

Maestría en Ingeniería Civil

Generación de lineamientos técnicos, socioeconómicos y sociopolíticos para la obtención de un municipio PDET priorizado para riego

Rosa Cristina Salazar Casallas

Bogotá, D.C., 18 de junio de 2021



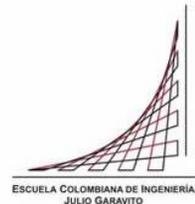
Generación de lineamientos técnicos socioeconómicos y sociopolíticos para la obtención de un municipio PDET priorizado para riego

Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente

MSc, Ph.D., Germán Ricardo Santos Granados
Director

MSc, Ph.D., Sandra Milena Guzmán Gutierrez
Codirectora

Bogotá, D.C., 18 de junio de 2021



La tesis de maestría titulada “Generar lineamientos técnicos, socioeconómicos y sociopolíticos para la obtención de un municipio PDET priorizado para riego”, presentada por Rosa Cristina Salazar Casallas, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.

Germán Ricardo Santos Granados

Director de la tesis

Sandra Milena Guzmán Gutierrez

Codirectora de la tesis

Germán Eduardo Acero Riveros

Jurado

Bogotá, D.C., 18 de junio de 2021

Dedicatoria

A mi familia y amigos.

Agradecimientos

A mis padres por su amor y apoyo, igualmente a mi hermana Ludy por su amor, apoyo y soporte.

A Antonia por ser ella, una parte de mi vida y la pequeña que me dio la oportunidad de ser madre.

A Juan Camilo por ser mi apoyo constante sentimental como técnico, y por permitirme descubrir que nuestra libertad es lo que nos hace más allá de una pareja, un equipo.

A la Ing. Sandra Guzmán por creer, ser mi guía incondicional, asesora excepcional, acertada codirectora y por tantos años de amistad.

Al Ing. Germán Santos por su apoyo constante en los diferentes temas propuestos de tesis durante años, por su asesoría y acertada dirección.

Al Ing. Germán Acero por sus orientaciones y dedicación que permitieron enriquecer el trabajo desarrollado.

Resumen

Este documento describe los lineamientos para la obtención de un municipio priorizado para riego, dentro de las zonas priorizadas por el posconflicto. Para tal fin, se desarrolló una evaluación con respecto a los siguientes aspectos: **aspecto sociopolítico** el cual describe la problemática entre conflicto armado, procesos de paz y distribución de tierras. Se utilizó como criterio de selección la priorizaron los territorios más afectados por el conflicto a través de Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET). El **aspecto técnico** describe los criterios de selección de índices de uso de agua (IUA), índices de aridez, sistemas acuíferos, áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de riego (ADAPT) más relevantes para la generación de lineamientos. El **aspecto socioeconómico** describe los índices de pobreza y condiciones socioeconómicas de poblaciones con agricultura familiar. Igualmente describe los criterios de evaluación de medidas de pobreza multidimensional a nivel municipal. Basados en estos tres aspectos se seleccionó el municipio de San Pedro de Urabá como estudio de caso para ejemplificar los rankings y puntajes dentro de los lineamientos propuestos.

Índice general

Introducción	10
Objetivos	12
Aspecto Sociopolítico	13
Municipios con Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET)	16
Aspecto Técnico	19
Índice de Uso del Agua (IUA).....	19
Índice de aridez.....	21
Sistemas acuíferos.....	22
Áreas Potenciales para adecuación de tierras con fines de riego (APADT).....	23
Aspecto Socioeconómico	31
Áreas que probablemente presentan agricultura familiar	31
Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018	34
Metodología	36
Aspecto Sociopolítico y Socioeconómico.....	36
Aspecto Técnico.....	37
Análisis de Jerarquía para la Priorización con Base en Aspectos Sociopolíticos, Técnicos y Socioeconómicos	39
Calificación de variables	42
Calificación de criterio	42
Calificación Global del municipio mediante la metodología AHP	43
Resultados y Discusión	47
Conclusiones y Recomendaciones.....	51
Bibliografía.....	53

Índice de tablas

Tabla 1 Rangos y categorías. Índice de uso de agua	20
Tabla 2 Categorías del Índice de aridez	21
Tabla 3 Definición de unidades de análisis hidrogeológico	22
Tabla 4 Categorías de aptitud del componente físico y área	30
Tabla 5 Descripción de dimensiones, indicadores y ponderadores utilizados en la construcción de la medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal.....	34
Tabla 6 Categorías de clasificación para áreas que presentan probablemente agricultura familiar	36
Tabla 7 Categorías de clasificación para índice de pobreza multidimensional	37
Tabla 8 Categorías de clasificación y calificación para Índice de Uso de Agua.....	37
Tabla 9. Categorías de clasificación y calificación para Índice de aridez.....	38
Tabla 10 Categorías de clasificación y calificación sistemas acuíferos	38
Tabla 11 Categorías de clasificación de las áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de riego (APADT) y calificación.....	39
Tabla 12 Variables que componen los criterios.....	43
Tabla 13 Matriz comparativa entre criterios.....	44
Tabla 14 Tabla de calificación para el método AHP	44
Tabla 15 Matriz diligenciada con la calificación por criterio.....	45
Tabla 16 Ponderación por criterio.....	45

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de municipios PDET.	18
Figura 2 Mapa de Áreas Potenciales para adecuación de tierras con fines de riego.....	24
Figura 3 Criterios de focalización de la ACFC.....	31
Figura 4 Mapa de áreas que probablemente presentan agricultura familiar.	33
Figura 5 Algebra de mapas. Elaboración propia.	41
Figura 6 Modelo general de proceso para la calificación de los Municipios PDET	48

Introducción

Una de las razones de la baja productividad del sector agropecuario en Colombia es la baja disponibilidad de equipamientos y servicios sectoriales, incluyendo la adecuación de tierras, entendida como servicio público integrado por los componentes de riego, drenaje y protección contra inundaciones, prestado mediante obras y equipos especializados. (Departamento Nacional de Planeación, 2019). La cobertura de riego en el país tan solo representa el 6% de 18,4 millones de hectáreas para la infraestructura de adecuación de tierras. Esto se debe en parte, a que la inversión pública sectorial se ha concentrado en el fortalecimiento institucional y apoyos directos, en detrimento de la provisión de bienes y servicios públicos sectoriales¹ (Departamento Nacional de Planeación, 2019). Al mismo tiempo, la agricultura representa el 6,2% del Producto Interno Bruto – PIB (DANE, 2019). Se estima que una de las principales fuentes de ingreso en las zonas con agricultura campesina, familiar y comunitaria (ACFC) proviene de la agricultura. Sin embargo, solo un 28% de las zonas ACFC en el país tiene acceso a sistemas de riego (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

Con el objetivo de incrementar el acceso a sistemas de riego y servicios técnicos en zonas ACFC y municipios parte de los PDET, en esta investigación se propone desarrollo de un sistema de lineamientos para la selección de municipios priorizados que permitan la implementación de infraestructura de riego. Debido a que se requiere incorporar sistemas de selección de municipios que promuevan un sistema sostenible de economía agrícola dentro de los programas actuales del gobierno nacional, esta investigación tiene en cuenta la sinergia entre los aspectos sociopolíticos, técnicos, y socioeconómicos que influencia la priorización de territorios. Como parte de la metodología de esta investigación se presenta el lineamiento para dar puntajes y rankings a municipios PDET, basados en varios índices significativos para cada caso. Este lineamiento ofrece una herramienta de uso práctico que puede ser usada por el gobierno y los agentes de toma de decisiones para seleccionar

¹ De acuerdo con las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, en la categoría de bienes y servicios públicos sectoriales se encuentran la conectividad vial y la comercialización en territorios rurales, la transformación digital rural, extensión agropecuaria, servicio público de adecuación de tierras y la renovación y adquisición de maquinaria.

municipios que obtendrán mayor producción agrícola y sostenibilidad socioeconómica luego de la incorporación de infraestructura de riego.

En los siguientes capítulos se presentan los aspectos evaluados dentro de esta investigación. El **aspecto sociopolítico** describe la problemática entre conflicto armado, procesos de paz y distribución de tierras. Se utilizó como criterio de selección la priorizaron los territorios más afectados por el conflicto a través de Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET). El **aspecto técnico** describe los criterios de selección de índices de uso de agua (IUA), índices de aridez, sistemas acuíferos, áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de riego (ADAPT) más relevantes para la generación de lineamientos. El **aspecto socioeconómico** describe los índices de pobreza y condiciones socioeconómicas de poblaciones con agricultura familiar. Igualmente describe los criterios de evaluación de medidas de pobreza multidimensional a nivel municipal. Los tres aspectos mencionados anteriormente fueron evaluados de forma que se genere un balance en la construcción de lineamientos para la selección de municipios priorizados dentro de los municipios PDET.

Objetivos

1.1 Objetivo General

Generar lineamientos para la obtención de un municipio priorizado para la implementación de infraestructura de riego, dentro de las zonas priorizadas por el posconflicto.

1.2 Objetivos específicos

- Evaluar los aspectos sociopolíticos basados en el acuerdo de paz y la priorización de municipios PDET.
- Evaluar los aspectos técnicos basados en la calificación índices de uso de agua, aridez, sistemas acuíferos, y áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de irrigación(riego) (APADT).
- Evaluar los aspectos socioeconómicos en la calificación de áreas que probablemente presentan agricultura familiar y medida de pobreza multidimensional municipal.
- Proveer un sistema de calificación que pueda ser utilizado por entes gubernamentales y agentes de toma de decisiones para la priorización de municipios parte del PDET

Aspecto Sociopolítico

En este capítulo se describe la problemática política alrededor de la distribución de tierras dentro del conflicto armado y los procesos de paz. Igualmente, dentro de estos procesos se hace una descripción de cómo se priorizaron los territorios más afectados por el conflicto a través de Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET). Este programa PDET permitió que varias zonas del país que se encontraban excluidas durante décadas de la presencia y actuación del estado por el conflicto armado entrarán a ser prioridad para la nación, como parte del Acuerdo Final Para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera entre el gobierno Nacional de Colombia y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia - ejército del Pueblo (FARC-EP). Colombia por más de 50 años se encontró en conflicto armado, lo que no permitió que la agricultura campesina, familiar y comunitaria se desarrollara a cabalidad². En ese sentido, el Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera, 2016 desarrolla seis (6) ejes temáticos, o puntos, con sus correspondientes acuerdos:

“Punto 1 Reforma Rural Integral: hacia un nuevo campo colombiano. La cual busca la transformación estructural del campo. Igualmente debe integrar las regiones, contribuir a erradicar la pobreza, promover la igualdad y asegurar el pleno disfrute de los derechos de la ciudadanía.

Punto 2 Participación política: Apertura democrática para construir la paz. La construcción y consolidación de la paz, en el marco del fin del conflicto, requiere de una ampliación democrática que permita que surjan nuevas fuerzas en el escenario político para enriquecer el debate.

