

DOI: 10.24850/j-tyca-2019-05-01

Artículos

Caracterización de usos del recurso hídrico en el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia

Characterization of uses of water resources in the National Natural Parks System of Colombia

Erika Naileth Casallas-Garzón¹

Álvaro Martín Gutiérrez-Malaxechebarría²

¹Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, encasallasg@correo.udistrital.edu.co

²Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, amgutierrezm@udistrital.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-2306-1610>

Autor para correspondencia: Álvaro Martín Gutiérrez-Malaxechebarría, amgutierrezm@udistrital.edu.co

Resumen

El 12.8% de la superficie de Colombia corresponde a áreas naturales protegidas, pertenecientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales. Dentro de éstas se desarrollan actividades antrópicas que utilizan agua dulce. Se presenta la primera caracterización del uso y aprovechamiento del recurso hídrico al interior de tales áreas protegidas, mediante la cual se pretende establecer la relación entre el estado y la gestión del recurso y las zonas de estudio, teniendo en cuenta la presión ejercida sobre las fuentes hídricas en cuestión, considerando la dualidad oferta-demanda de las mismas. Se obtuvo información de 22 variables cualitativas y cuatro variables cuantitativas del total de áreas protegidas continentales de Colombia; se trataron a través de un análisis de correspondencias múltiples, que incorpora aspectos geográficos, ambientales y estructurales. El estudio revela, entre otros aspectos, que si bien hay diferencias entre cada región del país, actualmente casi 88%

de los puntos de aprovechamiento de agua en las áreas protegidas nacionales se encuentra sin legalizar.

Palabras clave: área protegida, gestión del recurso hídrico, gobernanza del agua, parques nacionales naturales, usos del agua.

Abstract

12.8% of Colombia's surface corresponds to protected natural areas, belonging to the National Natural Parks System. Anthropogenic activities have been developed there and they require the use of multiple ecosystem services, especially of sweet water. This paper presents the first characterization of water exploitation and use inside the System's protected areas, and aims to establish the relationship between the State —resource management— and the studied zones. We collected Information of 22 qualitative and four quantitative variables of the whole Colombian continental protected areas; the data were analyzed through a multiple correspondence analysis that involves geographical, environmental and structural aspects. Among other aspects, the study reveals that although there are regional differences, almost 88% of the sources of water exploitation in the country's protected areas is currently non-legalized.

Keywords: Protected area, water resource management, water governance, national natural parks, water uses.

Recibido: 14/06/2018

Aceptado: 22/11/2018

Introducción

Los gobiernos en el mundo se han comprometido a conservar 17 y 10% de las áreas terrestres y marinas, respectivamente (Butchart *et al.*, 2015), la mayor parte de las cuales es de especial importancia para la biodiversidad o de representatividad ecológica. La instauración de

nuevas áreas protegidas ha sido motivada por un amplio rango de consideraciones de tipo ético, utilitario, estético y económico (Doak, Bakker, Goldstein, Hale, & Barnett, 2011), y las políticas relacionadas con la conservación de los ecosistemas deben responder también a la función de servicios ecosistémicos.

Los servicios ecosistémicos corresponden a aquellos beneficios que las comunidades obtienen del medio natural que los rodea; son directos cuando se trata de producción de provisiones o de la regulación de ciclos naturales, mientras que los indirectos se relacionan con los procesos de funcionamiento de los ecosistemas y son ampliamente conocidos como servicios de apoyo, como control de la erosión, polinización o mantenimiento de hábitats; por último, los servicios culturales son aquellos que promueven la educación ambiental, conocimiento científico, identidad cultural, y actividades recreativas y de ecoturismo (Vásquez & Matallana, 2016). En este contexto, los sistemas de áreas protegidas se han propuesto como parte fundamental para mantener la funcionalidad de los territorios debido a que incluyen escalas relevantes que sustentan la estructura de una región, así como las herramientas y dinámicas indispensables para la generación de dichos servicios ecosistémicos (Franco, 2013).

Si bien en Colombia existe una gran multiplicidad en lo que se refiere a las figuras de protección, el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia se considera el de mayor importancia, pues es reflejo de la abundante diversidad biológica y cultural del país; se constituye de 59 áreas naturales protegidas, equivalentes a 142 682 km² de la superficie nacional, que corresponde al 11.3% del área continental y a 1.5% del área marina (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2015a). Éstas se encuentran adscritas a seis subsistemas temáticos, denominados Direcciones Territoriales (Caribe, Pacífico, Andes Occidentales, Andes Nororientales, Amazonía y Orinoquía), cada uno de las cuales corresponde a un ámbito geográfico propio, donde se examinan los vacíos de conservación de los ecosistemas del país, atendiendo a criterios que agrupen las áreas protegidas bajo métodos de manejo e instrumentos de gestión que las articulan (Sirap, 2016), y velando por la evaluación y constante supervisión del territorio a su cargo. Al interior de estas áreas protegidas hay algunos asentamientos humanos que hacen uso directo de los recursos que les provee dicho territorio. Para finales del año 2015, 34 de las 59 áreas protegidas del Sistema sufrían transformaciones debido a las presiones por conflictos de uso, ocupación y tenencia de la tierra, y se estimaba que 467 727 hectáreas estaban

siendo ocupadas e intervenidas por diferentes grupos humanos en los Parques Nacionales del país (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2015b). Casi la mitad de los 82 pueblos indígenas de Colombia se relacionan de forma directa con las áreas protegidas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017), al igual que varias comunidades campesinas establecidas desde hace varias generaciones y algunos grupos de colonización reciente.

Las comunidades ubicadas dentro del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia cuentan con un gran número de captaciones y concesiones del recurso hídrico, entendiéndose por captación los sistemas de uso y aprovechamiento no autorizados del recurso, mientras que las concesiones corresponden a derechos legales otorgados por la autoridad ambiental para la adquisición, uso o aprovechamiento de las aguas de uso público (Decreto 1541, 1978).

Las restricciones a las actividades humanas dentro de las áreas protegidas ocasiona serios problemas en lo que se refiere al manejo y aprovechamiento de los recursos, y a la limitación de actividades económicas para las comunidades rurales, lo que implica afectaciones para su propio sustento y mejoramiento de calidad de vida (Brenner, 2010). Así, los actores renuentes y otros aparentemente débiles han desarrollado la capacidad de evadir los estatutos y desafían de manera constante a las autoridades gubernamentales a través del desacato y la transgresión (Adger, Benjaminsen, Brown, & Svarstad, 2001), dificultando conocer el estado real de los recursos de los que ellos se abastecen. En casos extremos, el porcentaje de usuarios sin legalizar puede llegar a valores cercanos a 90% del total, semejante a lo reportado por Gutiérrez (2014) para el caso de los sistemas de riego de ladera en Colombia.

A pesar de la gran importancia entre estas relaciones, hasta la fecha no se habían inventariado ni caracterizado los usos del agua dentro del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, y es dentro del marco del programa previamente mencionado que se desarrolla el presente documento, donde la caracterización de los usuarios se convierte en una herramienta fundamental en el proceso de administración del recurso hídrico en el país.

El agua que utilizan los grupos humanos es uno de los vínculos más evidentes entre comunidad y áreas protegidas, y una inadecuada gestión del recurso podría conducir a daños sociales y ambientales irreversibles (Kuzdas, Wiek, Warner, Vignola, & Morataya, 2014). En las

relaciones entre comunidades y áreas protegidas se evidencian problemáticas socio-ambientales generadas por el uso y aprovechamiento de los elementos naturales, haciéndose necesario evaluar y conocer la sostenibilidad en el manejo de los mismos (Kuzdas *et al.*, 2014; Leite, Sanches, & Ferreira, 2016). Las reglamentaciones de gestión del agua suelen ser ampliamente criticadas por no considerar las realidades locales, pues muchos de los conflictos relacionados con el agua son más bien locales, de baja intensidad y, a menudo, exclusivamente relacionados con factores sociopolíticos y variables en los sistemas de gobierno y usuarios del recurso (Hileman, Hicks, & Jones, 2016). Por consiguiente, algunos entendimientos sobre la seguridad del agua se centran en las amenazas provocadas en términos de vulnerabilidad del recurso, necesidades humanas y sostenibilidad de los ecosistemas (Cook & Bakker, 2012).

