

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA SIG PARA DELIMITAR LOS
HUMEDALES EN LA JURISDICCIÓN DE CORPOBOYACÁ (CASO DE
ESTUDIO HUMEDAL EL ROSAL MUNICIPIO DE IZA-BOYACÁ)**

JUAN SEBASTIÁN FÚQUEN CHAPARRO



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES®**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2020**

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA SIG PARA DELIMITAR LOS
HUMEDALES EN LA JURISDICCIÓN DE CORPOBOYACÁ (CASO DE
ESTUDIO HUMEDAL EL ROSAL MUNICIPIO DE IZA-BOYACÁ)**

JUAN SEBASTIÁN FÚQUEN CHAPARRO

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar
al título de Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2020**

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Corporación Autónoma Regional de Boyacá por el acceso a la información geográfica para el desarrollo de este trabajo de grado, a mi familia por su comprensión y apoyo.

Adicionalmente a mi novia y a mi amigo Diego quienes en los últimos momentos fueron cruciales para poder terminar el proyecto.

CONTENIDO

GLOSARIO	11
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. MARCO TEÓRICO	19
4.1 MARCO CONCEPTUAL.....	19
4.2. MARCO REFERENCIAL.....	21
4.3 MARCO LEGAL.....	23
5. METODOLOGÍA	26
5.1 TIPO DE TRABAJO.....	26
5.2 PROCEDIMIENTO.....	26
5.2.1 Fase 1. Generar variables para la delimitación del humedal.....	26
5.2.1.1. Actividad 1. Caracterización geomorfológica.....	26
5.2.1.2. Suelos.....	29
5.2.1.3. Actividad 2. Caracterización climatológica e hidrológica.....	31
5.2.1.3.1 Clima.....	31
5.2.1.3.1.1 Temperatura.....	32
5.2.1.3.1.2 Nubosidad.....	33
5.2.1.3.1.3 Humedad relativa.....	35
5.2.1.3.1.4 Brillo Solar.....	36
5.2.1.3.1.5 Evaporación.....	37
5.2.1.3.1.6 Punto de Rocío.....	38
5.2.1.3.1.7 Tensión de vapor.....	39

5.2.1.3.2 Hidrología	40
5.2.1.3.2.1 Precipitaciones medias	40
5.2.1.3.2.2 Número de días con lluvias.....	41
5.2.1.3.2.3 Precipitaciones máximas	42
5.2.1.3.2.4 Precipitaciones Máximas anuales en 24 horas	43
5.2.1.3.2.5 Caudales máximos generados con el método racional.....	45
5.2.1.3.2.6 Tiempo de Concentración	50
5.2.1.3.2.6.1 Método Bransby Williams	50
5.2.1.3.2.6.2 Método Kirpich.....	50
5.2.1.3.2.6.3 Método Ministerio de Fomento	50
5.2.1.4. Actividad 3. Coberturas naturales	53
5.2.1.5. Actividad 4. Caracterización Socioeconómica.....	56
5.2.1.5.1 Jurisdicción política y administrativa, relaciones de territorialidad existentes en las áreas de influencia directa e indirecta de los humedales	58
5.2.1.5.2 Problemática social: condiciones generales de vida, vivienda, salud, educación, servicios públicos y empleo, entre otros aspectos.....	60
5.2.1.5.3 Dinámica económica relacionada con las actividades productivas diferenciando: principales, complementarias y de subsistencia, sistemas de producción empleados, volúmenes de producción y flujos de mercado	63
5.2.1.5.4 Análisis la presencia institucional existente en las áreas de influencia, teniendo en cuenta programas en ejecución, recursos destinados y cobertura, para la formulación e implementación del Plan de Manejo Ambiental.....	65
5.2.1.6. Actividad 5. Interpretación de Aerofotografías	67
5.2.2 Fase 2. Construcción de la base de datos geográficos	70
5.2.3 Fase 3. Criterios para la delimitación del humedal y construcción de la herramienta	72
6. RESULTADOS	76
6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	76
6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	81
8. RECOMENDACIONES.....	83
9. BIBLIOGRAFÍA.....	84

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Criterios para la delimitación de un humedal.....	20
Figura 2. Unidades geomorfologías del área del humedal	29
Figura 3. Unidades de suelo del humedal El Rosal	31
Figura 4. Localización de las estaciones cercanas al área de estudio	32
Figura 5. Isotermas del área de estudio.	35
Figura 6. Coeficientes de escorrentía	48
Figura 7. Sistema de Humedales identificados en el área.....	49
Figura 8. Cotas Máximas de inundación.....	53
Figura 9. Clasificación de coberturas Corin Landcover	54
Figura 10. Distribución espacial de las coberturas naturales en el humedal El Rosal	55
Figura 11. División político administrativa del municipio de Iza	59
Figura 12. en la parte izquierda la aerofotografía C 2176 No 215 y en la parte derecha la imagen C2047 No 59	67
Figura 13. Límite del humedal con la imagen C 2176 No 215 para la temporalidad de 08 de marzo 1992 con área de 4.94836 ha	68
Figura 14. Límite del humedal con la imagen C2047 No 59 para la temporalidad de 24 de febrero 1992 con área de 4.76353 ha.....	68
Figura 15. Límite del humedal con imagen del 2015 de la plataforma de ESRI con área de 4.01266 ha.....	69
Figura 16. Límite del humedal con la Quebrada la Chorrera	69
Figura 17. Estructura de la personal geodatabase	70
Figura 18. Contenidos del análisis hidrológico.....	70
Figura 19. Contenidos del análisis multitemporal	71
Figura 20. Contenidos del componente biótico.....	71
Figura 21. Contenido de cartografía base de campo.....	71
Figura 22. Criterios evaluados.....	71
Figura 23. Delimitación	71
Figura 24. Contenido del medio abiótico	72
Figura 25. Contenido social	72
Figura 26. Contenido raster	72
Figura 27. Metodología para la propuesta de delimitación del humedal.....	73
Figura 28. Model builder de la relación de variables para calificación	75
Figura 29. Limite hidrológico.....	76
Figura 30. Limite Biológico.....	76
Figura 31. Limite Social	78
Figura 32. Limite Multitemporal.....	79
Figura 33. Limite Abiótico	79
Figura 34. Unión de variables para la delimitación del humedal.....	80
Figura 35. Posibles límites del humedal	81

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estaciones cercanas al área del humedal.....	31
Tabla 2. Registros de temperatura (°C) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).....	32
Tabla 3. Registros de Nubosidad (Octas) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).....	33
Tabla 4. Registros de Humedad Relativa (%) en la estación Apto. Lleras Camargo (1974-2016).....	35
Tabla 5. Registros de Brillo Solar (horas/mes) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).....	36
Tabla 6. Registros de Evaporación (mms) en la estación Apto. Lleras Camargo (1974-2016).....	37
Tabla 7. Registros de punto de rocío (°C) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).....	38
Tabla 8. Registros de tensión de vapor (mb) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).....	39
Tabla 9. Registros de precipitación (mm) en la estación de Iza (1974-2016)..	40
Tabla 10. Registros de número promedio de días con lluvias (días) en la estación de Iza (1974-2016).....	41
Tabla 11. Registros de precipitaciones máximas (mm) en la estación de Iza (1974-2016).....	42
Tabla 12. Registros de precipitaciones máximas anuales en 24 horas (mm) en la estación de Iza (1974-2016).....	43
Tabla 13. Registros de precipitaciones máximas anuales 24 horas (mm) en la estación de Iza (1974-2016).....	44
Tabla 14. Constantes del área de estudio y parámetros de análisis.....	46
Tabla 15. Representa las diferentes intensidades de lluvia(mm/h) para los periodos de retorno del estudio.....	46
Tabla 16. Coeficiente de escorrentía (c), Chow et al (1988).....	48
Tabla 17. Caudales con diferentes periodos de retorno.....	48
Tabla 18. Relación del sistema lagunar, volúmenes y la curva característica	49
Tabla 19. Variables para definir tiempos de concentración.....	50
Tabla 20. Tiempos de concentración del área de estudio.....	50
Tabla 21. Volúmenes para los diferentes periodos de retorno.....	51
Tabla 22. Cotas de inundación para humedal 1.....	51
Tabla 23. Cotas de inundación para humedal 2.....	51
Tabla 24. Cotas de inundación para humedal 3.....	52
Tabla 25. Cotas de inundación para humedal 4.....	52
Tabla 26. Cotas de inundación para humedal 5.....	52
Tabla 27. Coberturas identificadas en el humedal el rosal.....	55
Tabla 28. Distribución etérea del Municipio de Iza.....	57
Tabla 29. Cuantificación de la torta (problemas sociales - arriba -).....	62