Punto 3 Fin del Conflicto. Contiene el acuerdo “Cese al Fuego y de Hostilidades Bilateral y definitivo y la dejación de las armas”, “Garantías de seguridad y lucha contra las organizaciones criminales responsables de homicidios y masacres”

² Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera. Habana 2016. Recuperado de <https://www.jep.gov.co/Documents/Acuerdo%20Final/Acuerdo%20Final%20Firmado.pdf> el día 15 de septiembre de 2019.

Punto 4 Solución al problema de las drogas ilícitas.

Punto 5 Acuerdo sobre las víctimas del Conflicto

Punto 6 Mecanismos de implementación y verificación en el que se crea una Comisión de Seguimiento, Impulso y Verificación a la implementación del Acuerdo Final”

“De esta forma mediante el punto 1 la Reforma Rural Integral busca las bases para la transformación estructural del campo, fundamentándose en crear condiciones de bienestar para la población rural y de esa manera, contribuir a la construcción de una paz estable y duradera. Siendo de aplicación universal y priorización de su ejecución en los territorios más afectados por el conflicto, la miseria y el abandono, a través de PDETs, como instrumento de reconciliación en el que todos sus actores trabajan en la construcción del bien supremo de la paz, derecho y deber de obligatorio cumplimiento. A través de la implementación de inversiones públicas progresivas, concertadas con las comunidades.

El punto 1.2 del Acuerdo define los PDET los cuales tienen como objetivo lograr la transformación ámbito rural, y un relacionamiento equitativo entre el campo y la ciudad, de manera que se asegure:

- El bienestar y el buen vivir de la población en zonas rurales—niños y niñas, hombres y mujeres— haciendo efectivos sus derechos políticos, económicos, sociales y culturales, y revirtiendo los efectos de la miseria y el conflicto
- La protección de la riqueza pluriétnica y multicultural para que contribuya al conocimiento, a la organización de la vida, a la economía, a la producción y al relacionamiento con la naturaleza;
- El desarrollo de la economía campesina y familiar (cooperativa, mutual, comunal, micro empresarial y asociativa solidaria) y de formas propias de producción de las comunidades indígenas, negras, afrodescendientes, raizales y palenqueras, mediante el acceso integral a la tierra y a bienes y servicios productivos y sociales. Los PDET intervendrán con igual énfasis en los espacios interétnicos e interculturales para que avancen efectivamente hacia el desarrollo y la convivencia armónica;
- El desarrollo y la integración de las regiones abandonadas y golpeadas por el conflicto, implementando inversiones públicas progresivas, concertadas con las

comunidades, con el fin de lograr la convergencia entre la calidad de vida rural y urbana, y fortalecer los encadenamientos entre la ciudad y el campo;

- El reconocimiento y la promoción de las organizaciones de las comunidades, incluyendo a las organizaciones de mujeres rurales, para que sean actores de primera línea de la transformación estructural del campo;
- Hacer del campo colombiano un escenario de reconciliación en el que todos y todas trabajan alrededor de un propósito común, que es la construcción del bien supremo de la paz, derecho y deber de obligatorio cumplimiento”.

De acuerdo con lo anterior e incluyendo el proceso de transformación estructural del campo que debe cobijar la totalidad de las zonas rurales del país. Se priorizaron las zonas más necesitadas y urgidas con PDET para implementar con mayor celeridad los planes nacionales que se crearon en el marco del Acuerdo. Para ello, se definieron los criterios de priorización de las zonas así:

- “Los niveles de pobreza, en particular de pobreza extrema y de necesidades insatisfechas;
- El grado de afectación derivado del conflicto;
- La debilidad de la institucionalidad administrativa y de la capacidad de gestión;
- La presencia de cultivos de uso ilícito y de otras economías ilegítimas”

Específicamente en el punto 1.3.1.2 contempla la Infraestructura de riego, la cual tiene como propósito de impulsar la producción agrícola familiar y la economía campesina en general, garantizando el acceso democrático y ambientalmente sostenible al agua, bajo los siguientes criterios: (i) La promoción y aplicación de soluciones tecnológicas apropiadas de riego y drenaje para la economía campesina, familiar y comunitaria, de acuerdo con las particularidades de las zonas, del proyecto productivo y de las comunidades; (ii) La recuperación de la infraestructura de riego de la economía campesina, familiar y comunitaria; (iii) El acompañamiento a las asociaciones de usuarios y usuarias en el diseño y formulación de los proyectos de riego y drenaje; (iv) La asistencia técnica y la promoción de las capacidades organizativas de las comunidades para garantizar el mantenimiento, la administración y la sostenibilidad económica y ambiental de los proyectos de riego y

drenaje; (v) La promoción de prácticas adecuadas para el uso del agua en el riego; y, (vi) La preparación para mitigar los riesgos originados por el cambio climático³.

En ese sentido, cumpliendo con el Acuerdo en el cual se ratifica la importancia de la Economía Campesina, Familiar y Comunitaria (ECFC) y se establece la necesidad de estructurar e implementar un instrumento de planificación para el desarrollo rural integral a través de la provisión de bienes y servicios públicos rurales. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural adoptó mediante Resolución 091 del 24 de Abril de 2020 el Plan Nacional de Riego y Drenaje para la Economía Campesina, Familiar y Comunitaria (PNRECFC). El objetivo del PNRECFC es incrementar la productividad agropecuaria y promover el desarrollo rural integral en las zonas con agricultura campesina, familiar y comunitaria, garantizando el acceso al agua, a través del aprovisionamiento de infraestructura de riego, drenaje y control de inundaciones.

Para la incorporación del aspecto socio-político, este estudio tuvo en cuenta los 170 municipios priorizados por el Acuerdo de Paz, los cuales fueron evaluados bajo los siguientes criterios para la selección: niveles de pobreza extrema y de necesidades insatisfechas, grado de afectación derivado del conflicto, debilidad de la institucionalidad administrativa y de la capacidad de gestión, y la presencia de cultivos de uso ilícito y de otras economías ilegítimas.

Municipios con Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET)

De acuerdo con lo previsto en el punto 1.2.2 del Acuerdo Final, la transformación estructural del campo deberá cobijar la totalidad de las zonas rurales del país. Se priorizarán las zonas más necesitadas y urgidas con PDET teniendo en cuenta los siguientes criterios: a) los niveles de pobreza, en particular de pobreza extrema y de necesidades insatisfechas, b) el grado de afectación derivado del conflicto; c) la

³ Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera. Habana 2016. Recuperado de <https://www.jep.gov.co/Documents/Acuerdo%20Final/Acuerdo%20Final%20Firmado.pdf> el día 15 de septiembre de 2019.

debilidad de la institucionalidad administrativa y de la capacidad de gestión; d) la presencia de cultivos de uso ilícito y de otras economías ilegítimas

Las zonas priorizadas se caracterizan por presentar una incidencia de la pobreza multidimensional de 72,8%, mayor al nivel nacional que se ubica en 49,0%, según datos del Censo 2005. Asimismo, el 67,0% de los municipios del país presentan muy alta y alta incidencia del conflicto armado, según el índice de incidencia del conflicto armado del DNP, y concentraron el 94,2% de los cultivos de coca, según el Censo de SIMCI 2016. Por otra parte, los 170 municipios tienen un puntaje promedio de 56,4 en el componente de eficiencia en la evaluación de desempeño integral municipal del DNP del año 2015, frente a 59,8 del resto de municipios. Para el componente de eficacia el puntaje fue de 66,1 para los PDET frente a 75,3 del resto de municipios. (Decreto 893 de 2017).

De esa forma, se tiene que los territorios PDET están organizados en 16 regiones, 170 municipios PDET. El mapa de municipios se presenta en la Figura 1, en el **Anexo 1** se puede verificar el listado completo de municipios PDET.

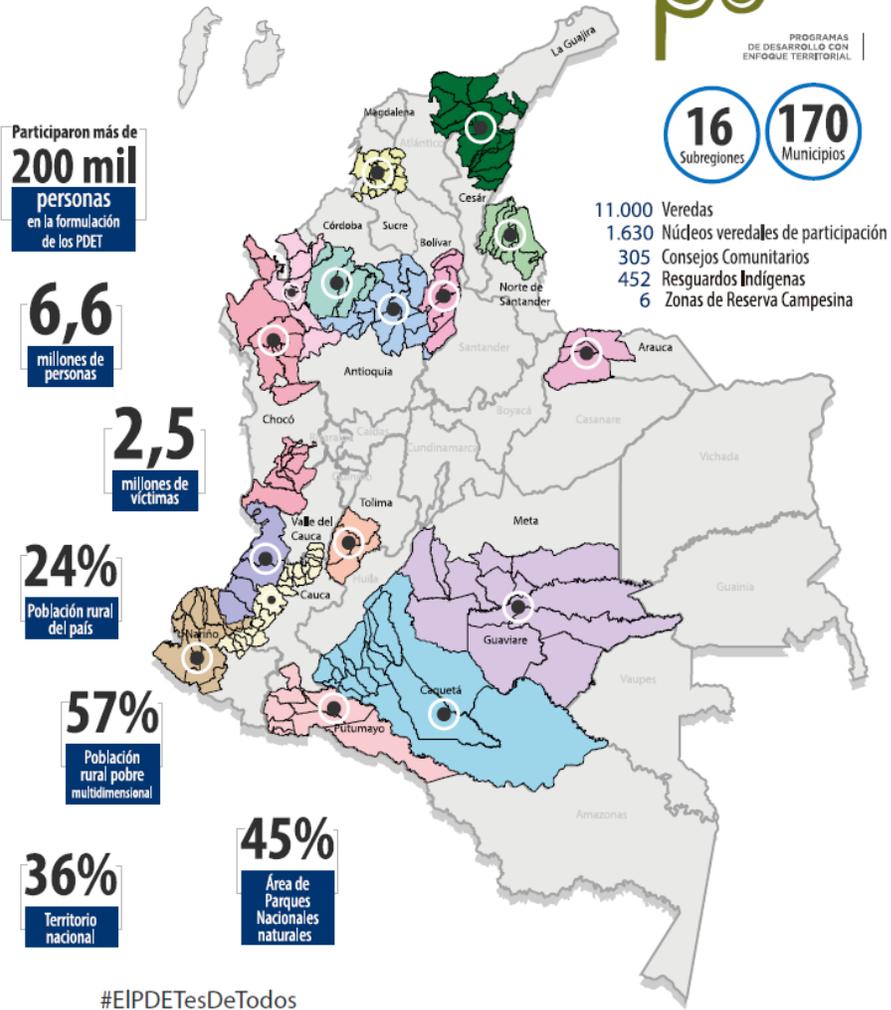


Figura 1 Mapa de municipios PDET. Fuente: Agencia de Renovación del Territorio
https://www.renovacionterritorio.gov.co/Publicaciones/municipios_pdet_subregiones

Aspectos Técnicos

En este capítulo se describen las variables técnicas utilizadas para la obtención del municipio priorizado parte de los PDET. Estas variables incluyen índices que definen la cantidad de agua disponible en la zona de estudio, la disponibilidad de agua superficial y subterránea, potencial para aridez-erosión, y finalmente las áreas potenciales para adecuación de tierras con fines irrigación (riego) (APADT) que permiten identificar los grados de aptitud para riego. Los índices que se describen en este capítulo fueron utilizados para determinar las calificaciones propuestas para el establecimiento de los lineamientos técnicos en esta investigación.

