

**Estrategias de manejo para zonas de recarga hídrica en la microcuenca del
río Botello en Facatativá Cundinamarca, Colombia**

**Management strategies for water recharge areas in the Botello river micro-
basin in Facatativa Cundinamarca, Colombia**

Jackeline Bayona Toro a*, Angie Pineda Garay a, Daniel Robledo Buitrago b

a. *Estudiante de la universidad de Cundinamarca, Extensión Facatativá, facultad de ciencias agropecuarias, ingeniería ambiental, Colombia*

b. *Facultad de Ciencias Agropecuarias Grupo Cundinamarca Agroambiental, Universidad de Cundinamarca, Calle 14 Av 15, Facatativá 253051, Colombia*

*Autor de correspondencia: jbayonat@ucundinamarca.edu.co

Resumen

En el presente estudio se realizó la identificación de las zonas con potencial de recarga hídrica para la microcuenca del Río Botello en Facatativá Cundinamarca, mediante la metodología propuesta por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) de Turrialba Costa Rica, donde de acuerdo con el movimiento del agua en el suelo, subsuelo y manto rocoso, estas se pueden clasificar en zonas de recarga hídrica superficial, subsuperficial, subterránea; para este caso se evaluó de manera superficial y a nivel microcuenca, donde se tuvieron en cuenta los diferentes elementos propuestos en el modelo como: la pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, uso del suelo y cobertura vegetal, en la que se identificó que la categoría que más predomina en la microcuenca es la moderada con un 70,1%, después con 20,07 % un alto potencial de recarga, por último con un 7,92

% de baja capacidad de recarga junto con un 1,46% de muy alta y 0,45% de muy baja.

Palabras clave: *Cuenca, Hidrología, gestión, recursos hídricos.*

Abstract

In the present study, the identification of areas with water recharge potential for the Botello River micro-basin in Facatativá Cundinamarca was carried out, using the methodology proposed by the Tropical Agricultural Research and Teaching Center (CATIE) of Turrialba Costa Rica. The areas of water recharge according to the movement of water in the soil, subsoil and rocky mantle, can be classified in areas of surface, subsurface, underground, and sub-terrestrial water recharge; for this case it was evaluated superficially and at the micro-basin level, where the different elements proposed in the model were considered: slope, soil type, rock type, land use and vegetation cover; in which it was identified that the category of recharge potential where predominates in the micro basin is moderate with 70.1%; then with 20.07% a high recharge potential, finally with 7.92% of low recharging capacity together with 1.46% of very high and 0.45% of very low.

Keywords: Basin, Hydrology, management, water resources.

Introducción

La recarga hídrica es el proceso donde se incorpora agua a un acuífero, el cual está compuesto de material permeable capaz de almacenar agua proveniente de: aguas superficiales, precipitación o por el aporte de otro acuífero (1). La lluvia en las zonas de recarga de los acuíferos es una de las principales fuentes de abastecimiento hídrico para los diferentes cuerpos de agua, manantiales y depósitos subterráneos

(2). De acuerdo a lo anterior, es importante la identificación de zonas de recarga para dar a conocer el potencial hídrico subterránea de un área específica (3). Pese a la importancia, solo se manifiesta hasta el 2018, a través del Estudio Nacional del Agua (ENA) las zonas con potencial de recarga hídrica en el país, en las que se destacan modera, baja y muy baja potencialidad de recarga, de acuerdo a esto las zonas con un alto potencial son: los piedemonte a la altura de Yopal y Villavicencio y el de los valles aluviales de la cordillera Occidental en la cuenca Cauca–Patía, así mismo en los abanicos en la cordillera Central en dirección a Ibagué, junto con las terrazas aluviales de la cuenca Vaupés–Amazonas y las dunas en La Guajira (4). En el ENA 2018 no se alcanzaron a identificar en esta escala de trabajo las zonas de recarga localizadas en la sabana de Bogotá, Antioquia, Boyacá, valle Medio del Magdalena, entre otras, por esta razón las zonas potenciales de recarga identificadas son las más representativas a nivel nacional; a medida que se aumente la escala de trabajo, se encontraran áreas de recarga hídrica a una escala regional (4).

La escasez hídrica viene aumentando debido al continuo crecimiento demográfico, cambio climático, urbanización y la contaminación del recurso hídrico lo cual ha contribuido a la explotación de las aguas subterráneas (5). Además de ello, el desarrollo de actividades como: la ganadería, agricultura, el desarrollo urbano e industrial y la producción forestal, generando cambios en las condiciones físicas que alteran las características de las zonas de recarga hídrica provocando la disminución de la tasa de infiltración (6). Impactos como la erosión, compactación e impermeabilización generan un aumento de la escorrentía pero al mismo tiempo

reduce la recarga de los acuíferos, y por consiguiente disminuyendo el nivel de las aguas subterráneas (2). También la variabilidad climática aporta en la reducción de la disponibilidad de agua en algunas regiones que presentan estrés hídrico y tiende a aumentarla en otras, es así que este se determina de acuerdo al aumento o disminución en la variación de las precipitaciones (7).