La mejoría de la gobernanza del agua requiere que el conocimiento, actividades y perspectivas de los gobiernos y de los diversos actores civiles se integren en el diseño e implementación de las políticas que la conformen (Macleán & The Bana Yarralji Bubu Inc., 2015). En caso de querer profundizar en el tema, Gupta, Pahl-Wostl y Zondervan (2013) presentan una amplia revisión del estado del arte de la gobernanza del agua; Woodhouse y Muller (2017), además de lo anterior, presentan una evolución histórica del concepto.

Para lograr una exitosa gestión del agua es necesario entender las relaciones multinivel que acontecen; en este sentido, Basurto (2013) encontró que la diversidad institucional puede jugar un rol prominente en una adecuada gobernanza del agua. El concepto de policentrismo enfatiza la presencia de muchos centros de autoridad independientes en la gobernanza del agua (Woodhouse & Muller, 2017), donde a pesar de las ventajas que pueda generar la pluralidad de actores o instituciones, Blanco (2008) muestra cómo en Colombia la multiplicidad de instituciones dificulta la adecuada gestión del agua, pudiéndose en muchos casos generar directrices contradictorias.

La aproximación de Colombia hacia las reformas del agua que propendan una gestión eficiente del recurso hídrico y garanticen su seguridad con las consideraciones ecológicas y sociales que ésta requiere son evidentes en el marco del Plan Hídrico Nacional, donde se considera a este recurso como un factor de desarrollo económico y de bienestar social que incluye procesos de participación equitativa e incluyente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

En este sentido, una variable de gran utilidad es el Índice de Uso del Agua (IUA), que corresponde a la cantidad de recurso hídrico utilizado por los diferentes usuarios en un periodo y espacio determinados, en relación con la oferta hídrica disponible para las mismas unidades temporales y espaciales (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014). Su cálculo obedece al valor porcentual de la relación demanda-oferta, reflejando la situación del recurso hídrico a lo largo del territorio nacional y permitiendo visualizar de manera más concreta las presiones existentes sobre ciertas zonas; cuenta con seis rangos y categorías definidas por el IDEAM, que oscilan entre ≤ 1 (muy bajo: la presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible) y > 100 (crítico: la presión supera las condiciones de la oferta).

Además, resulta importante conocer la *oferta hídrica total* (Mm^3), pues representa el volumen de agua que escurre por la superficie del área hidrográfica correspondiente e integra todos los sistemas de drenaje; además, variables como *ecosistema*, *precipitación media anual* (mm) y *temperatura* ($^{\circ}\text{C}$) reflejan las características biofísicas propias de cada área protegida incluida en la caracterización.

Como se mencionó, existe gran informalidad y desconocimiento en cuanto al uso de agua dentro de las áreas protegidas del país y es necesario conocer la situación del recurso, a fin de establecer estrategias coherentes que apunten a la sostenibilidad de los mismos y a la mejora de la calidad de vida de las comunidades; el desarrollo del presente proyecto estuvo apoyado en la toma de información en campo, su geoespacialización y caracterización estadística, utilizando el análisis de correspondencias múltiples.

Este modelo es una técnica estadística de extendida aplicación en análisis investigativo de datos multidimensionales. En el campo de las ciencias sociales, donde se implementan encuestas como principal instrumento de medición, el uso de este método permite descubrir interrelación entre las características estudiadas, expresándolas posteriormente en gráficas bidimensionales de fácil entendimiento tanto para expertos como para usuarios (Pagura & Quaglino, 1998). Sin embargo, algunas de las exploraciones realizadas en campos como la medicina o la agricultura (entre muchos otros) requieren de encuestas con un número considerable de variables categóricas que precisan de una asociación entre los datos recolectados para sintetizar la información y arrojar las conclusiones que se buscan.

El principal valor en la elaboración de un análisis de este tipo es que como resultado es posible visualizar la representación de un modelo estadístico en un diagrama de dispersión, que representa los datos en forma de puntos con relación a dos ejes de coordenadas perpendiculares (Greenacre, 2008), estableciendo así las relaciones de similitud o discrepancia entre unidades con una gran cantidad de variables (Smith, Moreira, & Latrille, 2002).

El presente documento muestra los resultados del proceso de recolección, manejo y estudio de la información para la elaboración de la primera caracterización de usos del recurso hídrico en las áreas protegidas continentales del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, aplicando un modelo de análisis de correspondencias múltiples, de manera que sus conclusiones permitan orientar la toma de decisiones para las captaciones ilegales (o informales de agua, como las llamó Gutiérrez, 2013) para algunos sistemas de riego andinos) que se han venido realizando en ciertas áreas protegidas del país.

Materiales y métodos

Área de estudio

La recolección de información llevó a definir que de las 55 áreas objeto de estudio correspondientes a la totalidad de los Parques Nacionales Naturales continentales, 19 no reportaron ningún tipo de información; 21 no contaban con puntos de aprovechamiento de agua, y 15 aseguraron tener concesiones, captaciones informales y/o procesos de legalización en trámite, siendo estas últimas aquellas que se incluirán en la caracterización, y que se muestran en la Figura 1. El 46.6% de las áreas protegidas objeto de estudio pertenecen a la Dirección Territorial Andes Occidentales, seguida por Orinoquía (20%), Caribe y Andes Nororientales con la misma representatividad (13.3%) y Pacífico (6.6%) en última posición, siendo las tres primeras las de mayor importancia

hidrológica al interior del Sinap debido a su capacidad de proveer y regular este recurso, y a su aptitud de prestación de servicios ecosistémicos hídricos en el ámbito regional (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2017a).