Índice de Uso del Agua (IUA)

IUA es la cantidad de agua utilizada por los usuarios de los diferentes sectores en un período determinado (anual, mensual) y una unidad especial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales. (IDEAM, 2010)

$$IUA = \frac{Dh}{Oh} * 100 \quad (1)$$

Donde:

Dh: Demanda hídrica sectorial

Oh: Oferta hídrica superficial disponible (resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental)

$D_h = \sum(\text{Volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado})$

$$D_h = C_h + C_{sp} + C_{sm} + C_{ss} + C_e + C_a + A_{enc}$$

Donde:

- Dh: Demanda hídrica
- Ch: Consumo humano o doméstico
- Csp: Consumo del sector agrícola
- Csm: Consumo del sector industrial
- Css: Consumo del sector servicios
- Ce: Consumo del sector energía
- Ca: Consumo del sector acuícola
- Aenc: agua extraída no consumida

$$O_h = O_{htotal} - O_{qamb} \quad (2)$$

Donde:

- O_{htotal} es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada
- O_{qamb} es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

Basado en el resultado de la ecuación (2) el usuario puede clasificar el IUA usando la Tabla 1.

Tabla 1 Rangos y categorías. Índice de uso de agua

Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
>100	Crítico	La presión supera las condiciones de la oferta
50.01 - 100	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20.01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10.01 – 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1.0 - 20	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá

Los resultados del IUA se desarrollaron tanto para condiciones promedio como para condiciones secas. (Estudio Nacional Agua, 2018)

Índice de aridez

Según el Estudio Nacional del Agua – ENA (2018), el índice de aridez (IA) es un indicador que califica cualitativamente las condiciones naturales de aridez, midiendo el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. A lo largo de la historia, el IA ha estado en constante evolución y en Colombia, se adoptó una relación entre la evapotranspiración potencial anual multianual de Hargreaves (ETP) y la evapotranspiración real potencial anual multianual de Budyko (ETR), (IDEAM, 2010, 2015) con el objeto de representar la dinámica superficial del suelo, que no se refiere a la dinámica subsuperficial del suelo, utilizada en análisis climáticos para clasificar el grado de humedad del suelo a través de la relación de la precipitación y la evapotranspiración como se expresa a continuación:

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP} * 100 \quad (3)$$

Donde:

IA: Índice de aridez (-)

ETP: Evapotranspiración potencial anual multianual de Hargreaves (mm)

ETR: Evapotranspiración real potencial anual multianual de Budyko (mm)

Tabla 2 Categorías del Índice de aridez

IA	Categoría
< 0.15	Altos excedentes
0.15 – 0.19	Excedentes
0.20 – 0.29	Moderado a excedentes
0.30 – 0.39	Moderado
0.40 – 0.49	Moderado a deficitario
0.50 – 0.59	Deficitario
> 0.60	Altamente deficitario

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá

Este parámetro permite identificar los excedentes o el déficit de agua en las diversas regiones del país para una condición promedio anual.

Sistemas acuíferos

Las aguas subterráneas constituyen importantes reservas de agua dulce con una menor susceptibilidad a procesos de contaminación degradación en comparación con las fuentes superficiales. De ahí la importancia de conocer su ocurrencia, distribución y principales características hidráulicas, hidrológicas e hidro-geoquímicas para una gestión adecuada y sostenible. (Estudio Nacional del Agua, 2014)

El almacenamiento y flujo del agua en el subsuelo están determinados por las condiciones geológicas del suelo y subsuelo además de las características físicas, químicas, hidrológicas y climáticas que intervienen en la dinámica de recarga, tránsito y descarga de los sistemas acuíferos presentes en las diferentes regiones. (Estudio Nacional del Agua, 2014). La tabla 3 presenta un resumen de las unidades de análisis hidrogeológico proporcionadas por el IDEAM.

Tabla 3 Definición de unidades de análisis hidrogeológico

Unidad de Análisis	Conceptos
Provincias Hidrogeológicas (IDEAM, 2010)	Corresponden a unidades mayores referidas a escalas menores (entre 1:10.000.000 y 1:500.000), definidas con base en unidades tectonoestratigráficas separadas entre sí por rasgos estructurales regionales, que coinciden con límites de cuencas geológicas mayores y que, desde el punto de vista hidrogeológico y a la escala nacional, corresponden a barreras impermeables representadas por fallas regionales y altos estructurales. Las barreras son consideradas impermeables a la escala nacional, pero a nivel regional pueden albergar sistemas acuíferos importantes con porosidad secundaria.
Sistemas Acuíferos (IDEAM, 2013)	Corresponde a un dominio espacial limitado en superficie y en profundidad, en el que existen uno o varios acuíferos con porosidad primaria o secundaria, relacionados o no entre sí, pero que constituyen una unidad práctica para la investigación o explotación (ITGE, 1971, 1987; WMO, 2012 en IDEAM 2013).
Acuífero (Decreto 1640 de 2012)	“Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua, entendida como el sistema que involucra las zonas de recarga tránsito y descarga, así como sus interacciones con otras unidades similares, aguas superficiales y marinas”.

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá

La zonificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas (IDEAM, 2013a), Colombia está compuesta por 16 provincias hidrogeológicas distribuidas en cinco

áreas hidrográficas, en las cuales se han identificado a la fecha 61 sistemas acuíferos de carácter local y regional y cinco transfronterizos. (Estudio Nacional del Agua, 2014)

El área superficial cubierta por estos Sistemas Acuíferos corresponde a 169.435Km² y abarca 683 municipios aproximadamente. De los sistemas acuíferos identificados, 15 se localizan en el área hidrográfica del Caribe, 33 en el área de Magdalena – Cauca, 3 en el Orinoco, 3 en el Amazonas y 7 en el área del Pacífico. (Estudio Nacional del Agua, 2014)

Lo cual indica que se puede tener otra fuente de acceso agua que permite desarrollar labores de agricultura.

Áreas Potenciales para adecuación de tierras con fines de riego (APADT)

Para definir las áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de riego la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), delimitó las zonas del territorio nacional de acuerdo con sus características físicas, teniendo en cuenta los diferentes tipos de riego que se pueden implementar. Para ello desarrollo el mapa de zonificación de tierras con fines de riego (UPRA, 2018).

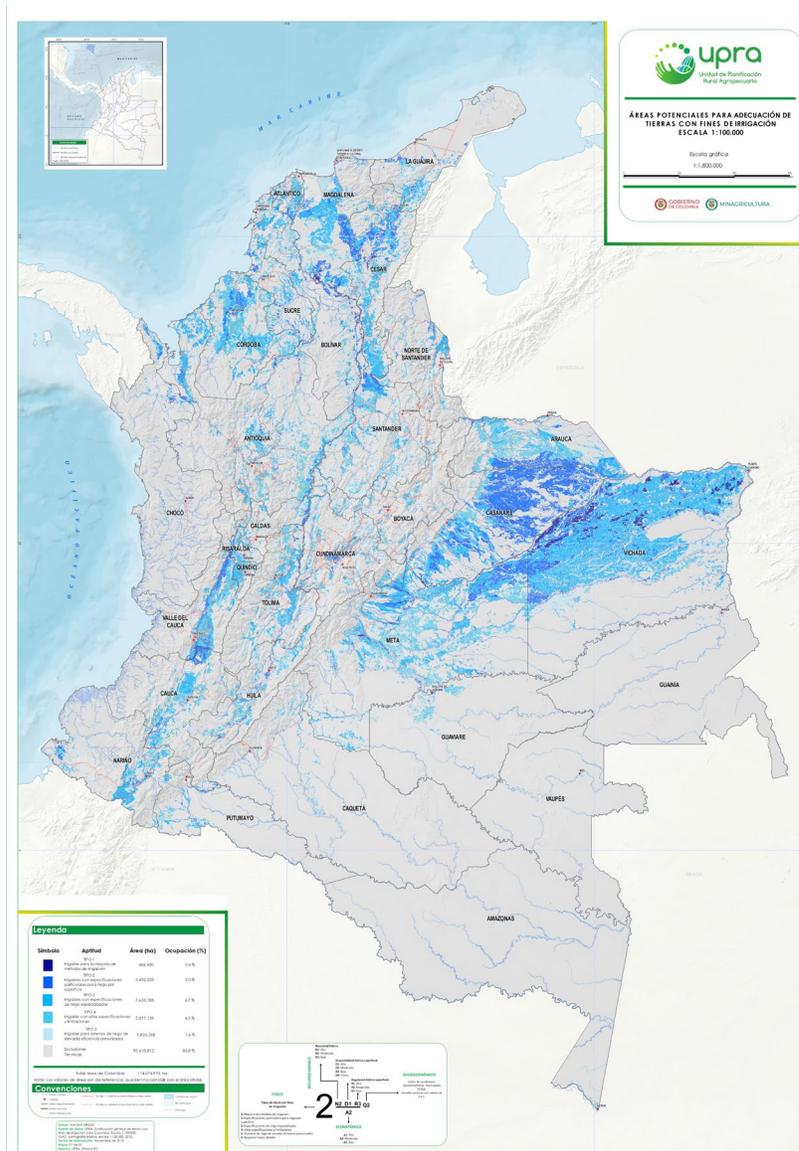


Figura 2 Mapa de Áreas Potenciales para adecuación de tierras con fines de riego. Fuente <https://sipra.upra.gov.co/>. 2018

Las áreas del país incluidas en este componente restringen la adecuación de tierras en zonas donde es posible realizar algún tipo de riego de acuerdo con la edafología y topografía de los suelos. Adicionalmente, discrimina zonas de mayor a menor aptitud; donde zonas de mayor aptitud permiten la aplicación de cualquier tipo de riego y zonas de menor aptitud únicamente permiten el riego a presión (aspersión,

microaspersión y goteo). El componente físico se determina a partir de once variables agrupadas en criterios edafológicos y topográficos (Plan Nacional de Riego, 2020).

- Criterios edafológicos

La UPRA en el Plan de Zonificación general de tierras con fines de riego realizó un análisis de las características o cualidades físicas y químicas que afectan la idoneidad del recurso suelo para la implementación eficiente y sostenible de agricultura bajo riego.

Las variables que conforman este criterio en la determinación del riego en el territorio se han subdividido en permanentes y modificables en función del tiempo.

Las variables permanentes son aquellas que han sido determinadas por los materiales parentales y por algunos factores de formación que no se pueden cambiar en el corto plazo de la formación de suelos. Adicionalmente, se distinguen porque en general no son alterables con la práctica del riego; estas variables son textura, estructura del suelo, profundidad de horizonte superficial y paisaje.

Las variables modificables son aquellas que pueden ser alteradas a través de acciones llevadas a cabo en forma regular sobre el suelo, que pueden ser ocasionadas por la adecuación de tierras antes de la aplicación del riego. Por otra parte, dichas variables también pueden ser modificadas por medio de las prácticas del manejo del agua del riego; estas variables son fertilidad del suelo, salinidad del suelo, acidez (pH) y grado de erosión actual.