En este contexto el recurso de agua subterránea constituye amortiguador contra los efectos de variabilidad climática en el abastecimiento de aguas superficiales, debido a las reservas que se encuentran en los acuíferos (8). El recurso hídrico subterráneo cumple un importante rol en el equilibrio ecosistémico de los hábitats acuáticos, puesto que provee una descarga anual y regula los arroyos y ríos (9). Algunas cuencas hidrográficas ubicadas en zonas bajas, el agua subterránea aporta el 90% del caudal de un río durante períodos secos, mientras que en los lugares más altos que tiene las cuencas hidrográficas, los depósitos de agua subterránea son un poco más condicionados, ya que el caudal del río fluye a una velocidad menor (10).

En el presente documento tiene como objetivo identificar las zonas con potencial de recarga hídrica para posteriormente proponer alternativas de manejo para la gestión integral de la microcuenca del río Botello en Facatativá, Cundinamarca. Inicialmente se caracterizó las condiciones biofísicas y geológicas, para posteriormente conocer las zonas con potencial de recarga hídrica que abastecen esta microcuenca a partir de la metodología del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza de Turrialba, Costa Rica (2), con el fin de plantear las medidas para el manejo de las zonas con potencial de recarga hídrica identificadas

en el municipio y finalmente proponer medidas sostenibles en las zonas identificadas.

Caracterización de la microcuenca del Río Botello en Facatativá

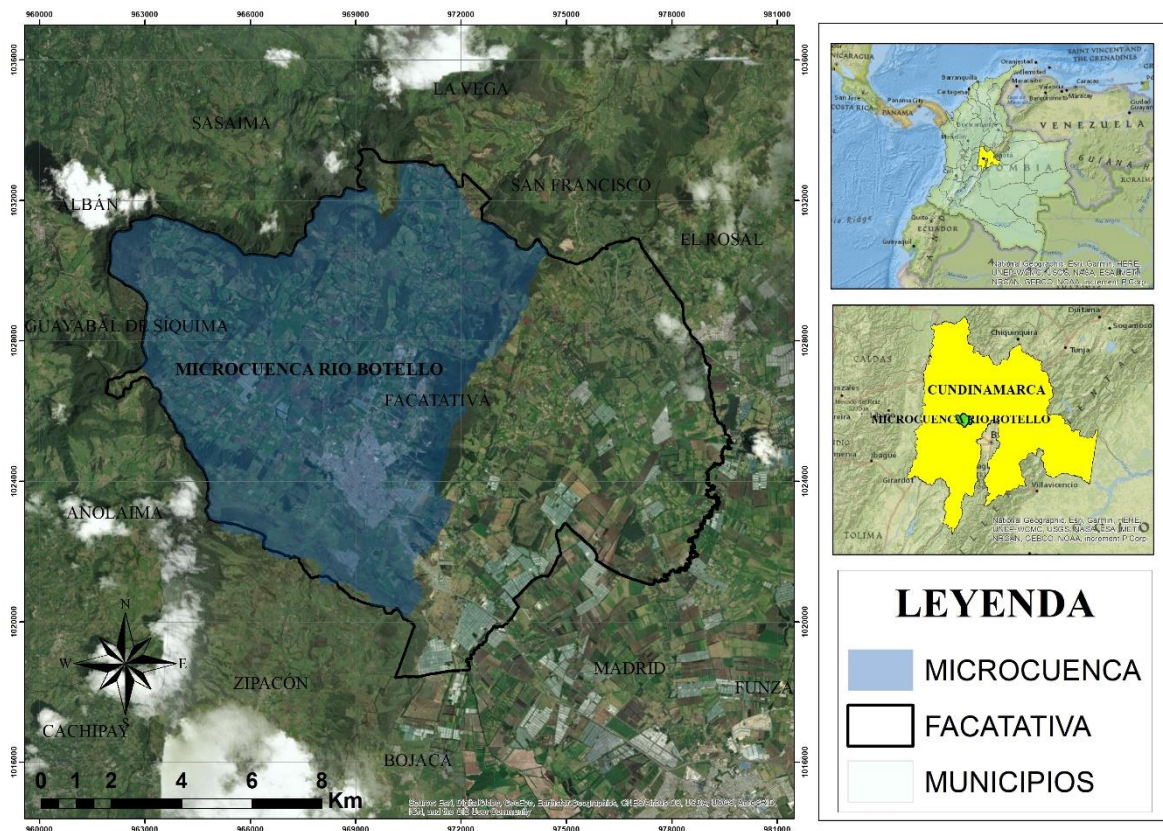
Cundinamarca, Colombia

En el área objeto de estudio se destaca la cadena montañosa de la cordillera Oriental, la cual está constituida por los cerros del Aserraderos y Santa Elena en dirección Sur Occidente, formando el cerro de Manjuy y en dirección Occidente Oriente se forman los cerros Churras, Piedrecitas y Mancilla, donde los más representativos son el Río Botello y el Río Subachoque, que convergen al Río Bogotá (11). Es así como la microcuenca del Río Botello se encuentra situada dentro de la subcuenca del río Balsillas, así mismo delimita en la cuenca media del Río Bogotá (12).