Tabla 30. Cuantificación de las barras (- arriba -) de los Niveles de Educación	63
Tabla 31. Cuantificación de las barras (- arriba -)	66
Tabla 32. Rangos de calificación para la delimitación del humedal	73
Tabla 33. Resumen de la calificación general de criterios del humedal.....	74

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Evidencias de la actividad hidrotermal en el sector donde se ubica el humedal. Las aguas son aprovechadas por los habitantes del municipio y alrededores.	27
Ilustración 2. Colinas y lomeríos de media altura, disectadas, que se observan al fondo en contraste con la geoforma en primer plano.	28
Ilustración 3. Superficie de aplanamiento. En esta geoforma se ubica el humedal. –al fondo el casco urbano del municipio de Iza.....	28

GLOSARIO

Análisis multicriterios: Es una herramienta de apoyo en la toma de decisiones durante el proceso de planificación que permite integrar diferentes criterios de acuerdo a la opinión de actores en un solo marco de análisis para dar una visión integral.

Análisis Multitemporal: se le conoce al análisis de tipo espacial que se realiza mediante la comparación de las coberturas interpretadas en dos imágenes de satélite o mapas de un mismo lugar en diferentes fechas y que permite evaluar los cambios ocurridos.

Batimetría: Es el estudio de las profundidades marinas, de la tercera dimensión de los fondos lacustres o marinos.

Coberturas y uso del suelo: El procesamiento de este tipo de información brinda a la CDMB la capacidad de poder cuantificar los diferentes elementos ambientales presentes en el medio como la cobertura vegetal, cuerpos de agua y el uso del suelo dado por los seres humanos.

Cuerpo de agua: Sistema de origen natural o artificial localizado, sobre la superficie terrestre, conformado por elementos físicos-bióticos y masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento.

Ecosistema léntico: Son ecosistemas acuáticos o transicionales entre los ambientes terrestres y acuáticos, cuya área se encuentra inundada o saturada de agua en algún periodo del año, predomina la vegetación adaptada a condiciones de saturación o inundación. Su sustrato corresponde principalmente a suelos hídricos no drenados y que no presentan una renovación permanente del agua.

Geodatabase: En su nivel más básico, una geodatabase de ArcGIS es una colección de datasets geográficos de varios tipos contenida en una carpeta de sistema de archivos común, una base de datos de Microsoft Access o una base de datos relacional multiusuario DBMS (por ejemplo Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, Informix o IBM DB2).

Geomorfología: Es una rama de la geografía y de la geología que tiene como objetivo el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocado en describir, entender su génesis y su actual comportamiento.

Hidrología: Es una rama de las ciencias de la Tierra que estudia el agua, su ocurrencia, distribución, circulación, y propiedades físicas, químicas y mecánicas en los océanos, atmósfera y superficie terrestre.

ModelBuilder: Es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. ModelBuilder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo.

Ronda Hídrica: es la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d) del artículo 83 del decreto Ley 2811 de 1974 y el área de protección o conservación aferente medida a partir de la línea de cauce o lecho permanente.

Suelo: Es la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre él.

RESUMEN

Los humedales son entornos altamente productivos, que representan el origen de fuentes hídricas y diversidad biológica, de los cuales hay innumerables especies que su supervivencia depende de ellos, por este motivo y debido al alto valor que representan los humedales, se generó la necesidad de implementar una herramienta de Sistema de Información Geográfica (SIG), que permita la preservación de estas áreas de importancia ambiental, de acuerdo a lo estipulado en el decreto único reglamentario 1076 de 2015 “la reserva, delimitación, alinderación, declaración, administración y sustracción corresponde a las corporaciones autónomas regionales, mediante acuerdo del respectivo consejo directivo.”. el diseño y formulación de esta herramienta se hizo de acuerdo a la metodología establecida por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, que permitió delimitar el humedal el rosal del municipio de Iza-Boyacá, que se encuentra en la jurisdicción de Corpoboyacá. La delimitación de este humedal, fue realizada mediante una serie de fases; en la fase uno, fueron generadas variables tales como caracterización geomorfológica y de suelos, caracterización climatológica e hidrológica, coberturas naturales, caracterización socioeconómica, interpretación de aerofotografías; en la fase dos: se realizó la construcción de la base de datos geográficos; en la fase tres y última: se generaron los criterios para la delimitación del humedal y construcción de la herramienta. De lo que se puede inferir que con esta herramienta se obtuvo unas áreas susceptibles a ser los límites del humedal. Contribuyendo a la conservación de este hábitat termo mineral.

PALABRAS CLAVES: Humedal, SIG, Ecosistema, Multicriterio, Hidrología.

ABSTRACT

Wetlands are highly productive environments, representing the origin of water sources and biological diversity, of which there are innumerable species that depend on their survival, for this reason and due to the high value that wetlands represent, the need to implement a Geographic Information System (GIS) tool that allows the preservation of these areas of environmental importance, in accordance with the provisions of single regulatory decree 1076 of 2015 "the reservation, delimitation, alignment, declaration, administration and subtraction corresponds to regional autonomous corporations, by agreement of the respective board of directors. ". The design and formulation of this tool was done according to the methodology established by the Ministry of Environment and Sustainable Development, which allowed the Rosal wetland to be delimited from the municipality of Iza-Boyacá, which is in the jurisdiction of Corpoboyacá. The delimitation of this wetland was carried out through a series of phases; In phase one, variables such as geomorphological and soil characterization, climatological and hydrological characterization, natural cover, socioeconomic characterization, aerial photography interpretation were generated; in phase two: construction of the geographic database was carried out; in phase three and last: the criteria for the delimitation of the wetland and construction of the tool were generated. From which it can be inferred that with this tool some areas susceptible to being the limits of the wetland were obtained. Contributing to the conservation of this thermo-mineral habitat.

KEY WORDS: Wetland, GIS, Multi-Criteria, Ecosystem, Hydrology.

INTRODUCCIÓN

En marco de lo establecido en el convenio Ramsar, Colombia se compromete a conservar sus áreas de importancia ambiental, como son los humedales y da la competencia a las Corporaciones Autónomas Regionales para delimitarlos e incorporarlos como determinantes ambientales a los planes de ordenamiento territorial, como lo establece el decreto 3600 del año 2007. Es por ese motivo que este estudio busca estandarizar los criterios de evaluación con respecto a la Guía Técnica de Delimitación de Humedales generada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; para el caso del departamento de Boyacá se ha desarrollado la delimitación del humedal Ciénaga de Palagua ubicado en el municipio de Puerto Boyacá, el cual utiliza sistemas de información geográfica para evaluar las variables socioambientales y proponer una solución sobre su límite funcional. Por tal razón se propone desarrollar una herramienta SIG, enmarcada en un *model builder* que permita calificar, organizar y estructurar cada variable por medio de un análisis multicriterio, los cuales fueron concertados con la autoridad ambiental y generan unas posibles áreas susceptibles a la delimitación del humedal. Para este caso se toma un sistema de cuerpos de agua termo minerales, ubicados en la vereda Agua Caliente del municipio de Iza.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

La región de Latinoamérica y el Caribe (LAC) es la que ha experimentado la mayor reducción de sus humedales naturales a nivel mundial entre 1970 y 2015, con un declive de 59 por ciento de su superficie.