- Criterios topográficos

Se definieron como el conjunto de características métricas que presentan la superficie y el relieve de un terreno; se contemplan variables de carácter altimétrico y planimétrico, las cuales tienen una alta relación para la selección, diseño y construcción de sistemas de riego.

Los criterios topográficos se han conformado por tres variables que ejercen influencia sobre la agricultura bajo riego y que guardan relación directa o indirecta con las características de la forma y el relieve de una zona. Por esta razón, se han tenido en cuenta las características altimétricas del relieve como

la irregularidad, las pendientes naturales predominantes, tamaño de predios y la longitud de recorrido para riego superficial. Los factores topográficos así considerados son de gran ayuda en la tipificación de áreas para adecuación de tierras con fines de riego, puesto que permiten tener una idea general sobre las eficiencias potenciales de aplicación del agua, las necesidades de drenaje, los tamaños de los predios de riego y, en consecuencia, son una herramienta fundamental en la selección adecuada de los métodos de riego.

- Integración de variables y criterios

La integración del componente físico se desarrolló de manera independiente para los criterios edafológico y topográfico.

UPRA en el Plan de Zonificación general de tierras con fines de riego realizó la evaluación del criterio edafológico se llevó a cabo mediante la multiplicación de los valores de los índices de calificación de cada una de las variables que lo componen. Los índices de calificación toman un valor entre cero (0) y uno (1), donde cero (0) representa la menor potencialidad y uno (1) la mayor potencialidad para desarrollar proyectos de riego y adicionalmente guardan una relación estrecha con los métodos de riego potencialmente desarrollables. Los valores cercanos a cero (0) se asocian a sistemas de riego presurizados, con aplicación de agua localizada, bajo impacto erosivo sobre el suelo, que en términos generales se traducen en tierras con mayores y más costosas exigencias técnicas para la aplicación del riego y demanda métodos específicos de aplicación.

Las áreas con índices de calificación cercanos a uno (1) son tierras con las menores restricciones para el desarrollo de proyectos de riego y permiten cualquier método de aplicación de agua con fines de riego agropecuario. Los valores de los índices fueron asignados y consensuados por especialistas en riego, generando una base de conocimiento cuyo motor de injerencia es el modelo espacial.

Estos índices de calificación de rangos de clases se multiplican con las demás variables del mismo criterio y finalmente por el índice de calificación del criterio de la siguiente manera:

$$E = ICE * (ICV1 * ICV2 * ICVi * ... * ICVn) \quad (4)$$

Donde

E: Calificación del criterio edafológico

ICE: Índice de calificación del criterio edafológico

ICVi: Índice de calificación del atributo de cada variable asociada al criterio edafológico

De manera equivalente, la evaluación del criterio topográfico se llevó a cabo mediante la multiplicación de los valores de los índices de calificación de cada una de las variables que lo componen. Los índices de calificación toman un valor entre cero (0) y uno (1), donde cero representa la menor potencialidad y uno (1) la mayor potencialidad para desarrollar proyectos de riego y adicionalmente guardan una relación estrecha con los métodos de riego potencialmente desarrollables.

Estos índices de calificación de rangos de clases se multiplican con las demás variables del mismo criterio y finalmente por el índice de calificación del criterio de la siguiente manera:

$$E = ICE * (ICV1 * ICV2 * ICVi * ... * ICVn) \quad (5)$$

Donde

E: Calificación del criterio topográfico

ICE: Índice de calificación del criterio topográfico

ICVi: Índice de calificación del atributo de cada variable asociada al criterio topográfico

Una vez obtenidas las calificaciones especializadas de los criterios edafológicos y topográficos, se integraron por el método multiplicativo ponderado para obtener por cada entidad espacial un atributo numérico, el

cual se agrupó en rangos de datos por medio del método de clasificación de intervalos geométricos, del programa ArcGIS.

Con fundamento en lo anteriormente descrito, como resultado de la clasificación de los datos, se agruparon los resultados en rangos de aptitud de la siguiente manera:

Tipo 1: irrigables, para la mayoría de métodos de riego. Suelos profundos, aptos para nivelación de tierras, con pendientes entre 0 y 0,5 %, de textura media, con excelente drenaje interno y adecuada capacidad de retención de humedad. Los suelos no están afectados por salinidad ni por presencia de sodio. No se recomiendan aquellos cultivos que requieran inundación continua, dado el peligro de excesivas pérdidas de agua por percolación profunda y de bajas eficiencias de aplicación. Se pueden emplear todos los métodos de riego por superficie, con excepción de aquellos que requieran inundación permanente, como las melgas en curvas de nivel para arroz y las melgas reticulares o pozas para arroz. No hay restricción alguna para el empleo de los métodos de riego a presión: aspersión en cualquier modalidad, microaspersión y goteo.

Tipo 2: irrigables, con especificaciones particulares para riegos por superficie. Suelos de texturas gruesas a finas, profundos o no, aptos relativamente para nivelación de tierras, con pendientes entre planas a ligeramente planas. Pueden estar o no afectados por salinidad o por presencia de sodio. Por su naturaleza, son tierras que permitirían el riego por superficie a melgas en curvas de nivel y melgas reticulares o pozas ya que la aplicación de otros métodos de riego puede generar pérdidas excesivas de agua por escorrentía superficial. No obstante, en esta clase de tierras se pueden establecer todos los métodos de riego a presión: aspersión, microaspersión y goteo.

Tipo 3: irrigables, con especificaciones de riego especializadas. La topografía en esta clase de tierras es ligeramente plana, pero la textura de los suelos es liviana, los suelos no presentan afectación de sales ni de sodio, pero por su

condición textural exhiben peligro de erosión hídrica. La aplicación de riegos frecuentes limita el empleo de métodos de riego por superficie; además, la aplicación de estos métodos de riego en suelos livianos conlleva pérdidas considerables de agua por percolación profunda. Al utilizar métodos de riego por superficie, el tamaño de los predios puede ofrecer limitaciones por cuanto, en términos generales, en este tipo de suelos la longitud del recorrido en el sentido del riego necesariamente tiene que ser corta. Por su parte, los métodos de riego a presión (aspersión, microaspersión y goteo) no tienen ninguna limitante en esta clase de tierras.

Tipo 4: irrigable, con altas especificaciones y limitaciones. La pendiente de las tierras en esta tipología empieza a limitar los sistemas de riego por superficie. Sus suelos pueden estar entre textura y profundidad variadas, así como también su capacidad de retención de humedad. Presentan peligro de erosión hídrica entre moderado y severo. Exhiben buen drenaje y no presentan problemas de salinidad ni de sodio. Para lograr eficiencias de riego aceptables, se deben tomar precauciones especiales en el manejo del agua. En terrenos con pendientes planas, la aplicación de algunos métodos de riego por superficie, como pozas, exige que los suelos sean profundos y que la nivelación de tierras se lleve a cabo en terrazas para garantizar sostenibilidad en el tiempo y el espacio y, para estas pendientes relativamente suaves, cuando las tierras no sean niveladas, se pueden emplear métodos de riego por superficie adecuados, como surcos en contorno para cultivos en hileras o acequias en contorno para cultivos densos, siempre y cuando los diseños sean adecuados y se adelanten prácticas apropiadas de conservación de suelos. Por otra parte, para terrenos con tierras ligeramente onduladas, el riego por superficie es prácticamente imposible; se puede, sin embargo, emplear el método de riego por corrugaciones solamente si su diseño es adecuado y si son orientadas por las curvas de nivel del terreno. En las tierras de este tipo, el empleo de métodos de riego a presión (aspersión, microaspersión y goteo) no tiene limitaciones.

Tipo 5: irrigable, para sistemas de riego de elevada eficiencia y presurizados. Las pendientes en esta clase se caracterizan porque pueden llegar hasta

terrenos fuertemente inclinados, con suelos poco profundos y de textura variada. Por su condición natural, sus suelos son bien drenados y no ofrecen peligro de salinidad ni de sodio. En esta clase, las limitaciones de agua son severas y exige la aplicación de métodos de riego de elevada eficiencia. Exhiben un peligro severo de erosión hídrica y, por esta razón, los métodos de riego por superficie no son aplicables en esta clase de tierras. Dependiendo del tipo de cultivo que se establezca, se puede emplear riego por aspersión, por microaspersión o por goteo. Puesto que las pendientes de estos terrenos son considerables, ciertos tipos de riego por aspersión, como los cañones viajeros o el pivote central, tienen un uso muy restringido; su empleo se recomienda en pendientes simples e inferiores al 20 %. Cuando las pendientes son complejas y están entre 20 y 35 %, se prefiere el empleo de aspersión convencional. No obstante, para cultivos perennes, como frutales, el riego por goteo puede ser empleado en terrenos con pendientes hasta de 45 %.

Tipo 6: sin clasificación. De acuerdo con el alcance de la escala de estudio, esta tipología requiere un mayor nivel de detalle de la información, pues puede encontrarse con altas limitaciones edafológicas o topográficas, lo que precisa conocer a una escala mayor la información para recomendar un sistema de riego en particular. (Zonificación general de tierras con fines de riego (ZTI), 2017)

Tabla 4 Categorías de aptitud del componente físico y área

Categoría	Área (ha)	% país
Tipo 1	860.299	0.8
Tipo 2	5.912.774	5.2
Tipo 3	10.961.764	9.6
Tipo 4	7.580.832	6.6
Tipo 5	2.575.503	2.3
Tipo 6	15.808.349	13.9

Fuente: UPRA, 2017

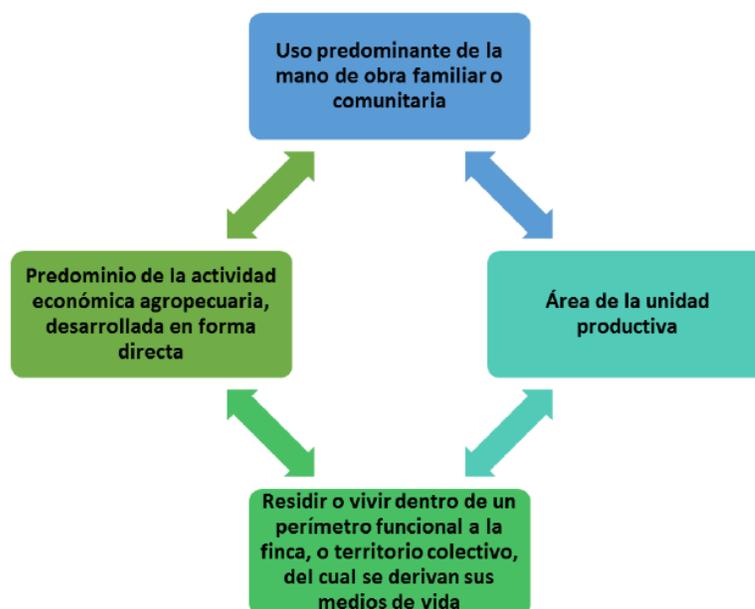
Este parámetro permite optimizar el uso con respecto a suelos y tipo de sistema de riego a utilizar.