Del cerro Pan de Azúcar, ubicado al suroccidente de la cabecera municipal a una altura que oscila entre los 2850-3000 m.s.n.m. en la vereda de la Tribuna provienen las quebradas la laja, las cruces y la muña que conforman el tramo del río Andes, cuando esta formación llega al casco urbano y se alimenta por las quebradas el Vino, San Rafael, la Pava y pozo de la Mirta formando el Río Botello (13). Esta microcuenca tiene un área total aproximada de 10.829 ha, y se localiza en el departamento de Cundinamarca, abarcando gran parte del área del municipio de Facatativá, debido a que de las catorce veredas que conforman el municipio, nueve hacen parte de esta microcuenca, las cuales son: La tribuna, La selva, Los manzanos, Pueblo viejo, Corito, El prado, Moyano, Mancilla y San Rafael, además, esta microcuenca abarca el 70% del área urbana del municipio (14). La microcuenca

del Río Botello emerge del Cerro Peñas del Aserradero realizando un trayecto de 25 km aproximadamente, en el cual sus aguas convergen al Río Subachoque y son admitidas aguas abajo por el Río Balsillas, pasando a ser tributario del Río Bogotá (15).

Figura 1. Localización de la microcuenca del Río Botello- Facatativá Cundinamarca



El régimen climatológico de esta microcuenca se da a partir de la información consignada en el POMCA del 2018 de la subcuenta del Río Balsilla, el cual indica que la distribución climática anual es bimodal, la cual es producida por la zona de confluencia intertropical, siendo 806.5mm el valor promedio total anual, donde se tiene un registro que las cifras máximas superan los 1.100 mm y mínimos por debajo de los 550 mm y la evapotranspiración media es de 900 mm aproximadamente (12).

Así mismo, los promedios mensuales de temperatura, demuestran una distribución bimodal, ya que se presentan temporadas de altas lluvias de marzo a junio y de octubre a diciembre, y de escasas precipitaciones de enero a febrero y julio a septiembre (16). Cabe resaltar que el valor promedio anual de temperaturas mínimas medias en Facatativá osciló entre 2,4 °C y 7,8 °C, mientras que los máximos es de 14.0 °C y 20.1 °C, indicando que para el municipio se clasifique en un piso térmico frío (16).

Teniendo en cuenta los promedios anuales de la temperatura, se tienen las cifras más altas en brillo solar en los meses de diciembre y a marzo, siendo enero el mes con mayor valor puesto que se tiene un registro de 180 horas, de abril a mayo se presentan las cifras menores, pero en octubre se presenta un valor de 110 horas; de acuerdo a lo anterior y específicamente para la microcuenca se tiene un valor total anual de 1600 horas en promedio, así mismo teniendo un total de 1986 como nivel máximo y mínimo de 1204 horas (12).

Según el POT de Facatativá el área estimada de suelo rural de protección era de 1600 hectáreas para 2012, lo que representó aproximadamente la cuarta parte de las zonas que presentaron vocación agrícola de manera intensiva la cual fue de 6.370 hectáreas (14). Esto deja en evidencia que en el municipio de Facatativá se ha presentado un conflicto por modificación y sobreutilización del suelo, a causa de que las áreas que tienen una vocación forestal han sido reemplazadas con matrices de pastos con fines ganaderos y otros para cultivos principalmente de fresa (14). Es evidente en el lugar que las zonas donde anteriormente eran áreas de bosque nativo ahora han sido intervenidas para ser transformadas en cultivos agrícolas generando un impacto en el ambiente, influyendo sobre el clima, los ciclos biogeoquímicos, las

emisiones de gases de efecto invernadero, la biodiversidad y la continuidad de los ecosistemas que acogen la mayor parte de la biodiversidad en la microcuenca (17).

Potencial de recarga hídrica en la microcuenca del Río Botello, Facatativá Cundinamarca

La microcuenca del Río Botello pertenece a la subcuenca del río Balsillas, ubicada en el sección meridional en la Provincia Fisiográfica de la cordillera Oriental, presentando un afloramiento de rocas sedimentarias provenientes de la edad Paleógena – Neógena, Cretácica y Cuaternaria, que sufrieron afectaciones debido a pliegues y fallas producto de la tectónica compresiva que originó el desplazamiento vertical en la cordillera (12). Es así que el municipio de Facatativá se caracteriza por que su casco urbano se encuentra ubicado en una zona plana y las zonas montañosas que rodean el municipio están formadas por rocas pertenecientes a los grupos Pleaners, Arenisca Dura y Labor y Tierna perteneciente a la formación Guadalupe (18). Debido a esto el sector presenta un moderada captación hídrica, ya que este presenta índices de escurrimiento bajos en las aguas superficiales y escasos procesos erosivos; es así como requieren de mínimas prácticas de manejo para mantener la economía hídrica del sector y evitar posibles flujos torrenciales e inundaciones (19).

La identificación de las zonas de recarga para la microcuenca del Río Botello se realizó con base a la metodología propuesta en el año 2009 por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) de Turrialba, Costa Rica (2). Puesto que es una metodología que permite a los municipios o comunidades realizar estudios para la identificación de las zonas con potencial de

recarga hídrica a bajo costo, así mismo facilitará y orientará mejor uso, manejo y aprovechamiento, ya que tiene una aplicación simple(3). Cabe señalar que este tipo de estudios son una primera aproximación que aporta evidencias innovadoras al estudio sistémico del agua subterránea, es decir a las zonas de recarga-descarga (20). Sin embargo, para áreas en donde hay poca disponibilidad de recursos esta metodología constituye una estrategia eficiente según lo muestran diversos estudios aplicados en Latinoamérica como la Identificación de zonas potenciales de recarga y descarga de agua subterránea donde la aplicación de esta metodología complementa de forma positiva de los resultados en México (20).