Para Colombia hay cerca de 30 millones de hectáreas de 55 diferentes tipos como lagunas, pantanos, turberas y ciénagas (ALARCÓN, 04/02/2017) y teniendo en cuenta que los humedales tropicales brindan una amplia gama de servicios ecosistémicos, tales como servicios de apoyo (ciclo de nutrientes, formación de suelos, producción primaria), servicios de aprovisionamiento (alimentos, fibra y combustible), servicios de regulación (control de contaminación, inundaciones y erosión, carbono / clima), y servicios culturales (educación y recreación) (swamp, s.f.). Pero según Jaramillo explicó que, aunque no muchos humedales están dentro de áreas protegidas, el verdadero reto es “generar estrategias de desarrollo sostenible en áreas donde hay ganadería o urbanización. Muchas ciudades de Colombia están cerca de áreas de inundación”. (ALARCÓN, 04/02/2017)

Teniendo en cuenta esta realidad se inició un trabajo dentro del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible para buscar recursos, momento en el que el país fue afectado por el fenómeno de La Niña. Nace entonces la necesidad de encontrar soluciones, y es mediante un proceso de acuerdos que el Fondo Adaptación destina los recursos para la aplicación de la norma (delimitación de páramos y humedales), en convenio con el Instituto Alexander von Humboldt. (Cortés-Duque, 2014)

Para el departamento de Boyacá se identifican aproximadamente 1230 humedales los cuales están en las jurisdicciones de Corpoboyacá, CAR y Corpochivor las cuales son las encargadas de priorizar, delimitar y generar su plan de manejo ambiental de estos ecosistemas estratégicos. El inventario de la coordinación de áreas protegidas de Corpoboyacá se registra 1.200 humedales identificados, siendo el Lago de Tota, la Ciénega de Palagua y el lago Sochagota, los más importantes en sus 87 municipios. (A, 2016)

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y que Corpoboyacá cuenta con el mayor porcentaje de humedales del departamento ¿cómo la corporación mediante una herramienta SIG puede delimitar los humedales de su jurisdicción si solo se plantea un rubro inferior a los 500 millones en su PGAR 2009-2019?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una herramienta de sistema de información geográfica (SIG) con la cual se puedan delimitar los humedales en la jurisdicción de Corpoboyacá (caso de estudio humedal el rosal municipio de Iza-Boyacá)

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las variables que intervienen en la delimitación de un humedal.
- Implementar una base de datos geográfica de las variables para delimitar los humedales.
- Establecer un algoritmo que permita delimitar los humedales.

3. JUSTIFICACIÓN

Para Corpoboyacá es fundamental la preservación de sus áreas de importancia ambiental debido a lo estipulado en el decreto único reglamentario 1076 de 2015 “La reserva, delimitación, alinderación, declaración, administración y sustracción corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales, mediante acuerdo del respectivo Consejo Directivo.”. Debido a los precarios recursos asignados por el gobierno nacional esta tarea se hace cada vez más difícil y teniendo en cuenta que en la corporación se identificaron cerca de 1200 humedales, se hace necesario tener una herramienta sig con la cual se pueda incorporar la metodología establecida por el ministerio para su delimitación.

Esta herramienta permitirá optimizar recursos y tener unos criterios estándar para tomar decisiones sobre estas áreas que son fundamentales para la corporación y para el departamento de Boyacá debido a que cumplen una función reguladora del recurso hídrico convirtiéndose en una variable fundamental para la adaptación al cambio climático.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO CONCEPTUAL

Delimitación de humedales

Para establecer los límites de los humedales, se requiere de aspectos como la vegetación, zonas de transición del humedal, franjas de protección, presencia de biodiversidad y niveles de caudal; elementos importantes a la hora de definir los límites cartográficos de un humedal, que son fácilmente de identificar, pero al momento de definir los límites hay un alto grado de complejidad debido a otros aspectos que son cruciales al momento de definir los límites, esto hablando específicamente desde la parte ambiental, administrativa y social, puesto que en primer instancia se debe definir si sus límites como figura de protección o como los humedales Ramsar; y esto se complica un poco más aun debido a las fluctuaciones de aportes hídricos, donde se encuentran humedales que aparecen y desaparecen en el territorio en lapsos largos o cortos de tiempo, que incluso pueden pasar en cuestión de días a ser secarrales a ser zonas húmedas, lo que ha hecho compleja su localización y delimitación. Por tal razón al momento de hacer la delimitación de posibles humedales se toman otra serie de aspectos como, aspectos hidrológicos, edafología y geología, geomorfología del territorio, y aspectos biológicos o ecosistémicos. Teniendo en cuenta la delimitación de este ecosistema lenticó se procede a asignarle una ronda hídrica que determina el área de protección.

Guía Técnica del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (delimitación de los ecosistemas de humedal a escala 1:25.000)

En el marco de la Ley 357 de 1997, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través de la Resolución 157 del 12 de febrero de 2004, adoptó unas medidas para garantizar el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales en Colombia y se desarrollan aspectos que buscan evitar la pérdida de humedales y a regular las actividades que causen un impacto sobre los humedales y establecer criterios de protección, mitigación, seguimiento y ejecución de las leyes. Por lo tanto le corresponde al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible definir criterios y procedimientos para que las Autoridades Ambientales competentes elaboren los estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales con base en los cuales se delimiten los humedales. La metodología desarrollada por MINAMBIENTE, toma en consideración de estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales a escala a 1:25.000. Para definir el límite del humedal, se deberá realizar un cruce de criterios como se muestra en la figura 1; al realizar el diligenciamiento de la misma se podrá conocer con certeza si se está en zona del humedal o no. Localizando, evaluando y midiendo puntos de observación específicos dentro de la zona de transición del humedal en número suficiente se podrá identificar el límite del

humedal. La información consignada en la matriz deberá ser cartografiada para establecer con coordenadas el tamaño real y el límite del humedal. Con la idea de incluir correctamente la información a la ficha se debe conocer de antemano que es necesario llevar a cabo la caracterización de los siguientes parámetros: Interpretación de aerofotografías, Levantamiento Topográfico y batimétrico, Régimen Hidrológico, Geomorfología, Vegetación. (Sostenible, 2012)

Figura 1. Criterios para la delimitación de un humedal



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Los sistemas de información geográfica (SIG) como herramienta para delimitación de humedales

Los SIG han introducido nuevos conceptos relacionados con el análisis y modelaje de datos complejos, mapas interactivos y la suma de gran variedad de datos con información geoespacial que además permiten integrar formatos de visualización y de procesamiento de datos georreferenciados, cuyas aplicaciones se desarrollan para la gestión y planificación que facilitan la toma de decisiones en procesos complejos de desarrollo.

El análisis espacial multicriterio (AEMC) ofrece la posibilidad de definir los estándares metodológicos para el mapeo de servicios ecosistémicos, debido a que dicha técnica es flexible en su forma, permite rescatar la opinión de expertos y actores sociales, la cual es especializada a través de una plataforma SIG (Malczewski, 2006)

La evaluación multicriterio incorpora la opinión o percepción de los actores en las variables y criterios que componen el modelo de evaluación. Los criterios son seleccionados, cuidadosamente, por expertos (evitando la presencia de sesgos), para luego ser ponderados y valorados por los actores locales, mientras que los SIG

permiten integrar las variables y sus criterios con atributos geoespaciales (Feick, 2010) De esta forma, con la aplicación del AEMC es posible recoger las distintas percepciones de actores respecto a la localización de servicios ecosistémicos, mediante una metodología racional y espacialmente explícita (Fontana V, 2013).