Aspecto Socioeconómico

En este capítulo se describe como el gobierno nacional desarrolló los aspectos con áreas que probablemente presentan agricultura familiar y los índices de pobreza multidimensional. Esta información fue utilizada para la priorización del municipio parte de los PDET.

Áreas que probablemente presentan agricultura familiar

La economía campesina, familiar y comunitaria se entiende según el ejercicio de conceptualización realizado en mesa técnica de agricultura familiar y economía campesina y lo construido en la Reforma Rural Integral como el sistema de producción, transformación, distribución, comercialización y consumo de bienes y servicios; organizado y gestionado por los hombres, mujeres, familias y comunidades (campesinas, indígenas, negras, afrodescendientes, raizales y palenqueras) que conviven en los territorios rurales del país. (Lineamientos estratégicos de política pública para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria, 2017)



Fuente: adaptado de UPRA & FAO 2016

Figura 3 Criterios de focalización de la ACFC

Para la obtención de una propuesta de aproximación espacial de las áreas que presentan probablemente agricultura familiar se obtuvo mediante el componente físico y el componente de ordenamiento social de la propiedad y ordenamiento territorial.

El componente físico busca identificar donde es probable que esté localizada la agricultura familiar desde un análisis de las coberturas de la tierra. Considerando una selección de áreas agrícolas heterogéneas, cultivos transitorios y permanentes que se consideran característicos de la agricultura familiar; y se le extrajeron algunas coberturas agropecuarias que no se asocian o no a características de la agricultura familiar. (Lineamientos estratégicos de política pública para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria. 2017).

El componente de ordenamiento social de la propiedad y ordenamiento territorial, se utilizó información de zonas de reserva campesina – ZRC y el paisaje cultural cafetero.

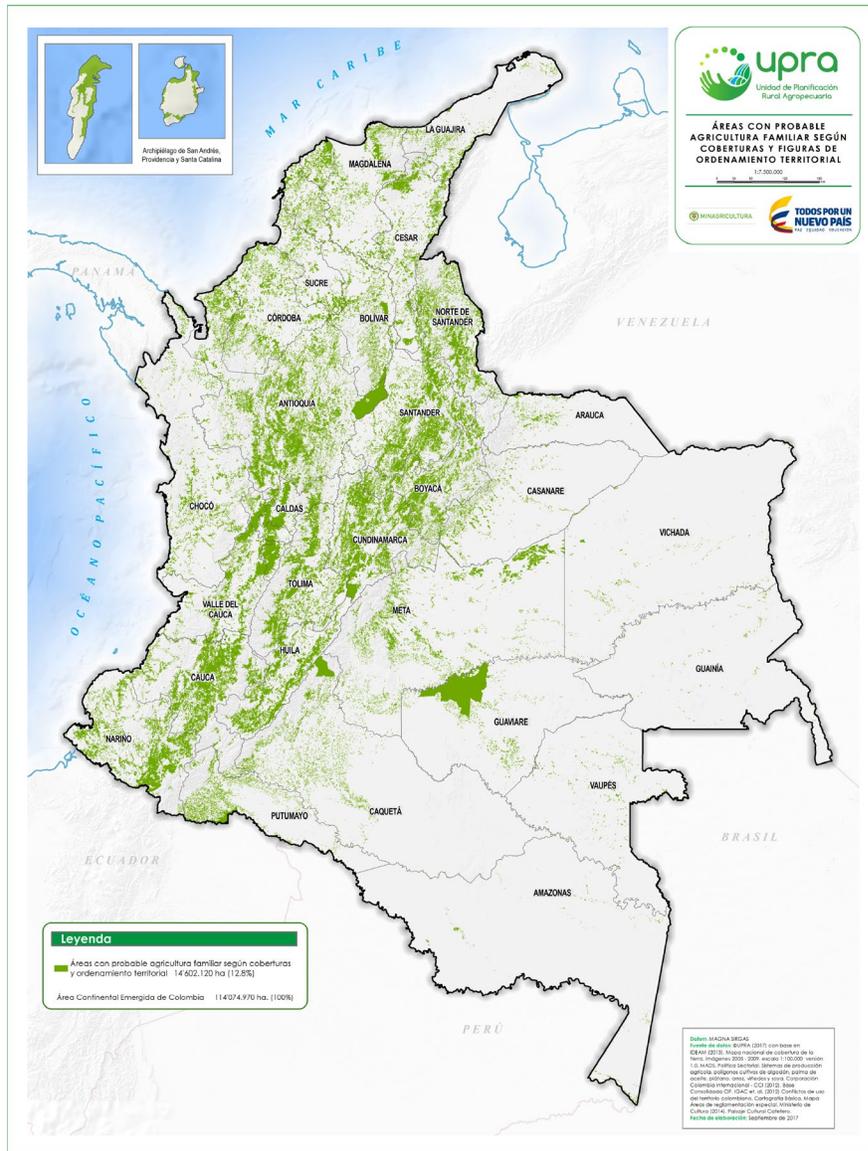


Figura 4 Mapa de áreas que probablemente presentan agricultura familiar. Fuente <https://sipra.upra.gov.co/> 2017

Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018

La medida que se describe fue generada con el fin de avanzar en la medición de la pobreza municipal mediante un índice evolucionado y complementario a las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) que permita entender el estado de la pobreza municipal y sus múltiples dimensiones, así como realizar comparaciones entre municipios. Dado que la medición se construyó usando la información del CNPV 2018, ésta permite desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso en uso de la cartografía DANE dentro de cada municipio.

La metodología utilizada para el cálculo es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia basado en la metodología de Alkire y Foster. De esta manera, al ser una aproximación, la medida que se describe en esta nota metodológica no es comparable ni reemplaza el índice de pobreza multidimensional oficial publicado anualmente por el DANE.

Tabla 5 Descripción de dimensiones, indicadores y ponderadores utilizados en la construcción de la medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal.

Dimensión y ponderación	Nombre y ponderación del indicador	Indicador	Puntos de corte para la privación
Condiciones educativas del hogar (0.2)	Bajo logro educativo (0.1)	Escolaridad promedio de las personas de 15 años y más del hogar	Menor a 9 años
	Analfabetismo (0.1)	Porcentaje de personas del hogar de 15 años y más que <u>no</u> saben leer y escribir	Mayor 0 (al menos una persona no sabe leer y escribir)
Condiciones de la niñez y juventud (0.2)	Inasistencia escolar (0.05)	Proporción de niños, niñas y adolescentes (NNA) entre 6 y 16 años en el hogar que <u>no</u> asisten al colegio	Mayor a 0 (al menos un NNA no asiste al colegio)
	Rezago escolar (0.05)	Proporción de NNA (7-17 años) dentro del hogar <u>con</u> rezago escolar (según la norma nacional)	Mayor a 0 (al menos un NNA tiene un rezago escolar)
	Barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia (0.05)	Proporción de niños de cero a cinco años en el hogar <u>sin</u> acceso a servicios de salud o que pasa la mayor parte del tiempo con su padre o madre en el trabajo, en casa solo, o está al cuidado de un pariente menor de 18 años.	Mayor a 0 (al menos un niño(a) tiene barreras de un acceso a salud o cuidado)
	Trabajo infantil (0.05)	Proporción de niños, niñas y adolescentes entre 12 y 17 años en el hogar <u>se encuentran</u> ocupados	Mayor a 0 (al menos un NNA se encuentra ocupado)

Trabajo (0.2)	Tasa de dependencia económica (0.1)	Número de personas por miembro ocupado en el hogar	Mayor o igual a 3
	Empleo informal (0.1)	Proporción de la Población Económicamente Activa (PEA) del hogar que son ocupados y no cotizan a fondo pensiones. Para la construcción del indicador se utilizó información del registro de la PILA teniendo en cuenta que el CNPV 2018 no contó con información de afiliación en pensiones	Mayor a 0 (al menos una persona ocupada que no está afiliada a pensión)
Salud (0.2)	Sin aseguramiento en salud (0.1)	Proporción de miembros del hogar mayores de cinco años sin aseguramiento a Seguridad Social en Salud. Para el cálculo de este indicador se tomó la información de registros administrativos del BDU-A-BDEX3 teniendo en cuenta que el CNPV 2018 no incluyó dicha información. El indicador genera privación para los estados de afiliación: desafiado, retirado e interrumpido por viaje al exterior. Para las personas que no fue posible extraer la información del estado de afiliación desde la BDU-A y BDEX no se genera privación con excepción de aquellos que cuentan con documento de identificación consistente registrado en el CNPV 2018.	Mayor a 0 (al menos una persona que no está asegurada en el SSS)
	Barreras de acceso a salud (0.1)	Proporción de personas del hogar que no acceden a servicio institucional de salud ante una enfermedad que no requiere hospitalización en los últimos 30 días	Mayor a 0 (al menos una persona que tuvo un problema de salud que no requiere hospitalización en los últimos 30 días y no recurrió a servicio institucional)
Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos domiciliarios (0.2)	Sin acceso a fuente de agua mejorada (0.04)	Hogar urbano: se considera como privado si no tiene servicio público de acueducto en la vivienda Hogar rural: se considera privado cuando obtiene el agua para preparar los alimentos de pozo sin bomba, agua lluvia, río, manantial, carro tanque, aguatero, agua embotellada o en bolsa	
	Inadecuada eliminación de excretas (0.04)	Hogar urbano: se considera como privado si no tiene servicio público de alcantarillado Hogar rural: se considera como privado si tiene inodoro sin conexión, letrina, bajamar o no tiene servicio sanitario	
	Pisos inadecuados (0.04)	Se consideran en privación los hogares que tienen pisos en tierra	
	Paredes exteriores inadecuadas (0.04)	Hogar urbano: se considera privado si el material de las paredes exteriores es madera burda, tabla, tablón, guadua, otro vegetal, zinc, tela, cartón, deshechos o sin paredes Hogar rural: se considera privado si el material de las paredes exteriores es guadua, caña, otro vegetal, zinc, tela, cartón, deshechos o sin paredes	
	Hacinamiento crítico (0.04)	Número de personas por cuarto para dormir excluyendo cocina, baño y garaje e incluyendo sala y comedor	Urbano: 3 o más personas por cuarto Rural: Más de 3 personas por cuarto

Fuente: Nota metodológica – Medida de Pobreza Multidimensional Municipal. DANE 2018.

Metodología

Como un ejemplo para mostrar el funcionamiento de los lineamientos y las calificaciones propuestas en esta investigación, se seleccionó un caso de estudio donde se identifica un (1) municipio PDET. Sin embargo, para el desarrollo de los lineamientos, se utilizaron como base los 170 municipios PDET que hacen parte de los aspectos sociopolíticos y se adelantaron dos procesos:

El primero fue una normalización entre cero (0) y cien (100) de cada una de las variables que componen los aspectos técnicos, y socioeconómicos descritos en los capítulos anteriores, con ello se buscaba promover el mismo sistema de rankeado para todos los municipios. En el anexo 2 puede consultarse con detalle los criterios de calificación. A continuación, se presenta las tablas de calificación de cada una de las clasificaciones por aspecto e índice:

Aspecto Sociopolítico y Socioeconómico

En la Tabla 6 se presenta el sistema de puntaje basado en las categorías de clasificación desarrolladas por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), otorgando el puntaje más alto a las áreas que “probablemente presentan agricultura familiar”. Siendo estas áreas las que se utilizaran como la población objetivo para el desarrollo de los lineamientos técnicos.