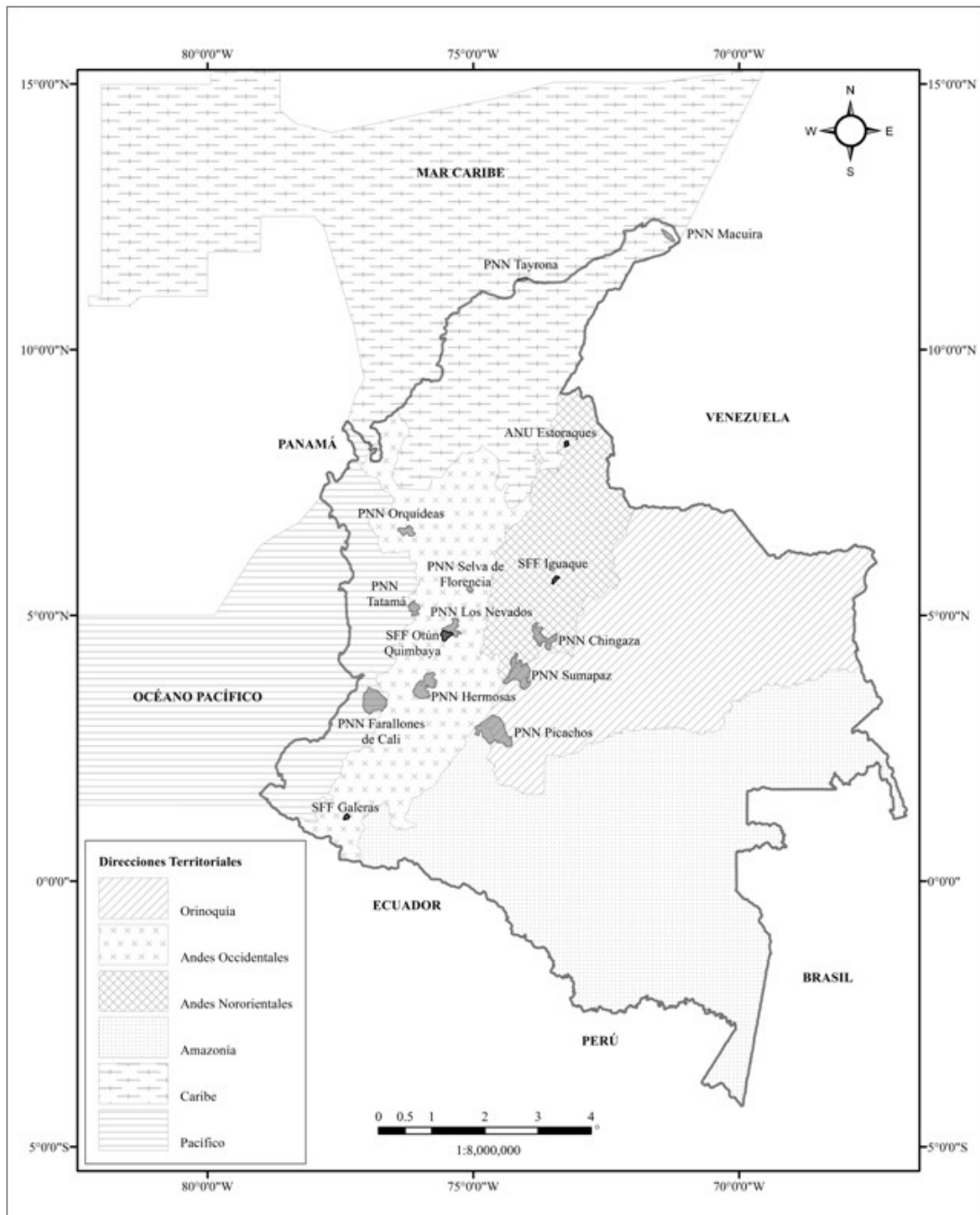


Figura 1. Localización de las direcciones territoriales del SPNN y áreas protegidas incluidas en la caracterización (Sistema de Coordenadas Geográficas: GCS_MAGNA). PNN: Parque Nacional Natural; SFF: Santuario de Flora y Fauna; ANU: Área Natural Única. Fuente: Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2010.

Cálculo y depuración de las variables

Las variables empleadas para la puesta en marcha del análisis estadístico se consideraron y definieron teniendo en cuenta su importancia en el reflejo del estado y presión tanto del recurso hídrico como de los componentes ecosistémicos de las áreas protegidas objeto de estudio; así, la integración de todos sus componentes permite abarcar las características abióticas y bióticas necesarias de los elementos a evaluar. Como variables cualitativas se determinaron las siguientes: dirección territorial, situación legal, área protegida, usuario, municipio, vereda, altitud, latitud, longitud, zonificación de manejo, cuenca/subcuenca, nombre de la fuente, estructura de captación, sitio de uso, índice de uso del agua, área hidrográfica, ecosistema, precipitación media anual, temperatura, nivel SISBEN de usuarios, actividad económica principal e ingresos mensuales promedio; mientras que las cuantitativas se referían a caudal captado, número de personas beneficiadas, oferta hídrica y número de miembros económicamente activos.

El reconocimiento de las variables y sus datos faltantes acarrió un proceso de depuración, con el fin de que los resultados del modelo estadístico fueran concretos y no tuvieran inconsistencias por la inexistencia de información. En el procesamiento de información se elaboró un registro del número de datos faltantes por cada una de las variables, estableciendo la cantidad porcentual de atributos ausentes para el proceso de análisis; así, se seleccionaron las variables con vacíos de información de menos de 5%, de modo que de las 26 variables relacionadas con el total de observaciones encontradas se consideraron ocho para el modelo estadístico 8 (cinco cualitativas y tres cuantitativas).

La información de las variables *dirección territorial*, *situación legal* y *estructura de captación* se obtuvo mediante recorridos y rutinas de inspección desarrolladas por parte del personal del área protegida durante 2015 y el primer semestre de 2016, en los que se procedió a verificar el estado legal del punto de aprovechamiento y las características de la estructura u objeto mediante la cual se realiza la

captación. El Índice de Uso del Agua (IUA) y la *oferta hídrica total* se calcularon en el Estudio Nacional de Agua (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014), y su valor para cada zona natural se determinó al sobreponer la cartografía de cada variable con la ubicación geográfica del área de estudio, teniendo presente que el valor de la *oferta hídrica total* para cada caso varía según el área hidrográfica a la que corresponde la zona de estudio.

La variable *ecosistema* se obtuvo del Plan de Manejo de cada área protegida, un instrumento de planificación específico para cada área, que orienta las acciones hacia los objetivos de conservación mediante una visión a corto, mediano y largo plazos; su importancia radica en los componentes que abarca, actuando como una herramienta proveedora de información que facilita los procesos de planificación, puesta en marcha y monitoreo de las estrategias de manejo (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2017b).

Los datos asociados con la *precipitación media anual* y la *temperatura* de cada área natural provienen, en la mayoría de los casos, de la información suministrada por las estaciones meteorológicas del IDEAM localizadas dentro del área de influencia de la zona en estudio y, por consiguiente, los periodos de registro de estos datos dependen de la antigüedad o contemporaneidad de la estación; sin embargo, teniendo en cuenta la homogeneidad en la metodología y fuentes de información de las variables, es preciso referir que éstas son comparables en todos sus niveles, de modo que el análisis conjunto pueda ser equivalente para lograr su interrelación.

La Tabla 1 muestra las variables, categorías y etiquetas. Se trataron empleando el *software R v.7* (R Development Core Team, 2009), haciendo especial uso de la librería "ca", que contiene funciones para cálculo y visualización de análisis de correspondencia simple y múltiple.

Tabla 1. Variables del análisis de correspondencias múltiples.

Variable	Etiqueta	Variable	Etiqueta
Dirección Territorial Andes Nororientales	D.Ter.AN	Estructura de captación manguera	E.Capt.Ma

Dirección Territorial Pacífico	D.Ter.PA	Estructura de captación bocatoma	E.Capt.Bo
Dirección Territorial Andes Occidentales	D.Ter.AO	Estructura de captación casimba	E.Capt.Ca
Dirección Territorial Orinoquía	D.Ter.OR	Estructura de captación bocatoma y manguera	E.Capt.Bo-Ma
Dirección Territorial Caribe	D.Ter.CA	Estructura de captación pozo	E.Capt.Po
Situación legal legalizada	S.Leg.L	Estructura de captación otro	E.Capt.Ot
Situación legal sin legalizar	S.Leg.NL	Oferta hídrica 271 049	OfH.271
Índice de Uso del Agua alto	IUA.A	Oferta hídrica 283 201	OfH.283
Índice de Uso del Agua moderado	IUA.M	Oferta hídrica 529 469	OfH.529
Índice de Uso del Agua bajo	IUA.B	Oferta hídrica 182 865	OfH.182
Índice de Uso del Agua muy bajo	IUA.MB	Precipitación (0-1 000)	PMA.0-1000
Bosque altoandino	Eco.B.AAn	Precipitación (1 000-1 500)	PMA.1000-1500
Bosque subandino	Eco.B.SuAn	Precipitación (1 500-2 000]	PMA.1500-2000
Bosque muy húmedo montano bajo y bosque muy húmedo tropical	Eco.B.H.MoB-BHTr	Precipitación (2 000-2 500)	PMA.2000-2500
Bosque andino	Eco.B.An	Precipitación (2 500-3 000)	PMA.2500-3000

Bosque seco y ripario	Eco.B.S-Ri	Precipitación (3 000-4 000)	PMA.3000-4000
Páramo	Eco.Par	Temperatura ≤ 6	T. 6
Bosque seco tropical	Eco.B.STr	Temperatura (6-12)	T.6-12
Bosque subandino y andino	Eco.B.SuAn-An	Temperatura (12-18)	T.12-18
Bosque muy húmedo premontano	Eco.B.HPrMo	Temperatura (18-24)	T.18-24
Bosque andino del piedemonte amazónico y bosque húmedo tropical	Eco.B.An.PAm-B.HTr	Temperatura > 24	T.24
Bosque húmedo	Eco.B.H	No aplica	NA

Análisis de correspondencias múltiples

Con el fin de caracterizar y buscar asociaciones entre diferentes variables recolectadas para los usos del recurso hídrico de los Parques Naturales Nacionales de Colombia se decidió hacer un análisis de correspondencias múltiples por dirección territorial debido a que el comportamiento de cada una de ellas en general es muy diferente. Al inicio se realizó un modelamiento previo, haciendo un solo análisis estadístico para el total de direcciones territoriales; sin embargo, este análisis completo no cumplió con los requisitos necesarios para representar en un plano bidimensional las variables con sus respectivas categorías debido a que el valor mínimo aceptable en la variabilidad de los datos era de 75% (valor que refleja el grado de aproximación que hay entre lo que se observa y su manifestación en la realidad que se

pretende representar); en este análisis, el porcentaje arrojado fue inferior a 30%.