Al igual que México países como: Guatemala, Perú, Costa Rica y Ecuador; han implementado esta metodología en diversos estudios como una estrategia eficaz para proteger las zonas de recarga contemplando no solo la conservación, sino también planteando estrategias de mejoramiento en función de las fuentes hídricas que pueden abastecer las comunidades (21).

La aplicación de esta metodología es relevante en la generación de información base para la construcción de planes de ordenamiento territorial, teniendo en cuenta la protección de las áreas de recarga, ya que el diseño de los programas de conservación incorporando pagos por servicios ambientales hidrológicos en la dinámica y las características del agua subterránea (22).

Esta metodología plantea que la circulación del agua en el suelo, subsuelo y manto rocoso, las zonas de recarga, permite la clasificación de modo superficial, subsuperficial, subterránea (2). En el presente estudio se realizó la identificación

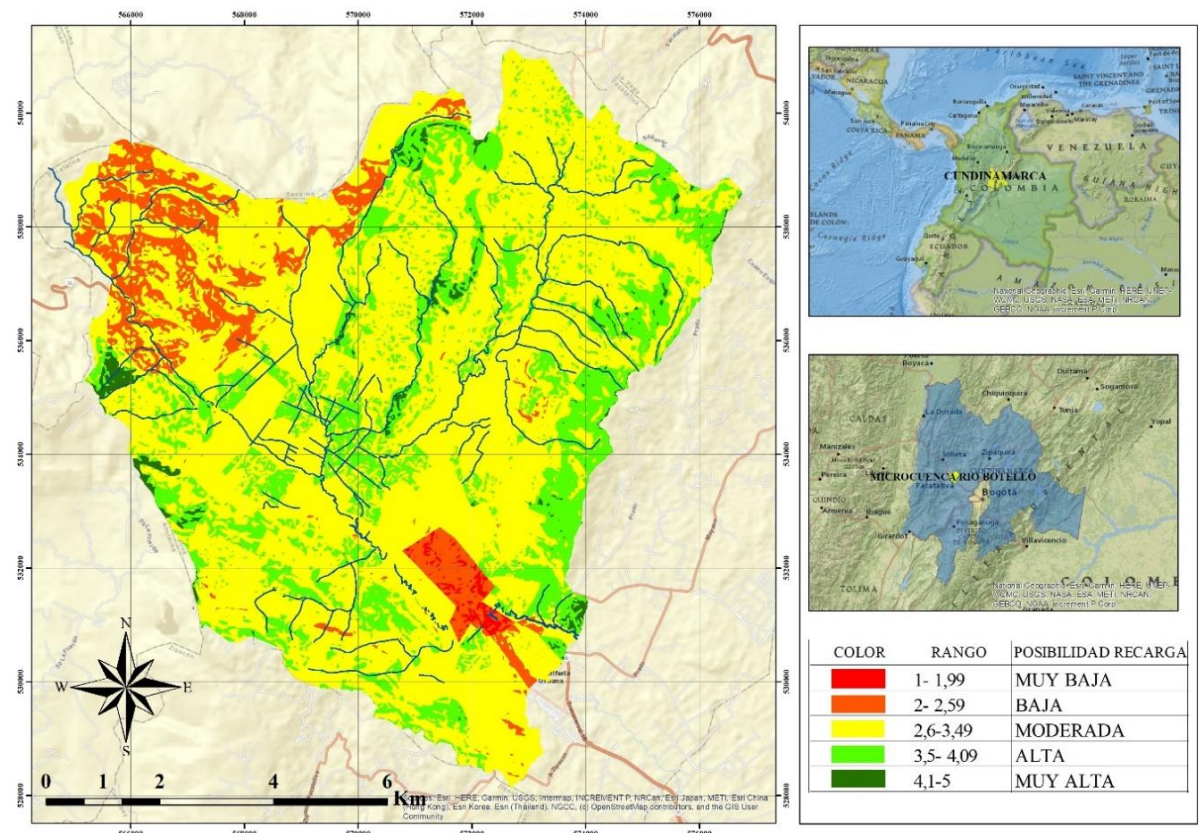
de las zonas de recarga superficial, las cuales pertenecen prácticamente a toda la cuenca hidrográfica, donde la precipitación es fundamental y más grande fuente de abastecimiento de agua para los diferentes cuerpos de agua, manantiales y depósitos subterráneos (2).

La identificación de las zonas de recarga para la microcuenca del Rio Botello se realizó a partir de la elaboración de un mapa de ZPRH (zonas con potencial de recarga hídrica) por medio de los sistemas de información geográfica utilizando el software ArcGis, caracterizando y alimentando esta herramienta con los factores biofísicos como: tipo de suelo, pendiente, cobertura vegetal y uso del suelo; de acuerdo a estos elementos fueron reemplazados en la ecuación haciendo uso de la calculadora de campo de dicho software; la cual fue propuesta por Mateus, Faustino., et al. (2009). $ZR = [0,27 * (Pend) + 0,23 (Ts) + 0,12(Tr) + 0,25 (Cve) + 0,13 (Us)]$, donde los valores se ponderaron con base a la metodología de SAATY la cual consiste en determinar los pesos o coeficientes con los que intervienen un grupo de variables independientes en combinación (Modelo), con el fin de obtener el valor de una variable dependiente; estos factores de peso que tiene cada elemento biofísico están correlacionados de acuerdo a su importancia, aportes o influencia en la infiltración (23). Finalmente para cada elemento se obtuvo la ponderación correspondiente de acuerdo al área objeto de estudio (2).