Tabla 6 Categorías de clasificación para áreas que presentan probablemente agricultura familiar

Categorías de Clasificación Original UPRA	Calificación HRA
Probablemente presentan agricultura familiar	100
Probablemente no presentan agricultura familiar	80

Fuente: Elaboración propia con base en UPRA (2018)

La Tabla 7 presenta las categorías de clasificación para índice de pobreza multidimensional realizadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). En este caso la calificación más alta fue otorgada a la población con el mayor índice de pobreza multidimensional.

Tabla 7 Categorías de clasificación para índice de pobreza multidimensional

Categorías de Clasificación Original DANE	Calificación HRA
Desde 4.5% hasta 30%	20
Desde 30.1% hasta 40%	40
Desde 40.1% hasta 50%	60
Desde 50.1% hasta 70%	80
Desde 70.1% hasta 98.5%	100

Fuente: Elaboración propia con base en DANE (2018)

Aspecto Técnico

Para la calificación basada en el IUA, la Tabla 8 presenta una calificación basada en las categorías de clasificación originales del IDEAM en donde se otorga una calificación más alta al IUA “*muy bajo*”, dado que se busca promover mayor aprovechamiento del agua para riego.

Tabla 8 Categorías de clasificación y calificación para Índice de Uso de Agua

Categorías de Clasificación Original ENA IDEAM	Calificación normalizada
Critico	0
Muy Alto	20
Alto	40
Moderado	60
Bajo	80
Muy bajo	100
N/A	0

Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM (2018)

La Tabla 9 presenta una calificación basada en las categorías de clasificación originales del IDEAM en las cuales se otorga la calificación más alta a la categoría “*altamente deficitario de agua*”. Esto con el fin de promover un mayor impacto en el manejo eficiente del agua cuando hay baja disponibilidad para riego.

Tabla 9. Categorías de clasificación y calificación para Índice de aridez

Categorías de Clasificación Original IDEAM	Calificación Normalizada
< 0.15 Altos excedentes de agua	0
0.15 - 0.19 Excedencia de agua	0
0.20 - 0.29 Moderado a excedentes de agua	20
0.30 - 0.39 Moderado	40
0.40 - 0.49 Moderado a deficitario de agua	60
0.50 - 0.59 Deficitario de agua	80
> 0.6 Altamente deficitario de agua	100

Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM (2018)

La Tabla 10 presenta una calificación basada en las categorías de clasificación originales del IDEAM en donde se otorga la calificación más alta a la a los municipios que tienen la posibilidad de tener una fuente agua subterránea que podría ser aprovechada.

Tabla 10 Categorías de clasificación y calificación sistemas acuíferos

Categorías de Clasificación Original IDEAM - ENA 2014	Calificación Normalizada
Sin sistema acuífero	0
Con sistema acuífero	100

Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM (2014)

La Tabla 11 presenta el sistema de calificación de las áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de riego (APADT) la cual se basa en las categorías de clasificación originales de UPRA. Otorgando así la calificación mas alta al “tipo 1” lo que significa que

puede ser regada con la mayoría de métodos de riego, dentro de la clasificación de las APADT.

Tabla 11 Categorías de clasificación de las áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de riego (APADT) y calificación

Categorías de Clasificación Original UPRA	Calificación Normalizada
Tipo 1	100
Tipo 2	95
Tipo 3	90
Tipo 4	85
Tipo 5	80

Fuente: Elaboración propia con base en UPRA (2017)

Análisis de Jerarquía para la Priorización con Base en Aspectos Sociopolíticos, Técnicos y Socioeconómicos

Luego de generar la normalización, se implementó el método analítico jerárquico (AHP de sus siglas en inglés Analytic Hierarchy Process), el cual se usa para ofrecer soluciones a problemas de toma de decisiones dinámicos y estimaciones en entornos multivariados. AHP establece ponderaciones prioritarias de alternativas organizando objetivos, criterios y subcriterios en una estructura jerárquica⁴.

De igual manera, fue necesario utilizar un programa de procesamiento sistema de información geográfica (ArcGis 10.2) para el cruce de información normalizada y realizar la clasificación que permitiera obtener la puntuación para cada municipio, esto se realizó mediante la clasificación Naturabreak.

“Las clases están basadas en las agrupaciones naturales inherentes a los datos y los cortes de clase se caracterizan porque agrupan mejor los valores similares y maximizan las diferencias entre clases. Así las entidades se dividen en clases cuyos límites quedan

⁴ Bernasconi M, Choirat C y Seri R (2010). The analytic Hierarchy Process and the Theory of Measurement. *Management Science*, Vol. 56, No. 4, pp 699-711. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/46453797_The_Analytic_Hierarchy_Process_and_the_Theory_of_Measurement el día octubre 15 de 2020.

establecidos dónde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Los cortes naturales son clasificaciones específicas de los datos y no sirven para comparar varios mapas creados a partir de información subyacente distinta.

Esta clasificación se basa en el algoritmo de cortes naturales de Jenks. Este algoritmo intenta encontrar los agrupamientos naturales de los datos para crear clases. Las clases resultantes serán tales que existirá una varianza máxima entre clases individuales y la menor varianza dentro de cada clase” (<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>)

A continuación, se presenta un grupo de criterios, variables y alternativas definidas por colores donde el color rosa presenta los aspectos socio políticos y socio económicos, y azul presenta los aspectos técnicos.

Objetivo: Obtención del municipio PDET priorizado para riego

Criterios:

Aspectos

Sociopolíticos, socioeconómicos

Técnicos

Variables

Mapa de índice de Uso del Agua (IUA). Condiciones Hídricas año medio del Estudio Nacional del Agua (ENA) 2018

Mapa Nacional Multianual de Índice de Aridez

Mapa actualizado de sistemas acuíferos

Mapa de Áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de riego (APADT)

Mapa de Colombia con los Municipios PDET (Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial)

Mapa de áreas que probablemente presentan agricultura familiar

Mapa de Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018

Los lineamientos con las calificaciones y normalizaciones se presentan en el Anexo 2

- Las posibles alternativas son todos los municipios PDET, los cuales están descritos dentro del aspecto sociopolítico

El municipio PDET priorizado será aquel que obtenga el mayor puntaje después de realizar los cálculos de acuerdo a la siguiente metodología (álgebra) de mapas. La cual se explica con base en la siguiente figura:

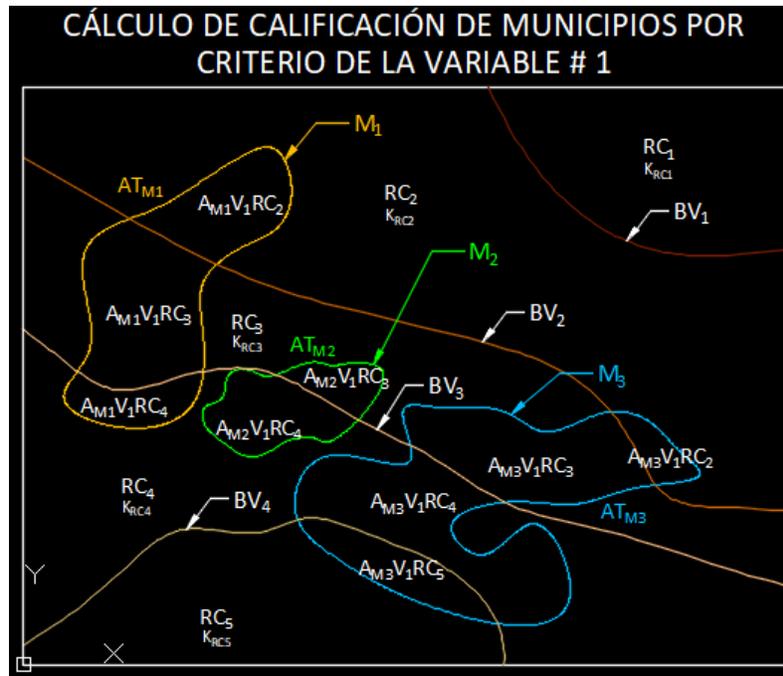


Figura 5 Álgebra de mapas. Elaboración propia.

Donde:

M_i =Municipio PDET (0 a 170)

V_w =Variable (V1 hasta V_w son todas las variables que componen un criterio)

RC_j =Rango de Clase j (Es el rango que se genera al realizar los cruces de las diferentes variables dentro de los tres aspectos)

BV_i = Valor de corte (Break Value) de los rangos

AT_{M_i} = Área total del municipio i

$A_{M_i}V_wRC_j$ = Área del municipio que se encuentra dentro del rango de clase j para la variable w

K_{RCj} =Calificación del rango de clase, toma valores de cero (0) a cien (100) donde cien se le asigna a la zona del municipio dentro del rango de clase que se priorizará y cero a las zonas con mínima prioridad.

Calificación de variables

Con base en la figura anterior, a manera de ejemplo la calificación de la variable # 1, Leyendo la figura de izquierda a derecha, de arriba abajo, sería la siguiente:

$$CM_{1V1} = \left(\frac{A_{M1}V_1RC_2}{AT_{M1}} \times K_{RC2} \right) + \left(\frac{A_{M1}V_1RC_3}{AT_{M1}} \times K_{RC3} \right) + \left(\frac{A_{M1}V_1RC_4}{AT_{M1}} \times K_{RC4} \right)$$

$$CM_{2V1} = \left(\frac{A_{M2}V_1RC_3}{AT_{M2}} \times K_{RC3} \right) + \left(\frac{A_{M2}V_1RC_4}{AT_{M2}} \times K_{RC4} \right)$$

$$CM_{3V1} = \left(\frac{A_{M3}V_1RC_2}{AT_{M3}} \times K_{RC2} \right) + \left(\frac{A_{M3}V_1RC_3}{AT_{M3}} \times K_{RC3} \right) + \left(\frac{A_{M3}V_1RC_4}{AT_{M3}} \times K_{RC4} \right) + \left(\frac{A_{M3}V_1RC_5}{AT_{M3}} \times K_{RC5} \right)$$

De manera genérica la ecuación para calificar el municipio i para la variable w se describe como:

$$CM_{iVw} = \left(\frac{A_{Mi}V_wRC_1}{AT_{Mi}} \times K_{RC1} \right) + \left(\frac{A_{Mi}V_wRC_2}{AT_{Mi}} \times K_{RC2} \right) + \left(\frac{A_{Mi}V_wRC_3}{AT_{Mi}} \times K_{RC3} \right) + \dots + \left(\frac{A_{Mi}V_wRC_j}{AT_{Mi}} \times K_{RCj} \right)$$

Donde:

Municipio i = Municipios PDET (0 a 170)

Como resultado final se obtiene para cada municipio tantas calificaciones como variables hayan afectado el territorio.

Calificación de criterio

La calificación de criterio está conformada por la agrupación de variables por criterio conceptual, es decir unificando diferentes valores de las variables en uno solo de criterio. En este caso, un criterio representa un aspecto.