Posterior a la depuración de variables ya mencionadas, con las cuales se desarrollaría dicho modelo estadístico, se procedió a generar una tabla de contingencia para el conjunto de datos de cada dirección territorial, tomando las variables con al menos dos categorías. Contiene el conjunto de tablas de contingencia entre las variables tomadas de dos en dos, en donde la diagonal corresponde al cruce de cada propiedad consigo misma para cuantificar el número de observaciones de cada una de ellas. Posteriormente, se analizaron los valores propios (cantidad de varianza explicada) y los coeficientes asociados con cada valor de las variables cualitativas que representan el peso que cada uno de ellos tienen en esa nueva dimensión y que permitirá una representación en menos dimensiones. El porcentaje que la varianza arroje refleja el grado de aproximación que hay entre lo que se observa, que a su vez es una aproximación, y la realidad que se pretende representar (Grande & Abascal, 2005).

Resultados

La base de datos que relacionaba la información sobre las captaciones y/o concesiones desarrolladas al interior de las áreas de estudio arrojó un total de 292 observaciones, usuarios o puntos de aprovechamiento del recurso hídrico. La Tabla 2 resume la frecuencia de las variables de mayor importancia en el proceso de análisis.

Tabla 2. Frecuencia de las variables.

Variable y nivel	Frecuencia	Variable y nivel	Frecuencia
Dirección Territorial Andes Nororientales	25	Zona de alta densidad de uso	54

Dirección Territorial Andes Occidentales	155	Zona de manejo especial	4
Dirección Territorial Caribe	69	Zona de recuperación natural	152
Dirección Territorial Orinoquía	20	Zona intangible	5
Dirección Territorial Pacífico	23	Uso dentro del parque	104
Situación legal "legalizada"	33	Uso fuera del parque	57
Situación legal "no legalizada"	259	Uso mixto	4
IUA muy bajo (≤ 1)	45	Área hidrográfica Magdalena Cauca	130
IUA bajo (1-10)	80	Área hidrográfica Caribe	80
IUA moderado (10.01-20)	156	Área hidrográfica Pacífico	69
IUA alto (20.01-50)	11	Área hidrográfica Orinoquía	13

De las cinco direcciones territoriales que se incluyen en la caracterización (la dirección territorial Amazonía no reportó casos de uso y aprovechamiento del recurso hídrico en las áreas protegidas de su competencia), la que más usuarios presentó fue Andes Occidentales, con un 53%, contrastando con Orinoquía, que obtuvo un valor de 6.8%.

La información recolectada indicó que del total de captaciones y/o concesiones de aprovechamiento del recurso hídrico en el SPNN, 33 se encuentran legalizadas, mientras que 259 (88.7%) se han realizado informalmente. Del total de puntos de aprovechamiento del recurso hídrico, 104 son para uso al interior del área protegida, 57 para usos

fuera de ella y cuatro cuentan con un uso combinado de las categorías mencionadas antes.

Los resultados de la frecuencia de la variable IUA indican que 57.19% de datos se encuentra en categorías moderado y alto, reflejando la compleja situación de demanda-oferta disponible del recurso hídrico a lo largo del territorio nacional; por último, 44.52% de puntos de aprovechamiento de agua en las zonas protegidas del país está en el área hidrográfica del Magdalena-Cauca, mientras que la menor proporción la tiene Orinoquía, con un 4.45%.

Análisis de correspondencias múltiples

Los resultados de la aplicación de este modelo estadístico se agruparon en la Tabla 3, relacionando la información de los puntos de captación (legales e ilegales) para cada dirección territorial, con las variables que mayor cercanía tuvieron según el caso; en ella, el grado de correlación de las variables con la situación legal del punto de aprovechamiento del recurso hídrico disminuye descendentemente, siendo para cada dirección territorial la variable de la parte superior de la Tabla 3 la que mayor concordancia presentó. En consecuencia, la Figura 2, Figura 3, Figura 4, Figura 5 y Figura 6 muestran los diagramas de dispersión resultado del análisis para las cinco direcciones territoriales objeto de estudio, en los cuales se refleja gráficamente la posición relativa de las variables consideradas en relación con cada uno de sus valores posibles, de manera que la nube de puntos resultante evidencia el grado de asociación entre ellas en un plano de dos dimensiones, siendo las más cercanas al centro de gravedad de los ejes las de mayor correlación, es decir, las de contribuciones más fuertes en el escenario analizado. Cada una de las gráficas tiene dos variables que soportan los resultados y son transversales al análisis de los mismos, correspondientes a la situación legal del punto de aprovechamiento (legalizado y no legalizado), donde la cercanía entre todas las variables cualitativas y cuantitativas estimadas con la situación legal vislumbra las características del contexto examinado. En este sentido, las variables relacionadas con la estructura de captación, el índice de uso del agua y la oferta hídrica son,

en términos generales, aquellas que determinan las propiedades más representativas sobre el uso del recurso hídrico en cada una de las direcciones territoriales que conforman las áreas de estudio, teniendo en cuenta el tipo de ecosistema presente, y la precipitación y temperatura media anual.

Tabla 3. Relación de las variables en el análisis de correspondencias múltiples.

Legalizado	No legalizado
Caribe	Caribe
NA	IUA moderado
	Ecosistema bosque seco ripario
	PMA (0-1 000) mm
	Estructura de captación casimba
Pacífico	Pacífico
Estructura de captación bocatoma	Estructura de captación manguera
Andes Occidentales	No legalizado
Estructura de captación acequia	Estructura de captación bocatoma-manguera
Temperatura (6-12 °C)	Temperatura ≤ 6 °C
IUA bajo	IUA moderado
PMA (1 000-1 500 mm)	PMA (2 500-3 000) mm
Andes Nororientales	Andes Nororientales
Ecosistema bosque alto andino	Ecosistema bosque seco tropical
Ecosistema páramo	Ecosistema bosque subandino
IUA alto	IUA bajo
Temperatura (6-12 °C)	Temperatura (8-14 °C)
Orinoquía	Orinoquía
IUA moderado	IUA muy bajo
PMA (1 500-2 000 mm)	PMA (1 000-1 500 mm)
Ecosistema páramo	Bosque andino del piedemonte amazónico y bosque

	húmedo tropical
Estructura de captación bocatoma	Estructura de captación manguera

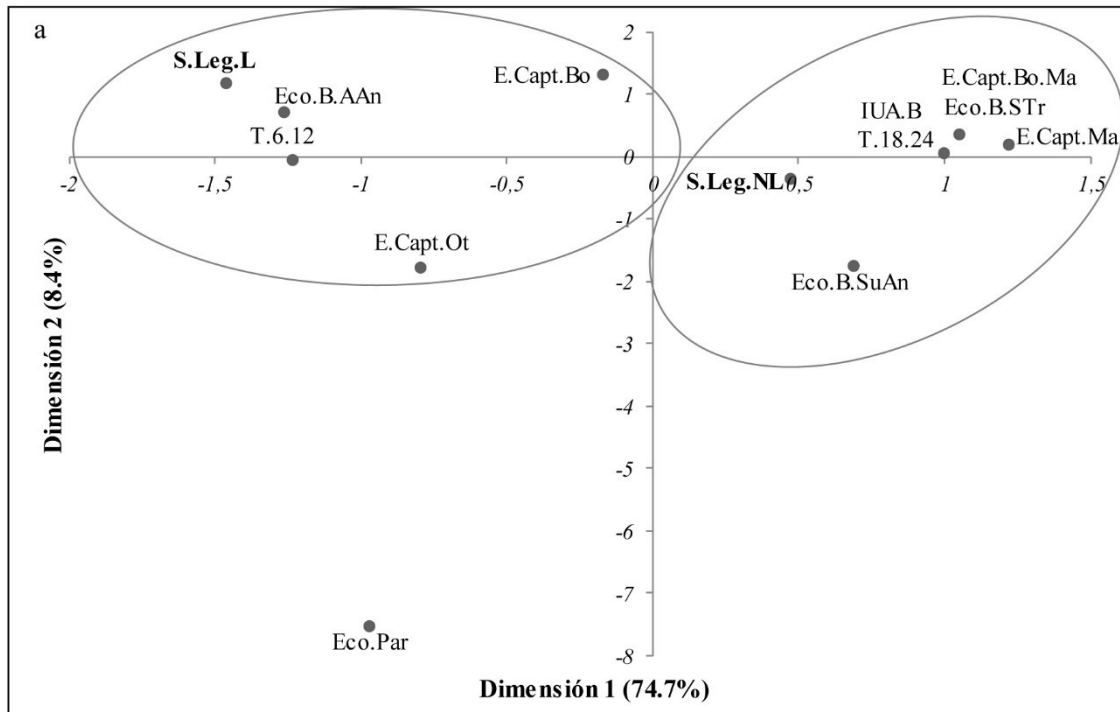


Figura 2. Diagrama de dispersión análisis de correspondencias múltiples, dirección territorial Andes Nororientales.