En la generación de políticas, lineamientos estratégicos y regulaciones normativas de conservación de recursos naturales, se requiere conocer la distribución espacial y el tipo de servicio proporcionado por un área geográfica determinada (Nahuelhual L, 2013). Ello contribuye a lograr un mejor control sobre las metas de protección ecosistémica a escala general, y optimizar el manejo de la oferta, demanda y flujo de servicios ecosistémicos a un nivel de mayor precisión (Crossman N, 2013) Por ello, en la toma de decisiones estratégicas de orden territorial, los mapas se constituyen como herramientas fundamentales para comunicar la complejidad de los ecosistemas (Maes J, 2012).

4.2. MARCO REFERENCIAL

En el simposio realizado en Colombia sobre la construcción colectiva de criterios para la delimitación de humedales: “Retos e implicaciones del país en el año 2013”, se enmarca una política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE). Bajo esta política se evalúa la guía para la elaboración de estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales para la delimitación de los ecosistemas de humedal a escala 1:25.000 que se publica en octubre del 2012.

Dentro del simposio de exportes se exponen las ventajas del módulo de análisis hidrológico en el SIG Arcgis y concertación de una metodología encaminada a definir o delimitar los humedales desde los diversos puntos de vista multidisciplinarios; por el ingeniero Edgar Carrillo, en el cual por primera vez se muestra un estudio del caso de una ciénaga cercana a Barrancabermeja, donde usaron índices de humedad, direcciones de flujo y acumulaciones, así como una gran variedad de parámetros que podrían servir para la delimitación, pero sería necesario hacerlo de manera interdisciplinaria para poder introducir aspectos desde diferentes ópticas y experticias. Es importante tener en cuenta la hidrogeología de aguas subterráneas y en la línea de costa, la sobreexplotación de acuíferos y la sedimentación. (Humboldt, 2014)

Una de las estrategias importantes es la regulación de la estructura microclimática de una región utilizando la planificación del uso del suelo, que se utiliza para luchar contra el cambio climático. Las estructuras climáticas de las regiones también se ven afectadas por una de las estrategias importantes es la regulación de la estructura micro climática de una región utilizando la planificación del uso del suelo, que se utiliza para luchar contra el cambio climático.

Las estructuras climáticas de las regiones también se ven afectadas por los humedales, así como los tipos de uso de la tierra. En el presente estudio, basado en esta información, los efectos micro-climáticos a la periferia de 1 km y 10 km de tres lagos de presa y dos lagos (embalse de İmranlı, embalse de Gölova, Dört Eylül Embalse, lago Hafik y lago Tödürge), que se encuentran dentro de los límites de la provincia de Sivas, fueron investigados por medio de los SIG (sistemas de información geográfica) y técnicas de detección remota. Los valores de temperatura se obtienen de las imágenes Landsat TM-5 de la temporada de verano de 2007 que pertenecen a 18 de junio, 4 de julio, 20 de julio, 5 de agosto. Las temperaturas de la superficie calculadas se relacionaron con las áreas de almacenamiento de humedales y clases de uso del suelo.

Las áreas de trabajo se formaron de 2 tipos, una grilla de 10 km con intervalos de 500 m y 1 km cada 100 m por cada humedal. Estas áreas almacenadas se cortaron en ángulos de 45 grados dentro de sí mismas y se dividieron en 8 Zonas para aumentar la precisión minimizando los efectos de otros factores (uso de la tierra, topografía, etc.) los resultados muestran la necesidad de una planificación del uso del suelo que se encuentra muy sensible al clima (Şimşek, 2018)

Para la delimitación de humedales se han desarrollado diferentes técnicas como la abordada en el siguiente estudio, donde se generan muchos mapas de aguas abiertas y humedales basados en tres métodos principales:

- (i) Compilación estudios nacionales y regionales de humedales
- (ii) Identificación de áreas inundadas a través de imágenes satelitales
- (iii) Delimitación de los humedales en áreas de poca profundidad, basadas en modelos de agua subterránea.

Sin embargo, el resultado global de la extensión de los humedales varía de 3% a 21% de la superficie de la tierra debido a inconsistencias en las definiciones de humedales y limitaciones en los sistemas de observación o modelización.

Para reconciliar estas diferencias se propone un modelo compuesto donde los mapas de humedales (CW), que combinan dos clases de humedales: (1) humedales inundados regularmente (RFW) obtenidos por superposición de conjuntos de datos seleccionados de aguas abiertas e inundaciones; y (2) humedales impulsados por aguas subterráneas (GDW) derivados a partir del modelado de aguas subterráneas (ya sea directo o simplificado usando varias variantes del índice topográfico). (Ardalan Tootchi, 2019)

Para llegar al fin de este estudio se debe definir un humedal como un área con superficies de suelo persistentes y casi saturadas debido a inundaciones regulares o aguas subterráneas poco profundas, sin tener en cuenta la mayoría de las alteraciones humanas (humedales potenciales). Como resultado se obtuvo una extensión global de 27.5 y 29 millones de km², es decir, 21.1% y 21.6% del área terrestre global, que se encuentran entre los valores más altos en la literatura y

están en línea con estimaciones recientes que también reconocen la contribución de los GDW. (Ardalan Tootchi, 2019)

Esta clase de humedales cubre 15% de la superficie terrestre mundial en comparación con 9.7% para RFW, incluyendo humedales bajo el dosel y / o la cubierta de nubes, lo que lleva a altas densidades de humedales en los trópicos y pequeños humedales dispersos que cubren menos del 5% de la tierra, pero son muy importantes para el funcionamiento hidrológico y ecológico en climas templados y zonas áridas. Al distinguir los RFW y los GDW basados en principios globales, el conjunto de datos propuesto podría ser útil para el modelado de superficies terrestres a gran escala (modelado hidrológico, ecológico y biogeoquímico) y planificación ambiental. (Ardalan Tootchi, 2019)

4.3 MARCO LEGAL

La legislación promulgada de orden internacional se puede resumir con las diferentes convenciones que se citan a continuación:

- Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Ramsar, 2 de febrero de 1971) el cual tenía como objeto “Cada parte contratante designará humedales idóneos de su territorio para ser incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional, en adelante llamada “La Lista”, que mantiene la oficina establecida en virtud del artículo 8. Los límites de cada humedal deberán describirse de manera precisa y también trazarse en un mapa y podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal y especialmente cuando tengan importancia como hábitat de aves acuáticas”.
- En la Resolución VII 20 COP 7 Convención Ramsar (San José de Costa Rica, Costa Rica, mayo de 1999) se plantea que todas las partes contratantes que no han ultimado aún inventarios nacionales exhaustivos de sus recursos de humedales y que abarquen, cuando quiera que sea posible, las pérdidas de humedales y los humedales susceptibles de restaurarse (Resolución VII 17), a que confieran la más alta prioridad en el próximo trienio a la compilación de inventarios nacionales exhaustivos, fin de que otras acciones conexas, como la elaboración de políticas y la designación de sitios Ramsar, puedan llevarse a cabo en base a la información más completa posible.
- Para las Resoluciones VIII 14 y 7 COP 8 Convención Ramsar (Valencia, España, noviembre de 2002); se plantea que las partes contratantes a tomar nota del énfasis puesto en los nuevos lineamientos en asegurar la participación plena de todos los interesados directos en todas las etapas del

proceso de planificación del manejo, y valerse de los lineamientos para establecer y fortalecer la participación de las comunidades locales y de los pueblos indígenas en el manejo de los humedales aprobados en la Resolución VII.8, así como de los principios orientadores sobre los aspectos culturales de los humedales anexos a la Resolución VIII.19, a fin de facilitar este proceso.