De acuerdo con la ecuación se generó un mapa con las ZPRH, el cual representa de baja a la más alta capacidad de recarga presente en la microcuenca. Como se evidencia en la (Figura N°2), se evaluaron las cinco categorías propuestas por el

CATIE de acuerdo a su metodología de capacidad de recarga, en la que se puede evidenciar que la categoría que más predomina en el área objeto de estudio es la moderada con un 70,1%; después con 20,07% un alto potencial de recarga, por ultimo con un 7,92% de baja capacidad de recarga junto con un 1,46% de muy alta y 0,45% de muy baja indicando que esta de muy baja predomina en la parte alta del nacimiento del Río Botello y en el perímetro urbano.

Figura 2. Mapa de potencial de recarga en la microcuenca del Río Botello, Facatativá Cundinamarca.



La baja capacidad de recarga en el nacimiento del afluente y en el casco urbano que se encuentra inmerso en la microcuenca, es debido principalmente a los cambios en el uso del suelo; además de ello se puede afirmar, que de acuerdo a lo

obtenido y junto con el estudio general de suelos de Cundinamarca, que es una zona que presenta una serie de cultivos transitorios y permanentes, además la expansión de la infraestructura en la periferia urbana dificultando los procesos de infiltración que permiten la recarga hídrica (24).

Evaluando los diferentes elementos para la construcción del mapa, la microcuenca del Río Botello presenta suelos en su mayoría van de profundos a muy profundos, donde las texturas son relativamente finas, y presentan una productividad de moderada a alta, así mismo la acidez es de ligera a moderada; es así, que en la microcuenca predominan los cultivos transitorios, permanentes, semipermanentes e intensivos, donde estos cultivos son propios de clima frío (cultivos de hortalizas, frutales, flores y ganadería) y algunas zonas están destinadas a uso forestal (25).

A pesar de que los suelos no estén completamente destinados a la producción forestal, como se evidencia en el mapa de ZRPH, el subsuelo presenta unas características particulares que permite la recarga hídrica, debido a que presenta un afloramiento de rocas sedimentarias donde estas formaciones pertenecen a la edad Cretácica Superior, entre las que se encuentran la Formación Plaeners (Ksglp), Arenisca Dura (Ksgd), Labor y Tierna (Ksglt), seca (Kpgs) y Guaduas (KPgg) que contribuyen a la recarga de los acuíferos en la que se pueden desarrollar procesos de producción sostenible en función de la conservación de esta zona para convertirla en una categoría con alto potencial de recarga (18).

La escorrentía es la cantidad de precipitación que escurre por la red de drenaje sobre el suelo, cuando ocurren fuertes e intensas precipitaciones, el agua llega

hasta la superficie, haciendo que se produzca infiltración, saturación y la escorrentía (26). En la microcuenca la acción de la escorrentía provoca erosión remontante o regresiva en las paredes de los drenajes naturales, favoreciendo al incremento de los sólidos en los ríos, mientras la distribución de los drenajes naturales puede llevar a eventos torrenciales (19).

Según Figueroa en 2015 afirma, que cuando el potencial de recarga en una microcuenca sea moderado se aduce principalmente a que gran parte del área presenta estratificaciones que favorecen la infiltración cuando existen fracturas y discontinuidades verticales, ya que estas aberturas son capaces de crear una superficie donde el movimiento del agua meteórica alimenta el manto del acuífero; Además de ello, estas fracturas son significativas puesto que a partir de ellas se empieza la infiltración y al mismo tiempo produciendo la disolución de las rocas (27).

El relieve en general para la Sabana de Bogotá y especialmente para la provincia de Sabana de Occidente, presenta unas características de plano a ligeramente ondulado con pendientes menores de 7%, el cual se ha sentado debido al aporte de capas relativamente delgadas provenientes de cenizas volcánicas, las cuales cubrieron los materiales originales de tipo aluvial y lacustre (28). Para el caso de las zonas que han sido identificadas con un alto potencial de recarga según Figueroa, en las coberturas vegetales probablemente existan áreas con bosques naturales y unidades arbustivas con pendientes del 15% y 45% (27).

Alternativas de manejo para la conservación de las zonas con potencial de recarga en la microcuenca del Río Botello, Facatativá Cundinamarca.

Teniendo en cuenta que cerca del 92 % del área del municipio tiene capacidad de infiltración, el área que tiene alto potencial se debe garantizar por parte de las entidades competentes (CAR, alcaldía municipal de Facatativá, Empresa de Acueducto) para que las condiciones que permiten la infiltración en la superficie sean las adecuadas (18). Por lo tanto, desde lo normativo, instrumentos de planificación (POT, POMCA, PDM, etc), y actuaciones de los entes de vigilancia y gestión de los recursos naturales definan estrategias articuladas orientadas a garantizar un uso adecuado de las zonas de recarga.

Por otra parte, es importante incorporar en las estrategias de desarrollo municipal los planes, programas y proyectos para el estudio de las aguas subterráneas donde se contemple monitoreo sistemático de los niveles de pozos, su calidad de agua, etc. Realizar vigilancia y control de las zonas de infiltración que permitan el desarrollo de actividades económicas que sustenten las comunidades asentadas con baja reducción de las condiciones de recarga.