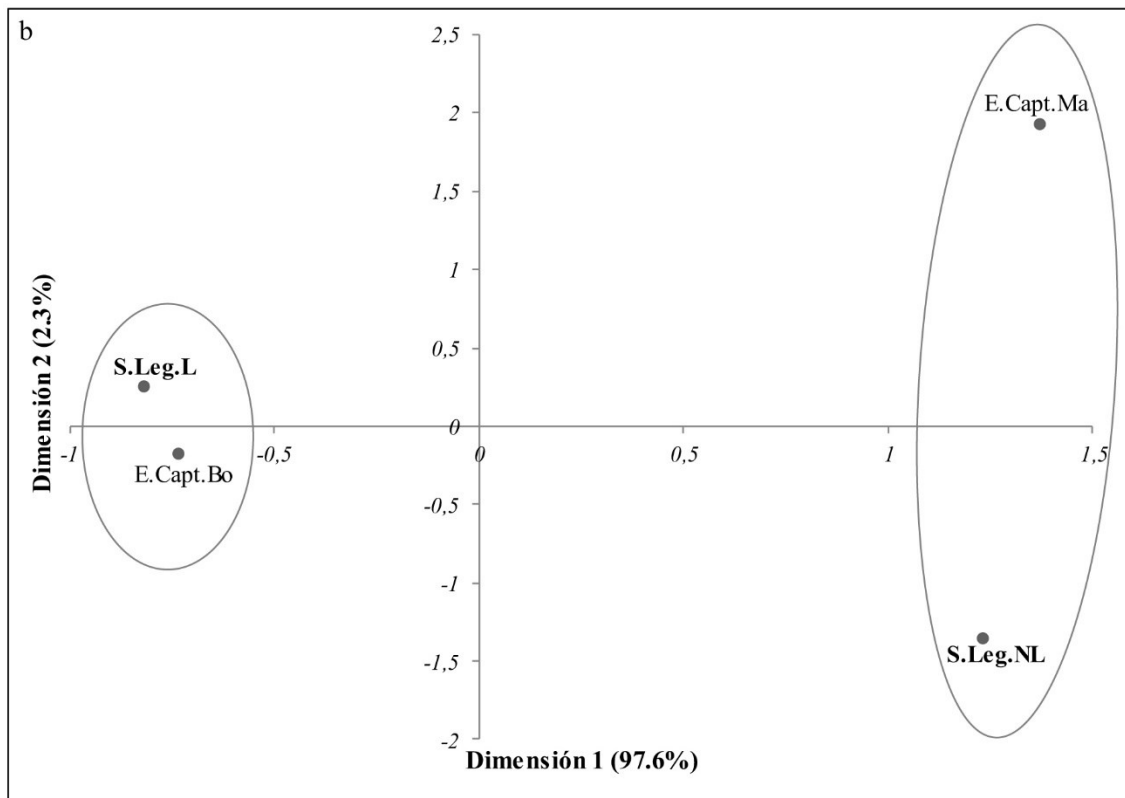


Figura 3. Diagrama de dispersión análisis de correspondencias múltiples, dirección territorial Pacífico.

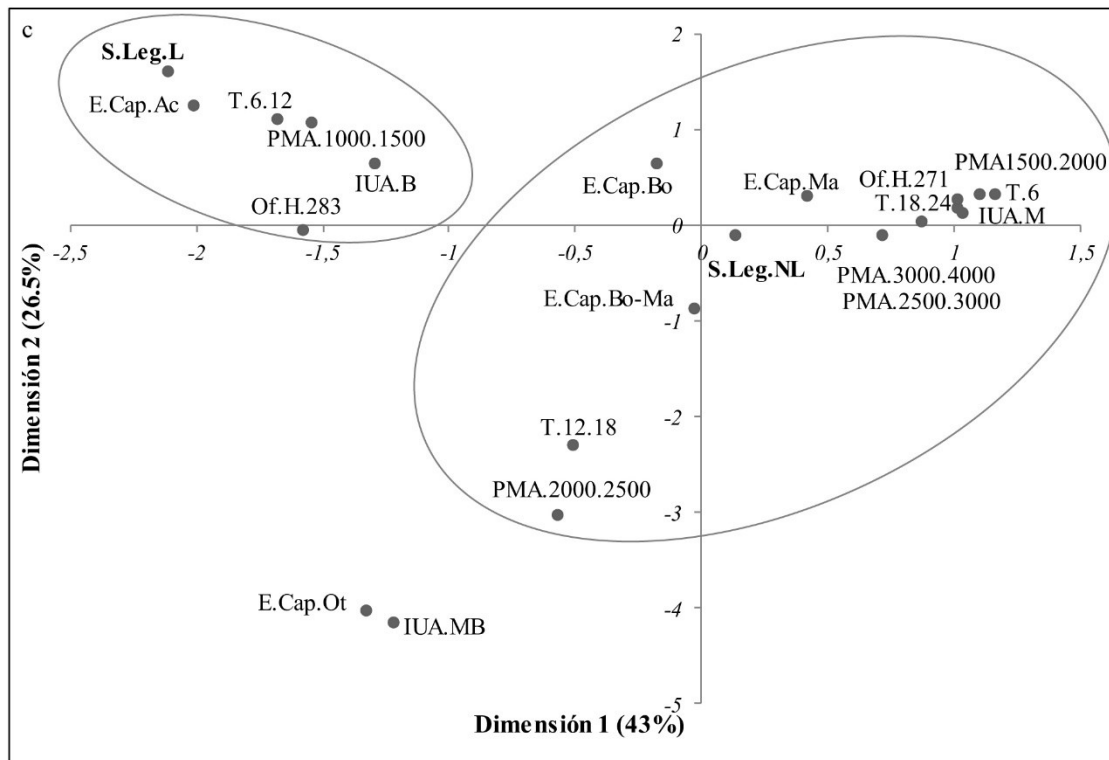


Figura 4. Diagrama de dispersión análisis de correspondencias múltiples, dirección territorial Andes Occidentales.

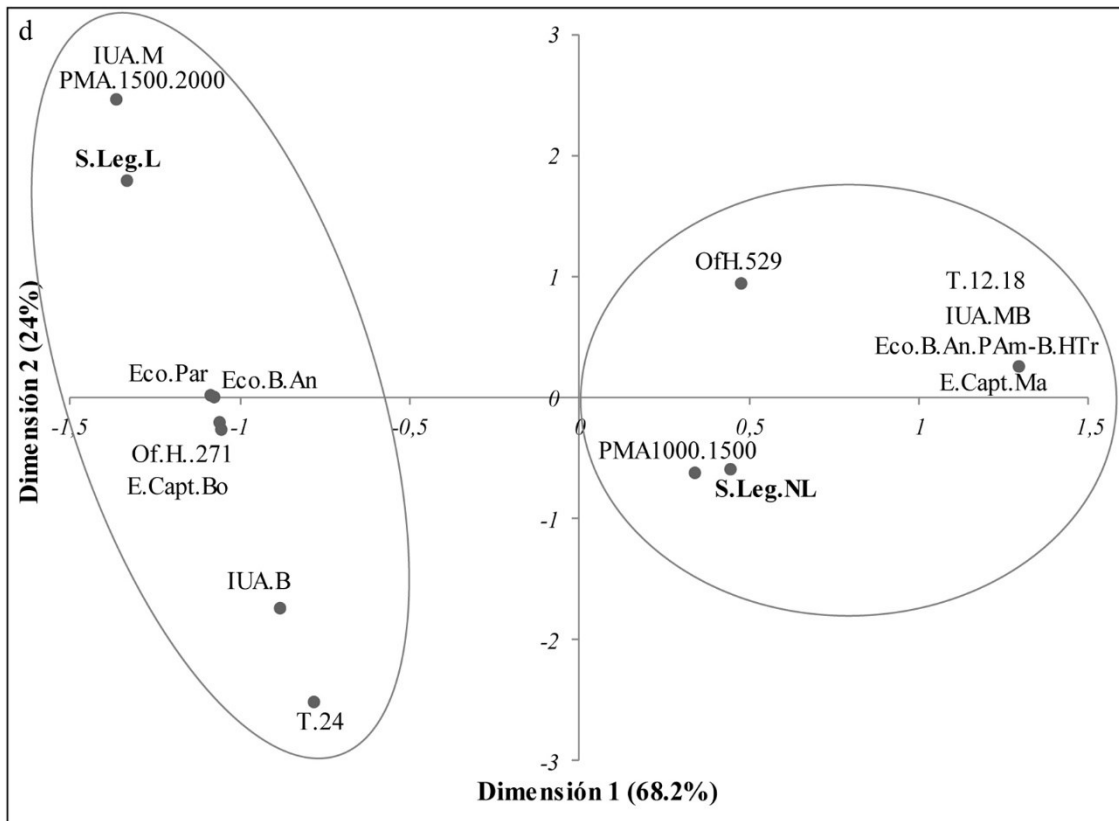


Figura 5. Diagrama de dispersión análisis de correspondencias múltiples, dirección territorial Orinoquía.