Para el orden nacional históricamente se han promulgado las siguientes normas:

- Ley 357 de 1997 (enero 21) que tiene como objeto aprobar la “Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas”, suscrita en Ramsar el dos (2) de febrero de 1971. Art 1A. Apruébese la convención Ramsar.
- Corte Constitucional Sentencia C-582/97 que tiene como objeto revisión de constitucionalidad de la Ley 357 del 21 de enero de 1997, por medio de la cual se aprueba la Convención Ramsar” y resuelve “Con fundamento en las consideraciones expuestas, la Sala Plena de la Corte Constitucional, cumplidos los trámites previstos en el Decreto 2067 de 1991, administrando justicia en nombre del pueblo y por mandato de la Constitución resuelve: PRIMERO. Declárase EXEQUIBLES la Ley 357 del 21 de enero de 1997 y la Convención Ramsar, que mediante ella se aprueba”.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Resolución 196 de 2006 (1 de febrero) tiene como objeto adoptar la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia.
- Decreto 3600 de 2007 (20 de septiembre) tiene por objeto reglamentar las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones.
- En el artículo 4 del mismo decreto ya mencionado establece áreas de conservación y protección ambiental. Incluye las áreas que deben ser objeto de especial protección ambiental de acuerdo con la legislación vigente y las que hacen parte de la estructura ecológica principal, para lo cual en el componente rural del plan de ordenamiento se deben señalar las medidas para garantizar su conservación y protección. Dentro de esta categoría se incluyen las establecidas por la legislación vigente, tales como: 1.1 Las áreas del SINAP. 1.2 Las áreas de reserva forestal. 1.3. Las áreas de manejo especial. 1.4 Las áreas de especial importancia ecosistémica, tales como páramos y subpáramos, nacimientos de agua, zonas de recarga de

acuíferos, rondas hidráulicas de los cuerpos de agua, humedales, pantanos, lagos, lagunas, ciénagas, manglares y reservas de flora y fauna [...].

- Ley 1382 de 2010 (declarada inexecutable por la Corte Constitucional C 366 de 2011) Por la cual se modifica la Ley 685 de 2001 Código de Minas y en el Art. 34. Zonas excluidas de la minería. No podrán ejecutarse trabajos y obras de exploración y explotación mineras en zonas declaradas y delimitadas conforme a la normatividad vigente como de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables o del ambiente. Las zonas de exclusión mencionadas serán las que han sido constituidas y las que se constituyan conforme a las disposiciones vigentes, como áreas del SPNN, parques naturales de carácter regional, zonas de reserva forestal protectora y demás zonas de reserva forestal, ecosistemas de páramo y los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la Convención Ramsar.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE TRABAJO

El presente trabajo se enmarca en una investigación aplicada.

5.2 PROCEDIMIENTO

El humedal se encuentra ubicado en el departamento de Boyacá, vereda aguas calientes del municipio de Iza, este sistema es de vital importancia debido a que provee agua termomineral a la piscina Erika y servicios ecosistémicos para fauna y flora. Esta área se encuentra intervenida por una vivienda con su respectiva área para parqueadero, por tal motivo se hace necesaria su delimitación y se procede a realizar las siguientes fases:

5.2.1 Fase 1. Generar variables para la delimitación del humedal

5.2.1.1. Actividad 1. Caracterización geomorfológica.

Las geoformas se basan en la caracterización geomorfológica definida en el documento “Geomorfología y Susceptibilidad a la Inundación en el Valle Fluvial del Magdalena” IDEAM 2001, realizando una descripción de las formas del relieve terrestre característico asociado a los humedales y se llevará a cabo la identificación de unidades geomorfológicas y edafológicas que se encuentran descritas en el mencionado documento.

En el sector donde se ubica el humedal la precipitación es el factor causante de procesos de encharcamiento local, debido al anegamiento producido durante episodios fuertes y prolongados de precipitación, que se ve favorecido por las bajas pendientes, el pobre drenaje y los suelos impermeables. El otro factor es la escorrentía lateral, que proviene de la parte montañosa por medio de pequeñas cuencas que drenan hacia la parte plana.

Localmente se observa alteración por actividad hidrotermal que actualmente se evidencia por la presencia de fuentes termales en inmediaciones del cuerpo riolítico y del humedal en delimitación (ilustración 1).

Ilustración 1. Evidencias de la actividad hidrotermal en el sector donde se ubica el humedal. Las aguas son aprovechadas por los habitantes del municipio y alrededores.



Fuente: Estudio del humedal El Rosal

El área es de ambiente estructural, con un paisaje constituido por formas resultantes de la acción de fuerzas tectodinámicas, en las rocas antiguas y recientes y luego modeladas por la acción de agentes externos como el clima. Como parte de dicho paisaje las geoformas conformadas corresponden a dos unidades:

- Colinas y lomeríos: constituido por geoformas cóncavas, de media altura, disectadas y que tiene control estructural por la dinámica del domo (ilustración 2).
- Superficie de aplanamiento: zona de morfología ligeramente inclinada, cuyo génesis está asociado a la depositación del Río Tota y de las pequeñas microcuencas que bajan del macizo rocoso riolítico de Iza (ilustración 3).

Ilustración 2. Colinas y lomeríos de media altura, disectadas, que se observan al fondo en contraste con la geoforma en primer plano.



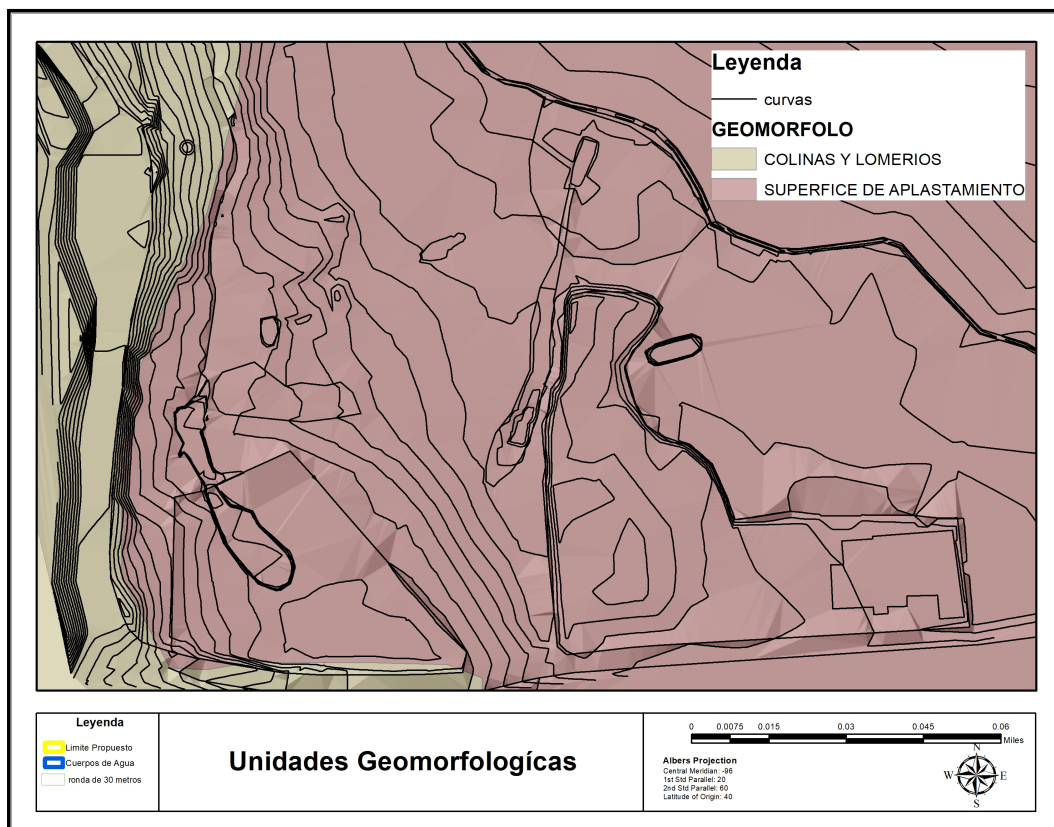
Fuente: estudio el humedal El Rosal

Ilustración 3. Superficie de aplanamiento. En esta geoforma se ubica el humedal. – al fondo el casco urbano del municipio de Iza.