Cada vez estas áreas de recarga hídrica en las últimas décadas se han visto afectados ya que la alteración de la cobertura vegetal, deforestación, uso del suelo y la introducción de especies exóticas, han generado amplias problemáticas que requieren una alta demanda en el recurso hídrico (29).

Así mismo la constante expansión urbana y la ocupación de las zonas de ronda hídrica de los afluentes han sido usadas para cultivos y expansión urbana afectando

directamente el manejo y uso de las aguas superficiales en términos de cantidad y calidad generando una sobreexplotación tanto del agua como del suelo, lo que conlleva al deterioro de las zonas de recarga (29).

En este contexto la importancia de estas zonas de recarga radica principalmente en que hacen parte del ciclo hidrológico, así mismo el aprovechamiento en el ámbito social junto con el equilibrio ecológico, ya que es indispensable garantizar la protección, la cantidad y calidad del recurso hídrico, fundamental en el bienestar de todo ser vivo (30).

Con base a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que se plantearon en el año 2012, en la reunión de desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas, y que comenzaron a regir en el año 2015 con el fin de proteger el planeta, radicar la pobreza y garantizar que la población disfruten de prosperidad y paz para el año 2030 (31). En este contexto y especialmente en el objetivo quince, busca fomentar el sostenible de los bosques y ecosistemas terrestres, además resalta el esfuerzo contra la degradación y desertificación de los suelos junto con la pérdida de biodiversidad (31). Partiendo de este objetivo es importante la unión de esfuerzos en función de la conservación de los ecosistemas, así como una consideración de las consecuencias ambientales debido a la ampliación de la frontera agrícola y la sobreexplotación de la tierra.

Es así que mediante el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP) se articulan diferentes tipos de apoyo y cooperación, no sólo a nivel institucionales y financieras, sino a nivel técnico y ambiental, permitiendo un manejo comunitario,

para desarrollo y uso sostenible de los ecosistemas terrestres, para la reconocimiento de las áreas protegidas, en función de la conservación de áreas para la prestación de servicios ambientales (32).

Como lo enmarca la resolución emitida por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) mediante la Resolución 0976 de 2015 la cual reglamenta que las zonas de protección ambiental del tramo que comprende en su totalidad el río Botello, ya que la CAR como autoridad ambiental competente, deberá garantizar un manejo y aprovechamiento de los recursos en función de la conservación para la protección ante eventos extremos causados por los ríos y quebradas (30).

Esta resolución en el artículo 1 indica que la zona de la ronda hídrica del río Botello se establece como zona de protección, siendo esta la franja que abarca la línea que presenta los niveles promedios máximos de los últimos 15 años, junto con una línea paralela a esta última la cual se localiza a 30 metros a lado y lado del cauce, que comprende aproximadamente un área total de 323945,85 m² (30). Así mismo se establecen unos usos para las zonas de ronda entre los que se destaca la conservación de suelos, restauración de vegetación, recreación, captación de aguas y finalmente la restricción para actividades agropecuarias, industriales, urbanas, disposición de residuos, edificaciones y tala indiscriminada (33).

Según lo mencionado anteriormente, teniendo en cuenta el plan de desarrollo municipal junto con el plan de ordenamiento territorial (POT) 2001-2021, se destacan las zonas de protección ambiental y de reserva forestal de la estructura

ecológica principal del municipio siendo estos, elementos ecológicos significativos que forman parte del territorio (14).

De acuerdo POT, se destacan como factores principales: áreas protegidas y de reserva forestal, el Distrito de Manejo Integrado (DMI) junto con los cuerpos hídricos y sus rondas, incluyendo así mismo el parque arqueológico, los caminos reales y humedales. Dentro del área protegida y de reserva forestal se encuentran: los Cerros Pan de Azúcar, Mancilla, el Negro, la Cuchilla de Barro Blanco, la Cuchilla de Peñas Blancas, Sorento, Manjui, Alto de las Cruces y Malabro; donde la cantidad de áreas protegidas en el municipio de Facatativá es de 3164,82 ha y constituye el 74% del total del área que hace parte de los elementos ecológicos más representativos (34).

De modo que es necesario involucrar a las autoridades encargadas en la toma de decisiones y medidas que permitan la protección y preservación de las zonas de recarga, ya que en el POT vigente del municipio y el plan de desarrollo municipal no cuentan con medidas y estrategias para el uso adecuado y manejo de las aguas subterráneas. Cabe resaltar que estas estrategias no solo se deben basar en acciones puntuales como la reforestación, si no en variables más determinantes como el régimen hídrico de la cuenca fluvial; la sedimentación y erosión de acuerdo con las condiciones geológicas, climáticas y de otros tipos (30).

A partir de la estrategia nacional y bajo las políticas municipales se deberán formular y ejecutar bajo el lineamiento que instaura el Plan Nacional de Desarrollo Regional donde se incluyan las cuencas hidrográficas, además articulados con los Planes de

Desarrollo y Ordenamiento Territorial, con el fin de promover e instaurar acciones enmarcadas en la protección y conservación de las zonas de recarga y descarga natural para así disminuir las amenazas como el deterioro físico en los cambios del uso de la tierra, erosión, contaminación (12).