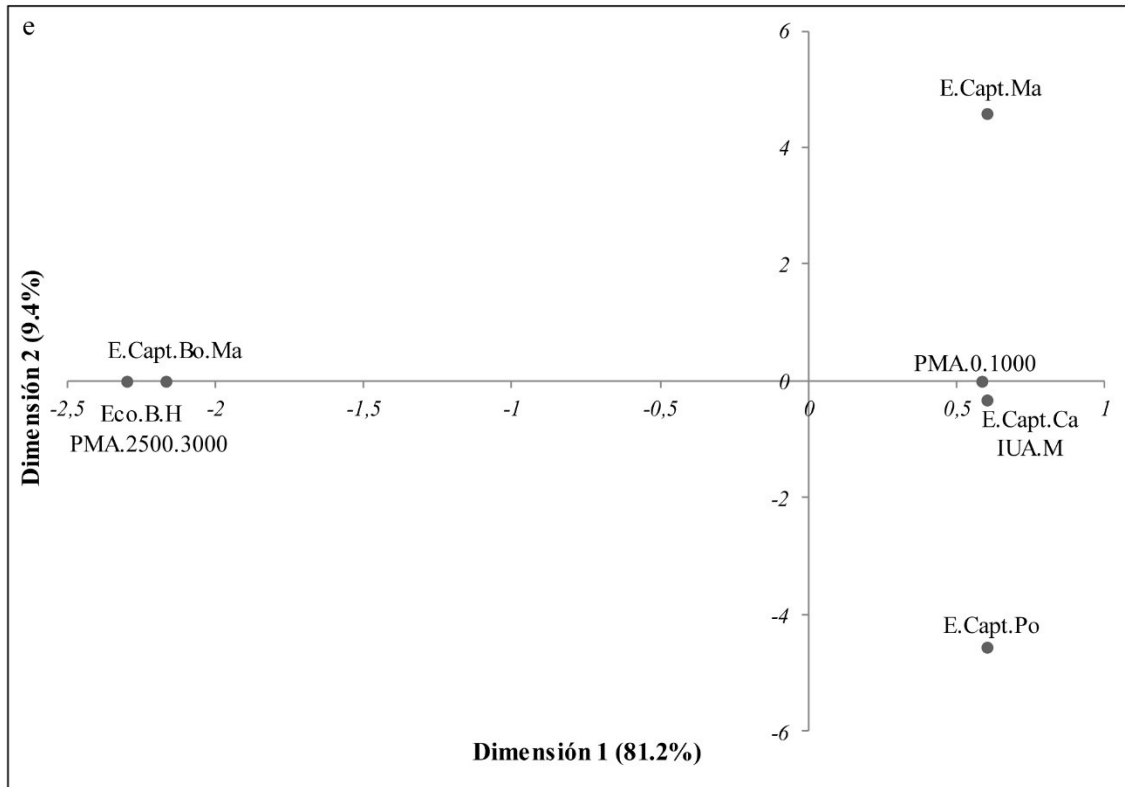


Figura 6. Diagrama de dispersión de análisis de correspondencias múltiples, dirección territorial Caribe.

La dirección territorial Caribe cuenta con 69 puntos de aprovechamiento del recurso hídrico, de los cuales 100% se encuentra sin legalizar y capta un caudal aproximado de 0.046 l/s; la proyección de la relación entre la categoría *situación legal no legalizado* con las demás variables muestra que la que mayor cercanía tuvo con esta categoría fue el IUA moderado, situación preocupante si se tiene en cuenta que el área hidrográfica del Caribe es la que menor oferta hídrica total presenta, con tan sólo 9.09% del total de agua que escurre por todo el territorio colombiano; éste es un indicio de las grandes presiones que existen sobre el recurso y de la importante demanda que tienen las comunidades de dicha zona. Finalmente se observa que la estructura de captación empleada es la casimba, un pozo de agua dulce en las proximidades de la playa para extraer y recoger el agua de un manantial.

La base de datos revela que la dirección territorial Pacífico cuenta con 23 puntos de aprovechamiento del recurso hídrico, de los cuales 12 están concesionados (con 42.7 l/s de caudal otorgado) y 11 se desarrollan ilegalmente. El IUA es muy bajo, los ecosistemas bosque muy húmedo montano bajo y bosque muy húmedo tropical, y la precipitación media anual de 2 000 a 2 500 mm son categorías que aplican para el total de observaciones, por lo cual fueron excluidas del análisis estadístico, al no representar ninguna diferencia entre los resultados esperados. Sin embargo, son variables de gran importancia en la visión general de la zona, pues el IUA muy bajo, junto con la oferta hídrica total del área hidrográfica del Pacífico (que representa 14.07% del total de agua del país) indica que no existen grandes presiones sobre el recurso hídrico, sin embargo es importante cuantificar la cantidad de agua que está siendo captada ilegalmente para que dicho índice no aumente. Por último, la Tabla 3 revela una situación evidente, en donde las concesiones cuentan con una estructura de captación mucho más elaborada, del tipo bocatoma, contrario a las captaciones cuyo medio de recolección del agua es la manguera.

La dirección territorial Andes Occidentales cuenta con 16 concesiones (con 4.34 l/s otorgados) y 139 captaciones informales del recurso hídrico, que extraen cerca de 451 248 l/s. Para la categoría *situación legal legalizado*, la variable con mayor correlación es la estructura de captación acequia, una zanja o canal de pequeñas proporciones, que conduce el agua utilizada principalmente para sistemas de riego; la relación entre el IUA bajo y el número de puntos de aprovechamiento informales representa una disparidad que puede deberse, entre otras cosas, a que sus caudales no son significativos para el volumen de agua del área hidrográfica del Pacífico al que pertenecen las áreas protegidas de esta dirección territorial. La categoría *situación legal no legalizado* tiene gran cercanía con la estructura de captación bocatoma-manguera y en estos puntos de captación el IUA es moderado, lo cual puede ser el reflejo de un aprovechamiento desmesurado del recurso hídrico para el área hidrográfica del Magdalena-Cauca a la que pertenecen las áreas protegidas con estas características, y que representa 13.47% de la oferta hídrica total del país.

Según la información recolectada, la dirección territorial Andes Nororientales cuenta con 27 puntos de aprovechamiento del recurso hídrico, donde seis están concesionados, extrayendo 53.23 l/s y 21 se desarrollan de modo informal, captando 27.14 l/s. La variable *situación legal legalizado* tiene gran correlación con los ecosistemas bosque alto

andino y páramo, donde también existe un IUA alto debido a las grandes presiones que sufren estos ecosistemas a raíz de las actividades antrópicas que allí se han venido realizando, y a los considerables volúmenes de agua que están siendo extraídos para diversos usos. La categoría *situación legal no legalizado* presenta cercanía con los ecosistemas bosque seco tropical y bosque subandino, y las captaciones se relacionan con el IUA bajo, lo cual puede significar un equilibrio entre oferta y demanda del recurso hídrico, sin embargo merece una atención especial por parte de las autoridades ambientales competentes para evitar que este equilibrio se vea afectado.