Fuente: estudio el humedal El Rosal

Figura 2. Unidades geomorfológicas del área del humedal



Fuente: estudio humedal El Rosal

5.2.1.2. Suelos

Se realiza una descripción de los suelos con base en el estudio general de suelos y zonificación de tierras realizado por el IGAC, de igual manera, se verificó su relación con las diferentes unidades geomorfológicas identificadas.

En el sector donde se ubica el humedal los suelos son moderadamente profundos a superficiales con alto contenido de materia orgánica. El área es plana con alto contenido de sal debido a la cercanía de las aguas termales. Actualmente estos suelos constituyen pantanos cubiertos por espartos y cortadera. Las áreas mejor drenadas están siendo utilizadas para pastos (kikuyo, ragras y carretón) y corresponde a la Asociación IZA (IA), de la clase VI, Subclase VIsh.

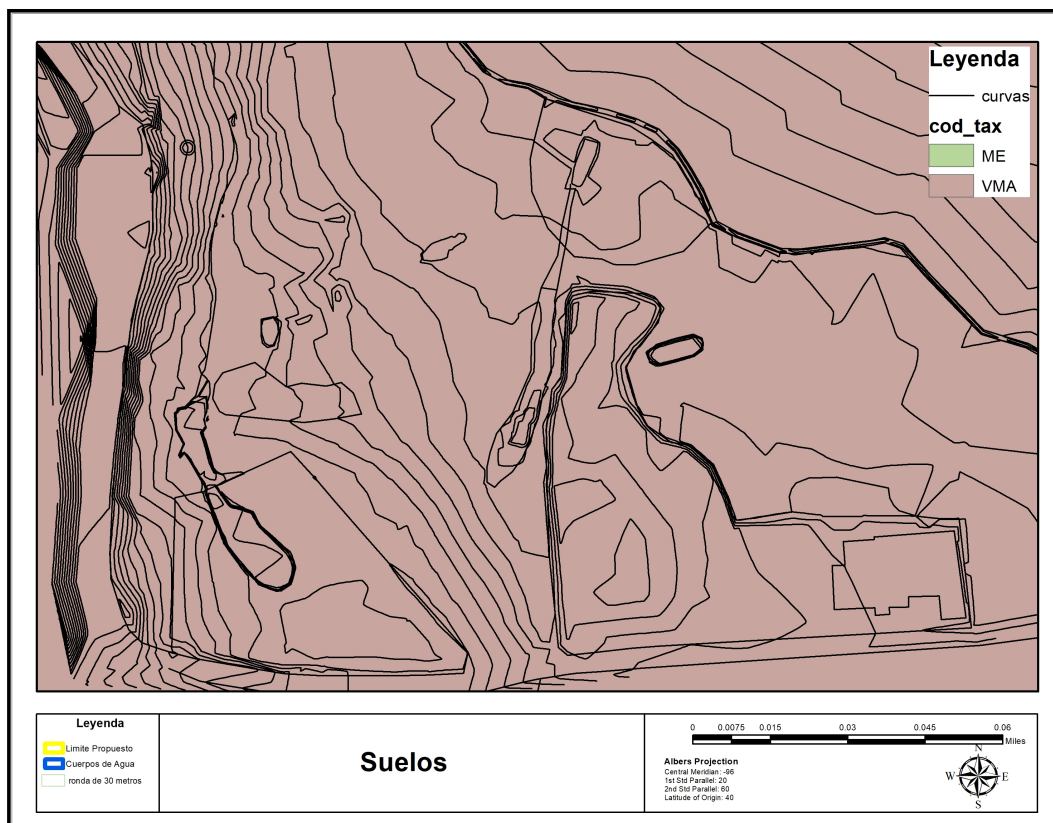
En el recorrido de campo se evidenció la presencia de suelos hídricos, los cuales se desarrollan en condiciones con alto grado de humedad. El suelo está saturado y el límite con suelos no hídricos se observa por los cambios en la vegetación. No se

cuenta con datos de coeficientes de permeabilidad.

En el suelo del área de estudio se produce acumulación de materia orgánica y lo cual se identificó en el campo, por los siguientes atributos:

- Superficie oscura: la superficie del humedal es de un color más oscuro que en los alrededores.
- Acumulaciones orgánicas: en el perfil observado en el canal que drena el agua termal, se observa acumulación de materia orgánica.
- Lama: se observa lama en el suelo.

Figura 3. Unidades de suelo del humedal El Rosal



Fuente: estudio Humedal El Rosal

5.2.1.3. Actividad 2. Caracterización climatológica e hidrológica

5.2.1.3.1 Clima

Las estaciones del IDEAM que se encuentran aferentes al área de estudio las cuales se utilizaron para el análisis hidrológico se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Estaciones cercanas al área del humedal

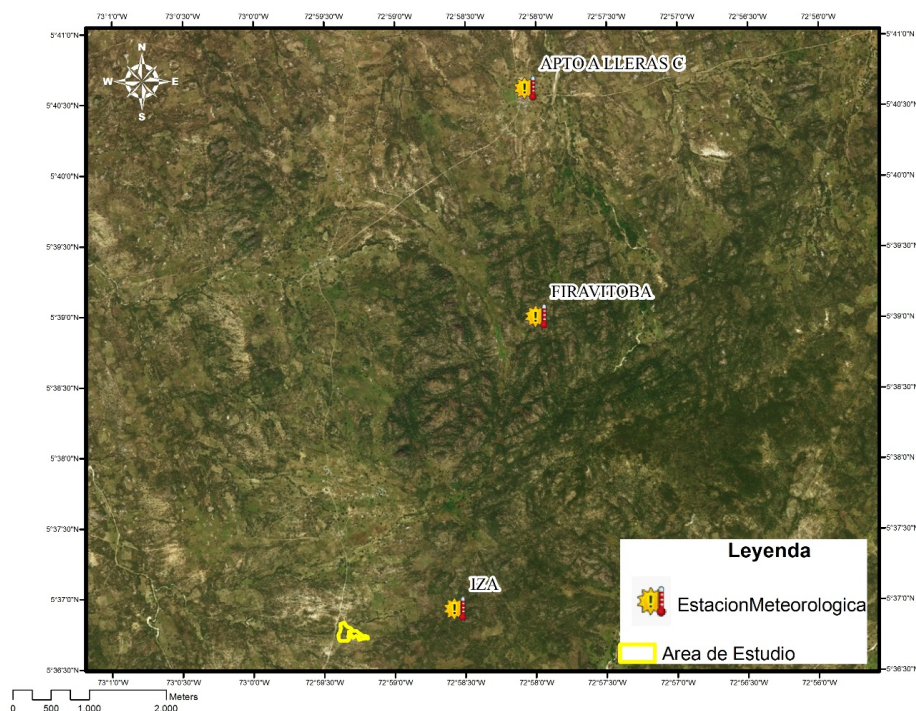
Código	Tipo	Nombre	Corriente	Depto.	Municipio	Coord.	Elev. (msnm)	Fecha Instalación
2403023	PM	Iza	PESCA	Boyacá	IZA	05 36 N 7258 W	2470	1958- FEBRERO
24035340	CP	APTO A LLERAS C	CHICAMOCH A	Boyacá	SOGAMOSO	05 40N 7258 W	2500	1974-ENERO

CP = Climatológica principal PM = Pluviométrica

Fuente: IDEAM

En la siguiente imagen se muestra la distribución de las estaciones que se encuentran cercanas al área de estudio donde se procedió a utilizar la estación pluviométrica de Iza y la climatológica principal del aeropuerto Lleras Camargo. Se descarta los datos pluviométricos de la estación de Firavitoaba por la distancia tan alejada del área de estudio y por la cantidad de datos faltantes en las precipitaciones.