Un criterio está compuesto como mínimo por una variable en cuyo caso el valor del criterio será igual al de la única variable, para todos los demás casos, la calificación del criterio se calculará con la siguiente formula:

$$CMiCR1 = \frac{CMiV1 + CMiV2 + CMiV3 + \dots + CMiVw}{w * 100}$$

Donde

CR=Criterio

V1 hasta Vw son todas las variables que componen un criterio, de acuerdo a la Tabla 12.

Tabla 12 Variables que componen los criterios

CRITERIO	INSUMO No.	INSUMOS CARTOGRAFICO
	CRITERIOS TECNICOS DE PRIORIZACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO	
Hídrico	1	Mapa de índice de Uso del Agua (IUA). Condiciones Hídricas año medio del Estudio Nacional del Agua (ENA) 2018
	2	Mapa Nacional Multianual del Índice de Aridez
	3	Mapa actualizado de sistemas acuíferos ENA 2014
	4	Mapa de Áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de riego (APADT)
Agricultura Familiar	5	Mapa de áreas que probablemente presentan agricultura familiar
Pobreza	6	Mapa de Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018

* Filas en color azul representan aspectos técnicos y en color rosa los aspectos socioeconómicos

Calificación Global del municipio mediante la metodología AHP

Con cada municipio calificado por los diferentes criterios, se procede a aplicar la metodología AHP para ello debe diligenciarse la siguiente matriz Tabla 13 que compara entre ellos (los criterios)

Tabla 13 Matriz comparativa entre criterios

CRITERIO	HÍDRICO	AGRICULTURA FAMILIAR	POBREZA
HÍDRICO	1		
AGRICULTURA FAMILIAR		1	
POBREZA			1

Para diligenciarla se debe introducir los valores de acuerdo a la intensidad de importancia entre los diferentes criterios, con base en la siguiente tabla:

Tabla 14 Tabla de calificación para el método AHP

INTENSIDAD DE IMPORTANCIA	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
1	Ambos elementos son de igual importancia	Ambos elementos contribuyen con la propiedad en igual forma
3	Importancia moderada de un elemento sobre el otro	La experiencia y el juicio favorecen levemente uno sobre el otro
5	Fuerte importancia de un elemento sobre el otro	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente uno sobre el otro
7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre el otro	La experiencia y el juicio muy fuertemente favorecen uno sobre el otro. Su importancia es demostrada en práctica
9	Extrema importancia de un elemento sobre el otro	La evidencia que favorece a uno sobre otra es de gran magnitud de diferencia
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Usados como valores de consenso entre dos juicios
Recíprocos	$a_{ij} = 1 / a_{ji}$	Si la actividad i tiene un peso asignado al compararlo con la actividad j, entonces a j le corresponde el recíproco al ser comparado con la actividad i.

Tabla de calificación para el método AHP – Adaptado de Saaty, Thomas, 2008. *Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J Services Sciences, Volumen No 1, 98-86.*

El aspecto de la matriz diligenciada para el caso de estudio seleccionado se presenta en la Tabla 15. los criterios para la obtención de la matriz se describen en el capítulo de resultados y discusión.

Tabla 15 Matriz diligenciada con la calificación por criterio

CRITERIO	HÍDRICO	AGRICULTURA FAMILIAR	POBREZA
HÍDRICO	1	5	3
AGRICULTURA FAMILIAR	1/5	1	1/3
POBREZA	1/3	3	1

Estos valores se generan definiendo la importancia del criterio de fila sobre el criterio de columna según Tabla 14, para ello se realiza la siguiente pregunta:

“El criterio (CRITERIO FILA) es (INTENSIDAD O IMPORTANCIA de la tabla de calificación) que el criterio (CRITERIO COLUMNA)”

Adicionalmente, se realiza la siguiente suposición para la comparación de alternativas y que se debe tener en cuenta para terminar de calificar la matriz:

“Si Criterio A es Absolutamente más importante que Criterio B y es calificado con 5, entonces el Criterio B debe ser Absolutamente menos importante que el Criterio A es calificado como 1/5.”

Una vez calificada la matriz y realizando los cálculos se obtiene una ponderación criterio, la cual se muestra de manera general en la Tabla 16:

Tabla 16 Ponderación por criterio

	CRITERIO	PONDERADOR (P)
CR1	HÍDRICO	PCR1
CR2	AGRICULTURA FAMILIAR	PCR2
CR3	POBREZA	PCR3

En donde:

CR: Criterio

PCR: Ponderador por criterio

Finalmente, el calificador global del municipio se obtiene a través de la siguiente fórmula

$$CGM1 = (CM1CR1 \times PCR1) + (CM1CR2 \times PCR2) + \dots + (CM1CR6 \times PCR6)$$

El municipio que obtenga el mayor valor numérico (de CGM1) será el municipio PDET priorizado.

Resultados y Discusión

Para iniciar con la calificación de la matriz con la metodología AHP, se debe asignar los valores de importancia según la Tabla 14 mencionada en el capítulo anterior, estos valores de importancia se generan de definir la importancia del criterio de fila sobre el criterio de columna. Para este caso, se tienen los siguientes lineamientos:

- El criterio hídrico (fila) con el cruce de criterio hídrico (columna) tiene igual importancia (1).
- El criterio hídrico (fila) con el cruce de agricultura familiar (columna) tiene importancia alta (5) porque se quiere dar más puntaje a los municipios PDET que tiene un potencial mayor de desarrollar la agricultura familiar.
- El criterio hídrico (fila) con el cruce de pobreza (columna) tiene una importancia moderada (3), porque se quiere dar mayor puntaje a los municipios PDET que tienen mayor pobreza.
- Se continua con la evaluación de la siguiente fila en este caso es agricultura familiar (fila) con respecto a la columna del criterio hídrico (columna), se tiene que el criterio hídrico es absolutamente menos importante que el criterio de agricultura familiar se tiene que la calificación es (1/5).
- El criterio de agricultura familiar (fila) con respecto a agricultura familiar (columna) tiene igual importancia (1).
- El criterio agricultura familiar (fila) con respecto a pobreza (columna), el criterio de pobreza es absolutamente menos importante que agricultura familiar por ello la calificación (1/3).
- El criterio de pobreza (fila) con respecto a criterio hídrico (columna), el criterio hídrico es absolutamente menos importante que el criterio de pobreza la calificación es (1/3)
- El criterio pobreza (fila) con respecto a criterio agricultura familiar (columna), tiene una importancia moderada (3)
- El criterio de pobreza (fila) con respecto a pobreza (columna) tiene igual importancia (1).

De igual manera, fue necesario utilizar un programa de procesamiento sistema de información geográfica (ArcGis 10.2) como se detalla en el siguiente modelo.

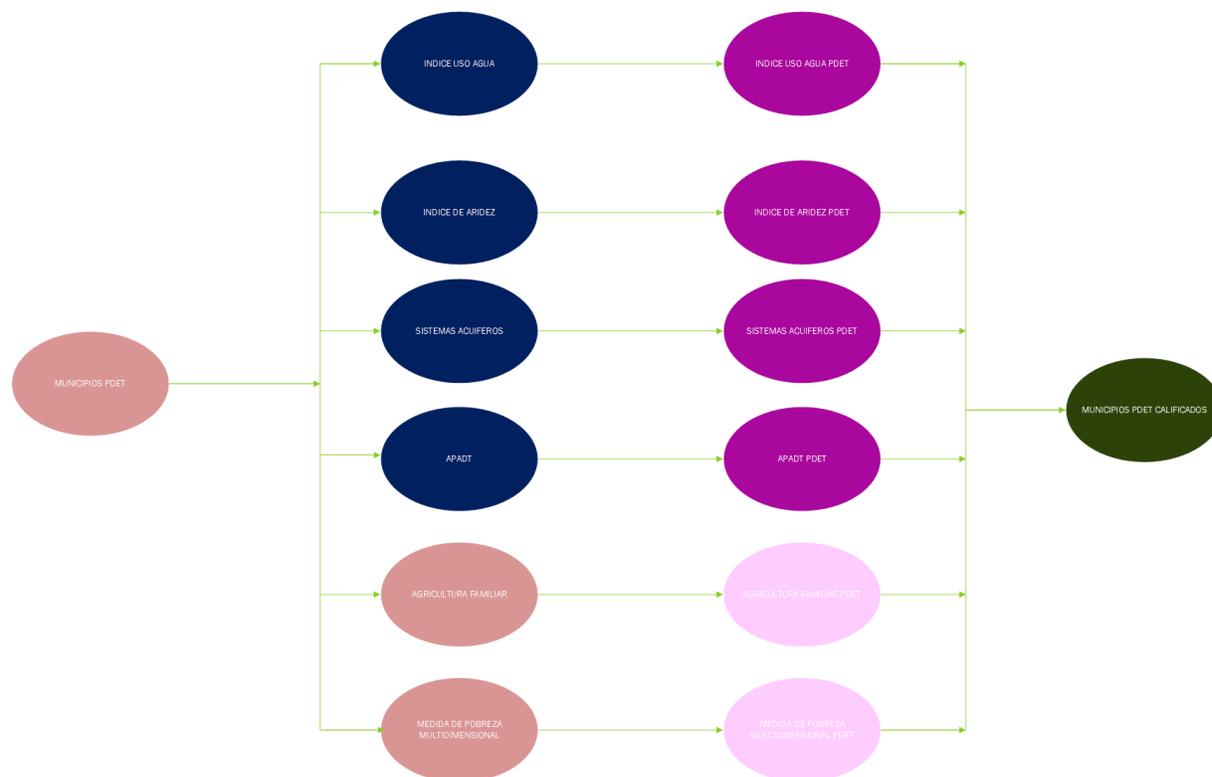


Figura 6 Modelo general de proceso para la calificación de los Municipios PDET

Se realizó el cruce de información de la normalización de las variables de los aspectos sociopolíticos, técnicos, socioeconómicos usando la metodología de priorización AHP. Con ello se obtuvo la calificación que sirvió de insumo para utilizar la clasificación Naturalbreak⁵ y de esta manera una puntuación para cada municipio.

De acuerdo a lo anterior, el municipio priorizado fue **San Pedro de Urabá** el cual obtuvo los siguientes puntajes para cada uno de los criterios: índice de uso de agua de 59, índice de aridez con un puntaje de 60, áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de riego

⁵ Clasificación Natural Breaks – Es una clasificación de cortes naturales (Jenks), las clases se basan en las agrupaciones naturales inherentes a los datos. Las rupturas de clase se crean de manera que los valores similares se agrupan mejor y se maximizan las diferencias entre clases. Las entidades se dividen en clases cuyos límites quedan establecidos donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Tomado de: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>

(APADT) con un puntaje de 42, sistemas acuíferos con un puntaje de 81, áreas que presentan probablemente agricultura familiar puntaje de 87, índice de pobreza multidimensional un puntaje de 80. Así las cosas, la mayor suma ponderada fue de 68 puntos, y los puntajes pueden consultados en el Anexo 3 y visualizarlo en el Anexo 4.