También, lograr la protección de zonas vulnerables que requieren atención especial y regulación debido a las actividades antrópicas, para finalmente obtener un suministro hídrico en cantidad y calidad bajo sistemas de manejo y sostenibilidad para poder cumplir con las necesidades de cualquier ser vivo y así mismo disponer del recurso en el contexto de desarrollo sostenible y económico (30).

Conclusiones

De acuerdo con las condiciones presentes en el municipio de Facatativá y específicamente en la microcuenca del Río Botello, el subsuelo tiene condiciones propicias para que se dé el proceso de recarga hídrica, ya que afloran rocas sedimentarias cuyas formaciones corresponden a la edad cretácica superior que contribuyen a la recarga de los acuíferos, pero debido a las actividades antrópicas como los cultivos transitorios propios de clima frío dificultan el proceso de recarga en la microcuenca. Es así que por medio de la metodología propuesta por el CATIE se identifica las zonas con potencial de recarga hídrica a nivel superficial, subsuperficial, subterránea; evaluando los diferentes elementos que propone el modelo como: pendiente, uso del suelo, tipo de roca, tipo de suelo y cobertura, donde se logró identificar que la categoría que predomina en la microcuenca del Río Botello es la moderada con un 70,1%; después con 20,07% un alto potencial de recarga, un 7,92% de baja capacidad de recarga junto con un 1,46% de muy alta y

0,45% de muy baja. De acuerdo a los resultados obtenidos las autoridades competentes en la gestión del recurso hídrico deberán mancomunar esfuerzos en los que se contribuya a la conservación y al manejo eficiente es estas zonas, con el fin de transformar las áreas que se encuentran en categoría moderada a un alto potencial de recarga destacando la importancia de este proceso tanto a nivel ambiental como socioeconómico. Así mismo es importante considerar que el enfoque legislativo fortalecerá los mecanismos de control en las zonas de recarga por medio de permisos, sanciones y el manejo regulado de los recursos hídricos superficiales y subterráneos; donde las autoridades deberán asumir la responsabilidad de establecer criterios y lineamientos para una gestión y uso del recurso hídrico, con el fin de que todos los ciudadanos contribuyan con la protección de los recursos naturales para así obtener un aprovechamiento efectivo en función de las presentes generaciones y las futuras.

REFERENCIAS

1. IDEAM. Glosario [Internet]. Bogota DC: IDEAM; 2015. [10 de abril de 2021]
Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/apoyo-tareas-ninos-jovenes>
2. Jiménez F, Matus O, Faustino J. Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica Índice. Guía para la identificación Particip Zo con potencial recarga hídrica Apl práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicar. [internet] 2009;(38):74-82. Disponible en:
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN10M433.pdf> 3.
3. Figueredo J. Metodología Para Determinar Zonas De Recarga Hídrica En Municipios O Comunidades Con Recursos Financieros Limitados. unimilitar.

[Internet]. 2019 [12 de abril de 2021];1(24). Disponible en:

https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/34946/FIGUERE_DOPANJORGELUIS2019.PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

4. IDEAM. Estudio Nacioanl del Agua 2018 [Internet]. 2019. 452 p. Disponible en: http://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2018-comprimido.pdf
5. FAO. Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria [Internet]. Informe Sobre Temas Hídricos no. 38. 2013. 97 p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
6. Espinosa Ramírez M, Andrade Limas E, Rivera Ortiz P, Romero Díaz M. Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. Papeles Geogr. 2011;(53):77-88.
7. Iglesias A, Estrela T, Gallart F. Impactos sobre los recursos hídricos por cambio climatico - españa. 2007;303-54. Disponible en: http://www.jmcprl.net/PUBLICACIONES/F13/CAMBIO CLIMAT ESPAÑA/07_recursos_hidricos.pdf%5CnBajado el 3 de abril de 2011
8. Groundwater Governance - A Global Framework for Action. Global Diagnostic on Groundwater Governance [Internet]. 2016. 210 p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5706e.pdf>
9. MADS. Política Nacional para la Gestion Integral del Recurso Hidrico. Vol. 1, Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. 124 p.
10. Smith M, Cross K, Paden M, Laban P. Acuíferos; Gestión Sostenible de Aguas Subterranas [Internet]. Spring : managing groundwater sustainably. 2016. 1-137 p. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/node/49139>

11. Aldana LEF. Analisis morfometrico de la subcuenca rio Andes-Botello. Univerisidad de cundinamarca. 2012;34.
12. POMCA. Plan de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas Hidrograficas. Elaboración del diagnostico, prospectiva y formulación de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá Subcuenca del río Balsillas. 2019;520. Disponible en: <https://www.car.gov.co/vercontenido/41>
13. Rodríguez A, Pérez P. Análisis espacio-temporal del proceso de fragmentación de bosques en la microcuenca “Río Botello”, mediante el uso de tecnologías de la información geográfica. [internet] 2019. [18 de abril de 2021] Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2667>
14. Facatativa A de. Plan de ordenamiento territorial (POT) 2001-2021 Facatativa. Facatativa; [internet] 2002.Disponible en: [file:///C:/Users/SuperUs/Downloads/Facatativa+POT+Faca+2002%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/SuperUs/Downloads/Facatativa+POT+Faca+2002%20(3).pdf)
15. Vega Mendoza Helmer. Propuesta Para Promover el Manejo Eficiente del Recurso Hídrico en la Microcuenca Alta del Río Botello en el Municipio de Facatativá, Desde el Marco de la Gestión Integral del Agua. [internet] 2011;154. [12 de junio de 2021] Dispoble en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/3644>
16. Robledo-Buitrago DA, Polanco-Puerta MF, De Luque-Villa M, Mesa-Caro M, Calderón-Ricardo CA. Climate Change Trends in Colombia: A Case Study in Facatativá, Cundinamarca. Int J Sustain Dev Plan. [internet] 2021;16(3):535-42. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/352664389_Climate_Change_Tren