Figura 4. Localización de las estaciones cercanas al área de estudio



Fuente: estudio humedal El Rosal

5.2.1.3.1.1 Temperatura

Teniendo en cuenta los datos entregados por el IDEAM sobre los registros climatológicos de la estación del Aeropuerto Lleras Camargo para el periodo 1974-2016, la temperatura que varía entre los 13.8 a los 17.2 °C; identificando los valores más bajos en los meses en junio a octubre, siendo el mes de agosto el menor registro con 13.9 °C. Así los valores más altos se dan de febrero a mayo, siendo el mes de marzo el mayor registro con 17.2 °C

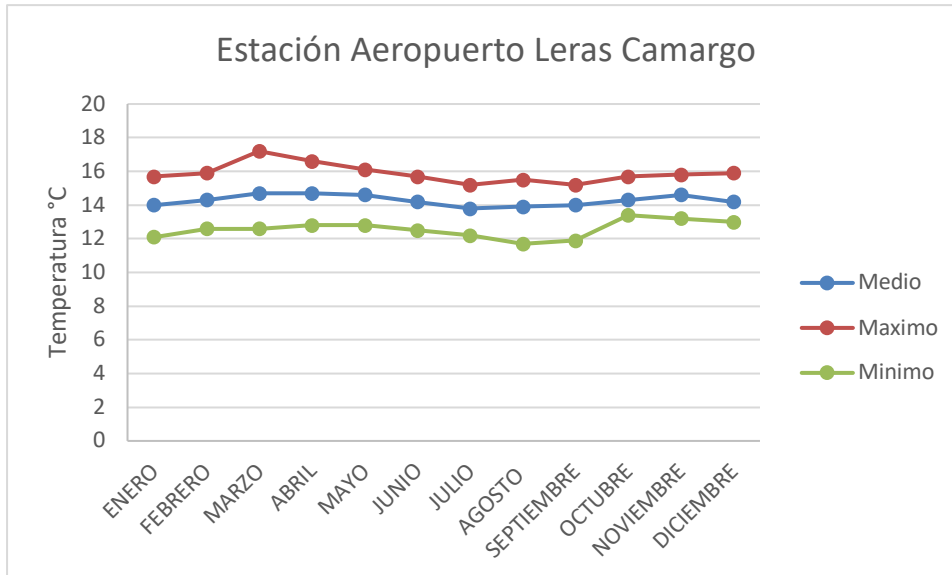
Tabla 2. Registros de temperatura (°C) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).

E	F	M	A	MA	J	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
---	---	---	---	----	---	----	----	---	---	---	---	-------

MEDIO	14	14.3	14.7	14.7	14.6	14.2	13.8	13.9	14	14.3	14.6	14.2	14.3
MAXIMO	15.7	15.9	17.2	16.6	16.1	15.7	15.2	15.5	15.2	15.7	15.8	15.9	17.2
MINIMO	12.1	12.6	12.6	12.8	12.8	12.5	12.2	11.7	11.9	13.4	13.2	13	11.7

Fuente: IDEAM 2016

Grafica 1. Distribución de la temperatura (°C) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).



Fuente: IDEAM 2016

5.2.1.3.1.2 Nubosidad

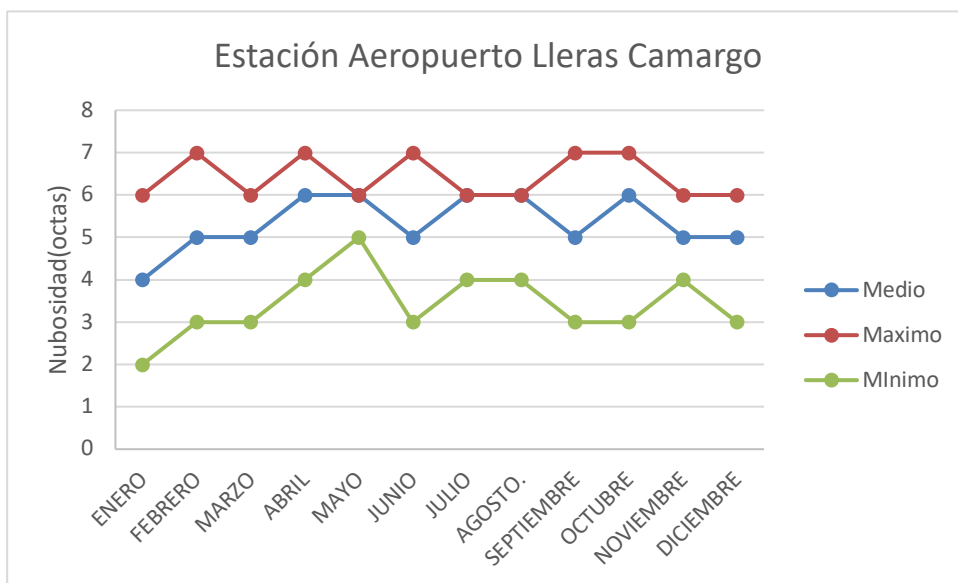
Teniendo en cuenta los datos entregados por el IDEAM sobre los registros climatológicos de la estación del Aeropuerto Lleras Camargo para el periodo 1974 - 2016, la nubosidad varía entre 2 y 7 octas; identificando los valores más bajos en los meses de enero a marzo, siendo enero el de menor registro con 2 octas. Así los valores más altos se dan de mayo a agosto, siendo el mes de junio el mayor registro de 7 octas.

Tabla 3. Registros de Nubosidad (Octas) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).

	E	F	M	A	MA	J	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
MEDIO	4	5	5	6	6	5	6	6	5	6	5	5	5
MAXIMO	6	7	6	7	6	7	6	6	7	7	6	6	7
MINIMO	2	3	3	4	5	3	4	4	3	3	4	3	2