Finalmente, en la dirección territorial Orinoquía existen cinco concesiones y 16 captaciones ilegales. El análisis de correspondencias múltiples reveló que para la categoría *situación legal legalizado*, la mayor correlación es con el IUA moderado, cuyas concesiones se encuentran en ecosistemas de páramo y cuentan con una bocatoma como sistema de captación. Estos resultados tienen gran vínculo con el hecho de que esta dirección territorial es la que mayor caudal otorgado tiene en el ámbito nacional, con un valor aproximado de 11 605 l/s, necesario para alimentar la demanda hídrica de la ciudad de Bogotá. Es claro que las presiones sobre el ecosistema y el recurso hídrico que éste provee aumentan conforme al crecimiento poblacional, y debe ser prioridad mantener el equilibrio entre los sistemas natural y social, para que el impacto ambiental sobre las áreas protegidas no sea significativo. La categoría *situación legal no legalizado* tiene mayor proximidad con el IUA muy bajo, donde el principal sistema de captación es la manguera.

Discusión

Partiendo de la información suministrada en la Tabla 2 sobre la frecuencia de la variable *situación legal* es posible identificar que 89% (259 observaciones) de las captaciones se desarrolla ilegalmente, ofreciendo el mismo panorama que el sugerido por Gutiérrez (2013) para los sistemas de riego del país, donde la mayor parte son informales. Sin embargo, los resultados presentados no consideran las

diferencias entre los modos de adquisición que Rivera *et al.* (2016) sugieren tener en cuenta, debido a la escala en que se efectuó este trabajo.

Respecto a las áreas hidrográficas donde existen puntos de aprovechamiento del recurso hídrico, la del Magdalena-Cauca cuenta con 44.5% del total de puntos objeto de estudio. Para el desarrollo del presente trabajo, dicho porcentaje implica un mayor número de concesiones y/o captaciones del recurso hídrico sobre el territorio nacional; sin embargo, este valor puede cambiar si la institucionalidad y la generación de información sobre el estado del recurso se hace más eficiente en todas las áreas protegidas del país, o puede entenderse como una muestra de las grandes diferencias regionales colombianas. El uso del agua puede ayudar a mejorar los ingresos de las poblaciones, tal como lo presentan Velded, Jumaneb, Wapalilaa y Songorwab (2012), para un caso en Tanzania, y por esta vía disminuir las inequidades mostradas por los resultados de dicha investigación y mencionadas por Zamudio (2012). Lo anterior representa un reto de gestión ante la desarticulación de instituciones y políticas presentada por Blanco (2008).

La importancia de la cuenca Magdalena-Cauca es innegable, pues compone el sistema de drenaje fundamental de la región andina y constituye el eje de desarrollo más importante nacional en materia geográfica, ambiental, cultural, histórica y, por supuesto, hidrográfica. Sin embargo, la cuenca ha venido presentando problemas asociados con el crecimiento poblacional, uso desbocado de los recursos naturales, y contaminación del suelo, aire y agua a lo largo de su circunscripción (Bernal, 2013). Es así que los resultados para esta cuenca, en la que se encuentra la mayor parte de la región andina, son concordantes con lo presentado por Etter y Van Wyngaarden (2000) en cuanto a que es en esta región donde existe una ocupación del territorio de mayor densidad y antigüedad y, por lo tanto, mayor impacto y modificación del ecosistema por el uso y aprovechamiento de sus recursos naturales a través de diferentes grupos humanos asentados en la zona.

Por otra parte, los modelos estadísticos de cada dirección territorial permiten establecer como resultado general que la categoría *situación legal no legalizado* no muestra una asociación directa y constante con otros niveles en particular, pues si bien en la mayoría de casos se encuentra cercana al origen, sólo en algunas ocasiones tuvo un grado de cercanía con la variable IUA bajo y muy bajo. Asimismo, el IUA bajo

tuvo mayor correlación con la categoría precipitación media anual (1 000-1 500 mm), lo cual podría indicar que el número y la magnitud de las captaciones de agua en las áreas protegidas del país son mayores cuando la oferta hídrica total baja, pues la demanda del recurso hídrico se intensifica en zonas donde la disponibilidad del recurso es casi imperceptible. Entender los cambios en las dinámicas poblacionales alrededor de áreas protegidas puede ser el punto de partida para el establecimiento de oportunidades potenciales de conservación y restauración, así como comprender mejor el vínculo entre los cambios en la población, vivienda y áreas protegidas (Castro *et al.*, 2017). En el caso colombiano, estas presiones surgen del crecimiento de la población rural dentro de las áreas protegidas o en su área amortiguadora, y no principalmente por la urbana, como lo presentaban Brambilla y Ronchi (2016) para los casos de Europa; McDonald, Kareiva y Forman (2008) para Asia, y Radloff *et al.* (2010) en EUA.

Conclusiones

Este documento presenta por primera vez un panorama general del uso de los recursos hídricos en el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, representando un enorme esfuerzo en el manejo de la información por la extensión geográfica asociada. Para la caracterización se usaron distintos tipos de variables que pueden ser empleados en otros estudios semejantes. Se espera que los resultados den las bases técnicas para una adecuada gestión de los recursos hídricos en las áreas protegidas del país.

En el proceso de caracterización se encontró que con base en la información recolectada, 88.69% de los puntos de aprovechamiento del recurso hídrico se encuentra sin legalizar, donde la dirección territorial Caribe tiene 100% de sus usuarios con captaciones informales, seguida de Andes Occidentales, con 93.5%, Andes Nororientales (76%), Orinoquía (75%) y Pacífico con 47.8%.

El área hidrográfica Magdalena-Cauca abarca 45% de las áreas protegidas en estudio, y en ellas el caudal otorgado del total de sus

usuarios es de 553.62 l/s; sin embargo, el área hidrográfica Orinoquía cuenta con la menor contribución territorial (0.00045%); pese a esto, la suma del caudal otorgado del total de sus usuarios es de 11 564.9 l/s, siendo la de mayor proporción frente a las demás categorías.

Se encontró que por mucho los sistemas ilegales son los más comunes en las áreas protegidas de Colombia, representando un gran reto a la gestión de los recursos, pues además de la dificultad para gestionarlos, observarlos e inventariarlos, se debe considerar cómo se articulan con otras variables, dependiendo de la región en la que se encuentran; su articulación con las complejas dinámicas comunitarias representa un gran reto técnico, de manejo y de obtención permanente de información técnica confiable por parte de las autoridades ambientales. Las significativas cantidades de puntos de aprovechamiento del agua en situación informal traen consigo complicaciones en el desarrollo de la gestión hídrica del país, distorsionando la certeza sobre las afectaciones que puedan existir sobre los ecosistemas intervenidos, el agotamiento de los recursos naturales de los que se abastecen las comunidades en las áreas protegidas y, en consecuencia, el desconocimiento de los impactos que se generan.

El índice de uso del agua mostró diferencias regionales que pueden explicarse tanto por la oferta natural como por los tipos de usos que se presentan en cada zona particular. No obstante, en términos generales, se identificó que el IUA con las categorías más preocupantes debido a la presión que se ejerce sobre el recurso hídrico (alto y moderado) se encuentra en 57.2% del total de áreas protegidas analizadas, lo cual refleja el estado de vulnerabilidad de las fuentes hídricas que están siendo utilizadas al interior de dichas zonas. De igual manera, las captaciones varían en su complejidad técnica según el tipo de usuario y de las singularidades regionales.

Si bien se presentó por primera vez la caracterización del recurso hídrico en el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, es sólo un primer paso, pues a futuro será necesario integrar las dinámicas locales y las múltiples instituciones que tienen relación con el agua en tales áreas. En este sentido, es imprescindible desarrollar nuevos estudios con mayor detalle que abarquen áreas más pequeñas y específicas, para así tener un conocimiento detallado que permita proponer alternativas de manejo local, considerando las particularidades locales de un país megadiverso. De igual manera, se recalca la importancia de que el

trabajo desarrollado se repita periódicamente, para comprender las dinámicas temporales que se presentan en las áreas protegidas del país.