En el ejercicio realizado se tuvo en cuenta la problemática política alrededor de la distribución de tierras dentro del conflicto armado y el proceso de paz, y por ello se focalizó la priorización en uno de los 170 municipios PDET con niveles de pobreza extrema y de necesidades insatisfechas, grado de afectación derivado del conflicto, debilidad de la institucionalidad administrativa y de la capacidad de gestión, y la presencia de cultivos de uso ilícito y de otras economías ilegítimas. En ese sentido, después de la firma del Acuerdo Final Para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera entre el gobierno Nacional de Colombia y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia - ejército del Pueblo (FARC-EP) varias zonas del país que se encontraban excluidas durante décadas de la presencia y actuación del estado por el conflicto armado entraron a ser prioridad para la nación a través de los programas de desarrollo con enfoque territorial (PDET). Los PDET buscan el desarrollo y la integración de estas zonas excluidas y golpeadas por el conflicto, a través de la implementación de inversiones públicas progresivas, concertadas con las comunidades. La meta de este programa es lograr la transformación estructural del campo y del ámbito rural buscando la convergencia entre la calidad de vida rural y urbana. Con lo anterior se busca que el campo colombiano se convierta en un escenario de reconciliación para trabajar en un propósito común. Existe la necesidad de generar sistemas agrícolas productivos (SAP), que generen bienestar económico y laboral para los habitantes de estas zonas de una manera sostenible y sustentable. La agricultura y actividades pecuarias son las llamadas a cumplir ese rol. Para un desarrollo sostenible de SAPs es necesario tener en cuenta factores que incluyen, el acceso a fuentes hídricas y energéticas, topografía y condiciones de la zona, requerimientos técnicos y de manejo, aspectos culturales y políticos dentro de la comunidad, y facilidad para la comercialización de productos agrícolas. Sin embargo, uno de los mayores retos en cuanto a la implementación de SAPs en zonas rurales tienen que ver con la falta de acompañamiento técnico con respecto a estos factores, pero también el acceso limitado a guías básicas donde los habitantes puedan consultar e implementar,

independientemente, los procesos y materiales para mantener sistemas agrícolas sostenibles con pautas que ayuden a mantener un equilibrio ambiental, económico y social.

El estado en cumplimiento del Acuerdo de Paz estable y Duradera, adoptó mediante Resolución el Plan Nacional de Riego y Drenaje para la Economía Campesina, Familiar y Comunitaria (PNRECFC). El objetivo del PNRECFC es incrementar la productividad agropecuaria y promover el desarrollo rural integral en las zonas con agricultura campesina, familiar y comunitaria, garantizando el acceso al agua, a través del aprovisionamiento de infraestructura de riego, drenaje y control de inundaciones. Que en conjunto con esta investigación sirven como soporte para el desarrollo de herramientas técnicas de circulación libre que sean de fácil acceso a la población.

En esta investigación se realizó una combinación de la información disponible desde los diferentes entes gubernamentales del país, la cual promueve una visualización sistemática de los varios aspectos (técnicos, socioeconómicos, y sociopolíticos) que se deben tener en cuenta al momento de seleccionar áreas efectivas para la implementación de sistemas de riego. Cabe tener en cuenta que los lineamientos y calificaciones obtenidas no tienen en cuenta aspectos de implementación y herramientas para educar a las comunidades en el manejo de sistemas de riego. Sin embargo, esta guía promueve un proceso igualitario para la toma de decisiones donde se pueden seleccionar los municipios que generaran mayor impacto en términos de producción agrícola y seguridad alimentaria en el país. Al momento del desarrollo de estos lineamientos, para nuestro conocimiento, no habían guías publicas disponibles para la priorización dentro de las zonas afectadas por el posconflicto que permitieran el desarrollo de herramientas y actividades en los municipios PDET. En ese sentido, esta investigación puede ser usada como insumo para la priorización de tanto inversiones públicas como privadas en estos territorios y determinar estrategias con respecto a infraestructura de riego especialmente en los municipios PDET.

Conclusiones y Recomendaciones

En esta investigación se generaron lineamientos para la obtención de un municipio PDET priorizado para riego, teniendo en cuenta los aspectos sociopolíticos que describen la problemática entre conflicto armado, procesos de paz y distribución de tierra y el aspecto socioeconómico como lo son los índices de pobreza y condiciones socioeconómicas de poblaciones con agricultura familiar en la priorizaron de 170 municipios PDET. Dentro de la definición de los aspectos técnicos se escogió el índice de uso de agua (IUA) el cual define la cantidad de agua disponible en la zona luego de ser utilizada por los diferentes sectores usuarios, el índice de aridez permite identificar los excedentes o déficit de agua en la zonas, sistemas acuíferos permite definir si se cuenta con agua subterránea para su aprovechamiento, las áreas potenciales para adecuación de tierras con fines riego (APADT) permite identificar los grados de aptitud para riego y se clasificó en tipos dependiendo de los métodos de riego para los cuales son aptas. De ese mismo modo se identificó dentro de los aspectos socioeconómicos las áreas que probablemente presentan agricultura familiar que son aquellas que delimitan el uso predominante de la mano de obra familiar o comunitaria, donde priman las actividades económicas agropecuarias desarrolladas de forma directa, tienen áreas de la unidad productiva y sus habitantes residen dentro del perímetro funcional de la finca, o el territorio colectivo, del cual se derivan sus medios de vida, y tienen un índice de pobreza multidimensional que permite entender el estado de la pobreza y sus múltiples dimensiones.

Con base en lo anterior se generó una normalización de los puntajes junto con la herramienta de priorización AHP. Se obtuvo el municipio priorizado SAN PEDRO DE URABÁ con los siguientes puntajes para cada una de los criterios: índice de uso de agua de 59, índice de aridez con un puntaje de 60, áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de riego (APADT) con un puntaje de 42, sistemas acuíferos con un puntaje de 81, áreas que presentan probablemente agricultura familiar puntaje de 87, índice de pobreza multidimensional un puntaje de 80. En ese sentido, aunque se presenta un municipio, los lineamientos generados en esta investigación fueron implementados para los 170

municipios PDET y los sistemas de puntuación descritos no incluyen ningún sistema de ranqueo que genere un mayor o menor peso a un aspecto en específico.

Esta investigación pretende motivar el desarrollo de herramientas técnicas que puedan ser desarrolladas por entes gubernamentales, agentes de toma de decisiones, productores y técnicos, que permitan incentivar y apoyar la generación de sistemas agrícolas productivos, que generen bienestar económico y laboral para los habitantes de estas zonas rurales priorizadas de una manera sostenible y sustentable. Puede ser utilizada como insumo para la elaboración de una cartilla de diseño de sistemas de riego de acceso libre para uno de los municipios PDET dentro de las zonas priorizadas por el posconflicto. Esta guía promoverá 1) el uso eficiente del recurso hídrico para producción agrícola 2) sistemas de riego y drenaje que tengan en cuenta criterios técnicos accesibles para la comunidad y 3) sistemas agrícolas productivos rentables, sostenibles y sustentable en el largo plazo.

Bibliografía

Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera. Habana 2016. Recuperado de <https://www.jep.gov.co/Documents/Acuerdo%20Final/Acuerdo%20Final%20Firmado.pdf> el día 15 de septiembre de 2019.

Decreto 893 de 2017. Por el cual se crean los programas de Desarrollo con Enfoque Territorial – PDET. (2014). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia.

Ley 1753 de 2015. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo Nacional: Todos por nuevo país: 2014 - 2018. (2015). Departamento Nacional de Planeación.

Resolución 464 de 2017. Por la cual se adoptan los lineamientos estratégicos de política pública para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria. (2017). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Resolución 091 de 2020. Por la cual se adopta el Plan Nacional de Riego y Drenaje para la Economía Campesina, Familiar y Comunitaria, formulado en cumplimiento de lo establecido en el Punto 1.3.1.2 del Acuerdo Final. (2020). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Resolución 0311 de 2020. Por la cual se adopta el Plan Nacional de Riego 2020-2039. (2020). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales - IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Bogotá 2014. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf el día 10 de mayo de 2020.

Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales - IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Bogotá 2018. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/24277/76321271/Cartilla+ENA+2018+WEB+actualizada.pdf/ba353c39-b15d-4a76-8ed4-3814c4c35239> el día 10 de mayo de 2020.

Agencia de Renovación del Territorio - ART. Mapa de Municipios PDET Subregiones (2015). Recuperado de http://www.renovacionterritorio.gov.co/especiales/especial_PDET/mapa.html el día 18 de noviembre de 2019

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Mapa de índice de Uso del Agua Condiciones Hídricas año medio subzona hidrográfica (2018). Estudio Nacional del Agua. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/iua> el día 10 marzo de 2020.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Mapa Nacional Multianual del Índice de Aridez (2018). Estudio Nacional del Agua. Recuperado en <http://www.ideam.gov.co/web/agua/ia> el día 12 marzo de 2020.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Mapa actualizado de sistemas acuíferos (2018). Estudio Nacional del Agua. Recuperado en http://www.ideam.gov.co/documents/24277/76321271/Cartilla+ENA+2018+WEB+actualiza_da.pdf/ba353c39-b15d-4a76-8ed4-3814c4c35239 el día marzo 10 de 2020.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA. Mapa de Áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de (APADT). Recuperado de: <https://sipra.upra.gov.co/> el día 18 de febrero 2020

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA. Mapa de áreas que probablemente presentan agricultura familiar. Recuperado de: <https://sipra.upra.gov.co/> el día 20 de febrero 2020

Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. Mapa de Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal> el día marzo 10 de 2020

Bernasconi M, Choirat C y Seri R (2010). The analytic Hierarchy Process and the Theory of Measurement. *Management Science*, Vol. 56, No. 4, pp 699-711. Recuperado de

<https://www.researchgate.net/publication/46453797> The Analytic Hierarchy Process and the Theory of Measurement el día octubre 15 de 2020.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA. Criterios generales para la Agricultura Familiar. Recuperado de: <https://www.upra.gov.co/documents/10184/13821/CRITERIOS+GENERALES+PARA+LA+AGRICULTURA+FAMILIAR/27a087b3-92df-4f7b-aab1-9f74dd73829c> el día 20 de febrero 2020

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA. Guía para preinversión en proyectos de Adecuación de Tierras. Recuperado de: <https://www.upra.gov.co/documents/10184/13821/GU%C3%8DA+PARA+PREINVERSI%C3%93N+EN+PROYECTOS+DE+ADECUACI%C3%93N+DE+TIERRAS/f48ae835-5f0e-4e56-b327-cc1782fbbd43> el día 20 de febrero 2020

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA. Preinversión en proyectos de Adecuación de Tierras. Recuperado de: <https://www.upra.gov.co/documents/10184/13821/PREINVERSI%C3%93N+EN+PROYECTOS+DE+ADECUACI%C3%93N+DE+TIERRAS/40cfc400-cf66-438f-a365-1fc22c3288f4> el día 20 de febrero 2021

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR. Lineamientos estratégicos de política pública. Recuperado de <https://www.minagricultura.gov.co/Documents/lineamientos-acfc.pdf> el día 15 de noviembre de 2020