabón, R. (2020, 19 de noviembre). *Crecida excepcional de quebrada la portuguesa dejó viviendas afectadas y puentes colapsados en parroquia Montalbán*. Notiandes. <https://www.notiandes24.com.ve/2020/11/crecida-excepcional-de-quebrada-la.html>.

Pabón, R. (2021, 24 de agosto). *Alcaldía del Municipio Campo Elías abocada a atender emergencias tras permanencia de lluvias en la entidad*. Reporteros de Mérida. <http://www.reporterosdemerida.com.ve/2021/08/alcaldia-del-municipio-campo-elias.html>.

Pacheco, C., Camargo, C., Hernández, D. (2019). *Selección de áreas a restaurar mediante análisis multicriterio*. Curso: Taller teórico práctico de selección de áreas a restaurar (25 al 29 de noviembre de 2019). En: Proyecto “Ordenación Forestal Sustentable y Conservación de Bosques en la Perspectiva Ecosocial (GCP/VEN/011/GFF)”, FAO. Caracas – Venezuela.

Pacheco-Gil, H. (2012). *El índice de erosión potencial en la vertiente norte de Waraira Repano, estado Vargas, Venezuela*. Cuadernos de Geografía, 21 (2): 85-97 <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/32215/32865>.

Pedroza, E., Velásquez, M., Pedroza, A., Sánchez, I., Yáñez-Chávez, L. (2022). *The impact of vegetation cover on soil erosion and soil deposition due to runoff*. Ingeniería Agrícola y Biosistemas, 14(1), 17-31. <http://dx.doi.org/10.5154/r.inagbi.2021.12.135>.

Peña, K. (2004). *Valoración económica del servicio ambiental, protección del recurso hídrico del municipio Campo Elías*. Universidad de los Andes. Mérida -Venezuela.

Peña, K., Angulo, F. (2020a). *Ficha descriptiva “Caracterización Socio ambiental Básica” Subcuenca hidrográfica quebrada Montalbán*.

Peña, K., Angulo, F. (2020b). *Ficha descriptiva “Caracterización Socio ambiental Básica” Subcuenca hidrográfica quebrada La Portuguesa*.

Pérez, A., Rangel, M. (2009). *Propuesta para la declaratoria de la ciudad de Mérida-Venezuela como “reserva de biosfera en ambiente urbano”*. Revista Provincia, 21: 21-42.

Real Academia de Ingeniería - RAI. (2023). *Paisaje Forestal*. <https://diccionario.raing.es/es/lema/paisaje-forestal>.

Rojas, A. (2011). *Calidad de vida, calidad ambiental y sustentabilidad como conceptos urbanos complementarios*. Revista Venezolana de Sociología y Antropología, 21(61): 176-207.

Rosales, A., García, P. (2015). *Las cuencas hidrográficas y su gestión integral*. En: Agua en Venezuela: una riqueza escasa, editado por Arnoldo Gabaldón, Aníbal Rosales, Eduardo Buroz, José Córdova, Germán Uzcátegui y Laila Iskandar, 867-914. Venezuela: Fundación Polar.

Saaty, T. (1990). *Decision making for Leaders. The Analytic Hierarchy Process for decision in a complex world*. University of Pittsburgh. RWS Publications. Pittsburgh, PA. USA. 292 p.

Sabogal, C., Besacier, C., McGuire, D. (2015). *Restauración de bosques y paisajes. Conceptos enfoques y desafíos que plantea su ejecución*. Revista internacional sobre bosques y actividades e industrias forestales, Unasylva, 66(245): 3-11.

SASGIS. (2021). *SAS. Planet*. <https://www.sasgis.org/sasplaneta/>.

Saunier, S., Goryl, P., Chander, G., Santer, R., Bouvet, M., Collet, B., Mambimba, A., Kocaman, S. (2010). *Radiometric, Geometric, and Image Quality Assessment of ALOS AVNIR-2 and PRISM Sensors*. Ieee Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 48, (10): 3855 – 3866.

Temes, R., Moya, A. (2021). *QGIS aplicado al urbanismo*. Ra-Ma editorial.

Tobón, W. (2013). *Análisis multicriterio. Taller: información sobre biodiversidad para la conservación medioambiental*. CONABIO. <https://www.recibio.net/wp-content/uploads/2012/11/AnalisisMulticriterio-Wolke.pdf>.

Veluk, F., Camino, R., Imbach, A. (2012). *Mapeo de áreas prioritarias para la restauración del paisaje forestal y mejora de los medios de vida de comunidades rurales en el altiplano de San Marcos, Guatemala*. Bois et forets des tropiques, 313(3). <https://doi.org/10.19182/bft2012.313.a20498>.

Vivas, L. (1992). *Los Andes Venezolanos*. Academia Nacional de la Historia. Caracas- Venezuela. 250 p.

World Wildlife Fund - WWF. (2020a). *¿Por qué los Andes son esenciales para nuestra salud y la del planeta?*. <https://www.wwf.org.co/?364410/Por-que-los-Andes-son-esenciales-para-nuestra-salud-y-la-del-planeta>.

World Wildlife Fund - WWF. (2020b). *Lineamientos de infraestructura verde vial para Colombia*. Minambiente. FCDS. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/07/24.-Lineamientos-de-infraestructura-verde-vial-para-Colombia.pdf>.