Referencias

Adger, W. N., Benjaminsen, T. A., Brown, K., & Svarstad, H. (2001). Advancing a political ecology of global environmental discourses. *Development and Change*, 32(4), 681-715. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1467-7660.00222>

Basurto, X. (2013). Linking multi-level governance to local common-pool resource theory using fuzzy-set qualitative comparative analysis: Insights from twenty years of biodiversity conservation in Costa Rica. *Global Environmental Change*, 23(1), 573-587. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378013000411>

Bernal, E. (2013). *El río Magdalena: escenario primordial de la patria*. Recuperado de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/revistas/credencial/junio-2013/el-rio-magdalena>

Blanco, J. (2008). Integrated water resource management in Colombia: Paralysis by analysis?. *International Journal of Water Resources Development*, 24(1), 91-101. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07900620701747686?journalCode=cijw20>

Brambilla, M., & Ronchi, S. (2016). The park-view effect: Residential development is higher at the boundaries of protected areas. *Science of the Total Environment*, 569(2), 1402-1407. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716314127>

Brenner, L. (2010). Gobernanza ambiental, actores sociales y conflictos en las áreas naturales protegidas mexicanas. *Revista Mexicana de Sociología*, 72(2), 283-310. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32116014004>

Butchart, S. H. M., Clarke, M., Smith, R. J., Sykes, R. E., Scharlemann, J. P. W., Harfoot, M.,..., & Burgess, N. D. (2015). Shortfalls and solutions for meeting national and global conservation area targets. *Conservation Letters*, 8(5), 329-337. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/conl.12158>

Castro, J., Martinuzzi, S., Radeloff, V. C., Helmers, D. P., Quiñones, M., & Gould, W. A. (2017). Declining human population but increasing

residential development around protected areas in Puerto Rico. *Biological Conservation*, 209(1), 473-481. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/302593333_Declining_human_population_but_increasing_housing_pressure_around_protected_areas_in_Puerto_Rico

Cook, C., & Bakker, K. (2012). Water security: Debating an emerging paradigm. *Global Environmental Change*, 22(1), 94-102. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378011001804>

Decreto 1541 de 1978. *Diario Oficial de la República de Colombia* (26-07-1978). Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_1541_de_1978.pdf

Doak, D. F., Bakker, V. J., Goldstein, B. E., Hale, B., & Barnett, M. (2011). What is the future of conservation? *Trends in Ecology and Evolution*, 9(3), 401-416. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534713002620>

Etter, A., & Van Wyngaarden, W. (2000). Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean Region. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(7), 432-439. Recuperado de <http://www.bioone.org/doi/abs/10.1579/0044-7447-29.7.432?journalCode=ambi>

Franco, L. (2013). Bases conceptuales sobre servicios ecosistémicos para identificar y priorizar los requerimientos de información para la gestión en conservación. En: Hurtado, A., Santamaria, M., & Matallana, C. *Plan de Investigación y Monitoreo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP): avances construidos desde la Mesa de Investigación y Monitoreo entre 2009 y 2012* (pp. 127-146). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Grande, I., & Abascal, E. (2005). *Análisis de encuestas*. Madrid, España: ESIC Editorial.

Greenacre, M. (2008). *La práctica del análisis de correspondencias*. Bilbao, Portugal: Rubes Editorial.

Gupta, J., Pahl-Wostl, C., & Zondervan, R. (2013). 'Glocal' water governance: A multi-level challenge in the anthropocene. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(2), 573-580. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343513001292>

Gutiérrez, A. M. (2014). Formal and informal irrigation in the Andean countries. An overview. *International Journal of Rural Development*, 11(74), 75-99. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cudr/v11n74/v11n74a05.pdf>

Gutiérrez, A. M. (2013). Informal irrigation in the Colombian Andes: Local practices, national agendas, and options for innovation. *Mountain Research and Development*, 33(3), 260-268. Recuperado de <http://www.bioone.org/doi/pdf/10.1659/MRD-JOURNAL-D-12-00116.1>

Hileman, J., Hicks, P., & Jones, R. (2016). An alternative framework for analysing and managing conflicts in integrated water resources management (IWRM): Linking theory and practice. *International Journal of Water Resources Development*, 32(2), 675-691. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07900627.2015.1076719?journalCode=cijw20>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Kuzdas, C., Wiek, A., Warner, B., Vignola, R., & Morataya, R. (2014). Sustainability appraisal of water governance regimes: The case of Guanacaste, Costa Rica. *Environmental Management*, 54(2), 205-222. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-014-0292-0>

Leite, F. B., Sanches, L., & Ferreira, R. (2016). Practices and perceptions on water resource sustainability in ecovillages. *Water Resources Research*, 52, 6004-6017. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/305693977_Practices_and_perceptions_on_water_resource_sustainability_in_ecovillages

Macleán, K., & The Bana Yarralji Bubu Inc. (2015). Crossing cultural boundaries: Integrating Indigenous water knowledge into water governance through co-research in the Queensland Wet Tropics, Australia. *Geoforum*, 59(2), 142-152. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016718514002747>

McDonald, R. I., Kareiva, P., & Forman, R. T. (2008). The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 141, 1695-1703. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320708001432>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1932-politica-nacional-para-la-gestion-integral-del-recurso-hidrico>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Parques Nacionales Naturales de Colombia, patrimonio de los colombianos*. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=1354:parques-nacionales-naturales-de-colombia-patrimonio-de-los-colombianos>

Pagura, J. A., & Quaglino, M. B. (1998). Una propuesta a algunas aplicaciones del análisis de correspondencias múltiples. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones Teóricas y Aplicadas, Universidad Nacional de Rosario.

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2010). *Nueva regionalización Parques Nacionales Naturales de Colombia*. Recuperado de <http://www.sirapejefetero.org.co/index.php/gestion-para-la-conservacion>

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2015a). *Informe de gestión 2015, Plan de acción institucional*. Recuperado de: <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/08/Informe-de-gestion-I-sem-2015.pdf>

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2015b). Boletín Virtual Así Vamos. *Boletín virtual de Parques Nacionales Naturales de Colombia*, 3, 3-13. Recuperado de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2015/12/asi-vamos-2015-ed3-dic.pdf>

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2017a). *Planes de Manejo. Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia*. Recuperado de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/organizacion/planes-de-manejo-areas-del-sistema-de-parques-nacionales-naturales-de-colombia/>

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2017b). *Aporte de los Parques Nacionales Naturales al desarrollo socio-económico de Colombia*. Recuperado de <http://documentos.uexternado.edu.co/78435129/wp-content/uploads/2017/02/Parques%20Informe%20Ejecutivo-%20LA%20IMPORTACIA%20DE%20PNN.pdf>

Radeloff, V. C., Stewart, S. I., Hawbaker, T. J., Gimmi, U., Pidgeon, A. M., Flather, C. H., Hammer, R. B., & Helmers, D. P. (2010). Housing growth in and near United States protected areas limits their conservation value. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(2), 940-945. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/41040447_Housing_growth_in_and_near_United_States_protected_areas_limit_their_conservation_value

R Development Core Team. (2009). *Software* de lenguaje y entorno para la informática estadística (3.4.4) Recuperado de <https://www.R-project.org/>

Rivera, D., Godoy-Faúndez, A., Lillo, M., Alvez, A., Delgado, V., Gonzalo-Martín, C., Menasalvas, E., Costumero, R., & García-Pedrero, A. (2016). Legal disputes as a proxy for regional conflicts over water rights in Chile. *Journal of Hydrology*, 535, 36-45. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169416000755>

Sirap, Sistema Regional de Áreas Protegidas del Eje Cafetero. (2016). *Subsistemas Regionales de las Áreas Protegidas*. Recuperado de <http://www.sirapejecafetero.org.co/index.php/gestion-para-la-conservacion>

Smith, R., Moreira, V., & Latrille, L. (2002). Caracterización de sistemas productivos lecheros en la región de Chile mediante análisis multivariable. *Agricultura Técnica en Chile*, 62(3), 375-395. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0365-28072002000300004&lng=es&nrm=iso

Vásquez, L., & Matallana, C. (2016). Identificación de los servicios ecosistémicos que proveen las diferentes áreas protegidas en la Orinoquía colombiana. *Biodiversidad en la práctica-Documentos de trabajo del Instituto von Humboldt*, 1(1), 77-127. Recuperado de <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/48>

Velded, P., Jumaneb, A., Wapalilaa, G., & Songorwab, A. (2012). Protected areas, poverty and conflicts: A livelihood case study of Mikumi National Park, Tanzania. *Forest Policy and Economics*, 21(2), 20-31. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934112000275>

Woodhouse, P., & Muller, M. (2017). Water governance. An historical perspective on current debates. *World Development*, 92, 225-241.

Recuperado de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X16305460>
Zamudio, C. (2012). Gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 15(3), 99-112. Recuperado de
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36284/42930>