ds_in_Colombia_A_Case_Study_in_Facatativa_Cundinamarca

17. Paruelo, J., Guerschman, J., & Verón S. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. Cienc Hoy [Internet]. 2005;15:14, 23. Disponible en:
<http://ced.agro.uba.ar/granchaco/sites/default/files/pdf/sem6/Paruelo>
18. Castañeda Celeita WA, Ricardo JR. Interacción del Río Botello con el acuífero de Facatativá, mediante el uso del modelo hidrogeológico conceptual y técnicas hidrogeoquímicas. Univ Bogotá Jorge Tadeo Lozano [Internet]. 2018; Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/7786>
19. IGAC. Análisis de las Cuencas Hidrográficas. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Cundinamarca Cundinamarca. [internet] 2000;497-538. Disponible en: https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=45767&shelfbrowse_itemnumber=76360
20. Hernández R, Martínez L, Peñuela L, Rivera S. Identificación de zonas potenciales de recarga y descarga de agua subterránea en la cuenca del río Ayuquila-Armería mediante el uso de SIG y el análisis multicriterio. Scielo [Internet]. 2020;(101):11-3. Disponible en:
https://repositorio.unam.mx/contenidos/la-evaluacion-multicriterio-como-instrumento-de-los-sistemas-de-informacion-geografica-62116?c=VvrMI7&d=false&q=*&i=7&v=1&t=search_0&as=0
21. IGAC. Estudio general de suelos de Cundinamarca. [internet] 2000. [12 de junio de 2021] Disponible en: <https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac->
22. Ruiz Tatiana. Técnica U, Norte DEL. MODELACIÓN CARTOGRÁFICO - HIDROLÓGICA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO TAHUANDO PARA EL

MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG.

Univ técnica del norte [Internet]. 2016;24. Disponible en:

[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5333/2/03 RNR 227](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5333/2/03_RNR_227)

ARTICULO.pdf

23. Rivera-Martínez SL. Universidad Nacional Autónoma De México. 2013;4-6. Disponible en:
http://www.geocities.com/alaro2001/espanyol/historia_cast.htm.
www.epec.com.ar/PaginaOficial2/docs/.../fichaguerra_ctes.pdf
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/1439/1/tesis.pdf>
24. IGAC. Estudio general de suelos de Cundinamarca. [internet] 2000. [12 de junio de 2021] Disponible en: <https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac->
25. Arévalo A. JM. Clasificación de las Tierras por su Capacidad de Uso. Estud Gen Suelos y Zo Tierras del Dep Cundinamarca. 2000;457-96. Disponible en: <https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac->
26. Sandra Aileen Cuevas Gomez. Determinacion de la escorrentia pico para la subcuenca de l drenaje S/N tributario del rio acacias con ayuda del software ILWIS [Internet]. Universidad Catolica de Colombia; 2014. Disponible en: [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2093/1/DETERMINACIÓN DE LA ESCORRENTIA_DRENAJE SN .pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2093/1/DETERMINACIÓN_DE_LA_ESCORRENTIA_DRENAJE_SN.pdf)
27. Figueroa MJC. IDENTIFICACION DE LAS ZONAS POTENCIALES DE RECARGA HÍDRICA TZUNUTZ [Internet]. Universidad de San Carlos de Guatemala; 2015. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/17/17_0549.pdf
28. Arias PRRJMA. Genesis y taxonomia de los suelos. Estudio General de

suelos de Cundinamarca. [internet] 2000;36. Disponible en:

<https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac->

29. Hernández Garzón M. Análisis territorial de la problemática ambiental urbana: el caso del municipio de Facatativá, Cundinamarca, Colombia (1980-2010). [internet] 2019;24(1):92-115. Disponible en:
<https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/9074>
30. Caceres LFD. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RECARGA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO NEGRO, CIUDAD DE GUATEMALA. Univ Rafael Landivar. 2015;0(0):71.
31. Herrera F. ODS en. Pnud [Internet]. 2018;74. Disponible en:
https://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/ODS/undp_co_PUBL_julio_ODS_en_Colombia_los_retos_para_2030_UNU.pdf
32. Organización Internacional del Trabajo. Manual de referencia Sindical sobre la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [Internet]. Vol. 1, Organización Internacional del Trabajo. 2017. 104 p. Disponible en:
http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@actrav/documents/publication/wcms_569914.pdf
33. (CAR) C autonoma regional. Resolucion 0973 el 2015 [Internet]. 2015. p. 70. Disponible en: <http://www.car.gov.co/uploads/files/5ae237efe4a66.pdf>
34. Alcaldia Municipal de facatativa. Plan de Desarrollo Municipal. “ facatativá correcta, un propósito común 2020 – 2024 ”. [internet] 2020. Disponible en:
<http://www.concejo-facatativa-cundinamarca.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-20202024>