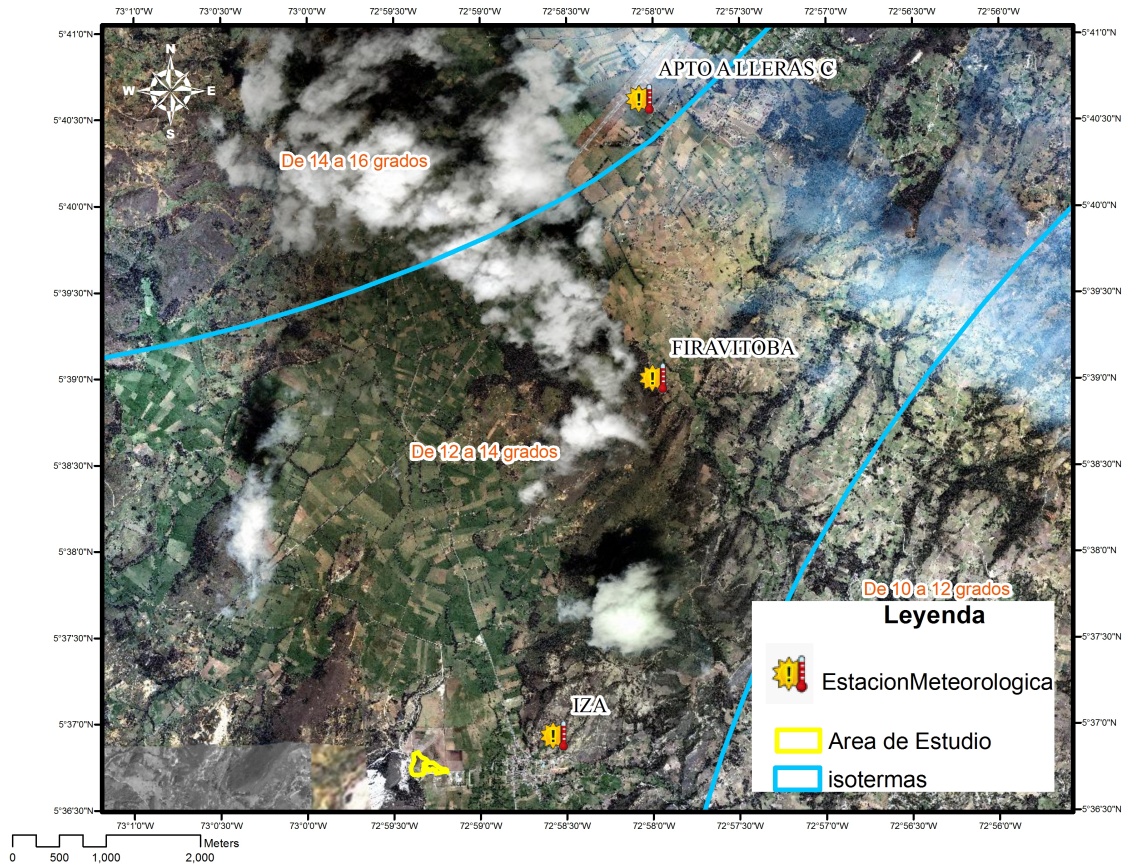
Fuente: IDEAM 2016

Grafica 2. Distribución de la Nubosidad (Octas) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).



Fuente: IDEAM 2016

Figura 5. Isotermas del área de estudio.



Fuente: POMCA Alto Chicamocha

5.2.1.3.1.3 Humedad relativa

Teniendo en cuenta los datos entregados por el IDEAM sobre los registros climatológicos de la estación del Aeropuerto Lleras Camargo para el periodo 1974 - 2016, la humedad relativa máxima varía entre 57 y 88%; identificando los valores más bajos en los meses de enero a marzo siendo enero el de menor registro con 57%. Así los valores más altos se dan de mayo a agosto, siendo el mes de junio el mayor registro de 88%

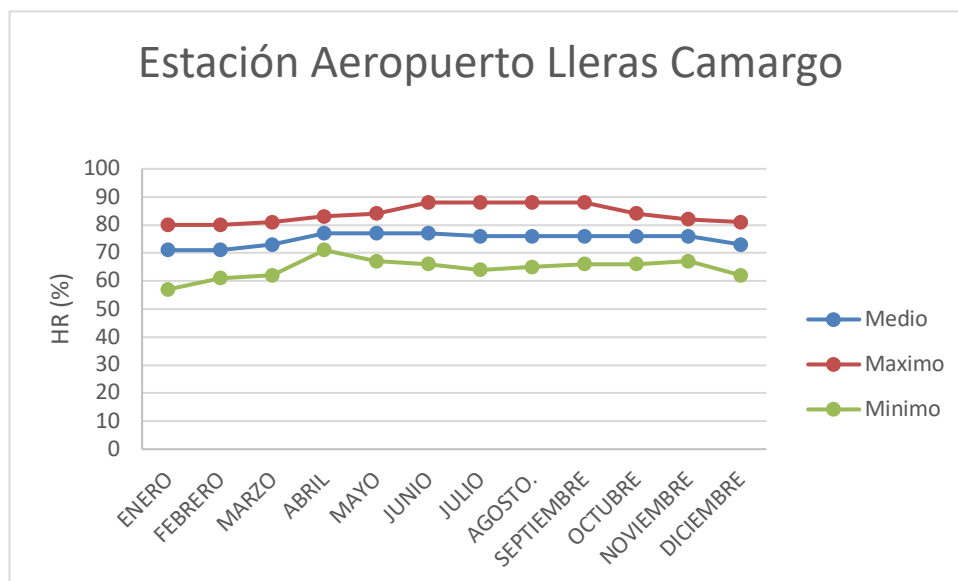
Tabla 4. Registros de Humedad Relativa (%) en la estación Apto. Lleras Camargo (1974-2016).

	E	F	M	A	MA	J	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
MEDIO	71	71	73	77	77	77	76	76	76	76	76	73	75
MAXIMO	80	80	81	83	84	88	88	88	88	84	82	81	88

MINIMO	57	61	62	71	67	66	64	65	66	66	67	62	57
---------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Fuente: IDEAM 2016

Grafica 3. Distribución de Humedad relativa (%) en la estación Apto. Lleras Camargo (1974-2016).



Fuente: IDEAM 2016

5.2.1.3.1.4 Brillo Solar

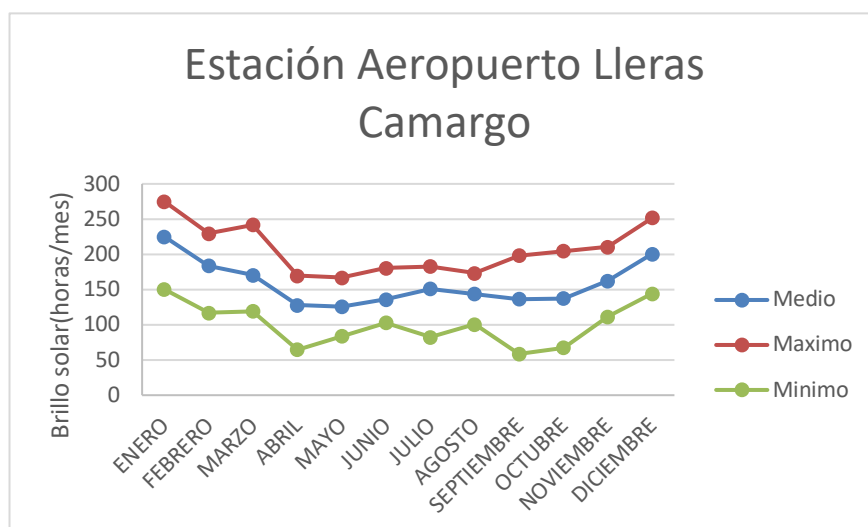
Teniendo en cuenta los datos entregados por el IDEAM sobre los registros climatológicos de la estación del Aeropuerto Lleras Camargo para el periodo 1974 - 2016, el brillo solar máximo varía entre 58.6 y 275.1; identificando los valores más bajos en los meses de abril a agosto, siendo abril el de menor registro con 64.9. Así los valores más altos se dan de enero a marzo, siendo el mes de enero el mayor registro de 88%

Tabla 5. Registros de Brillo Solar (horas/mes) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).

	E	F	M	A	MA	J	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
MEDIO	225.2	183.7	170.7	127.8	125.7	136.1	150.8	143.5	136.3	137.3	162.3	200.7	1900.2
MAXIMO	275.1	229.6	242	169.6	167.1	180.5	182.8	173.4	198.2	204.8	210.6	251.8	275.1
MINIMO	150.4	116.9	119	64.9	83.7	103	82.6	100.5	58.6	67.2	111.4	144.1	58.6

Fuente: IDEAM 2016

Grafica 4. Distribución del Brillo Solar (Horas/mes) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).



Fuente: IDEAM 2016

5.2.1.3.1.5 Evaporación

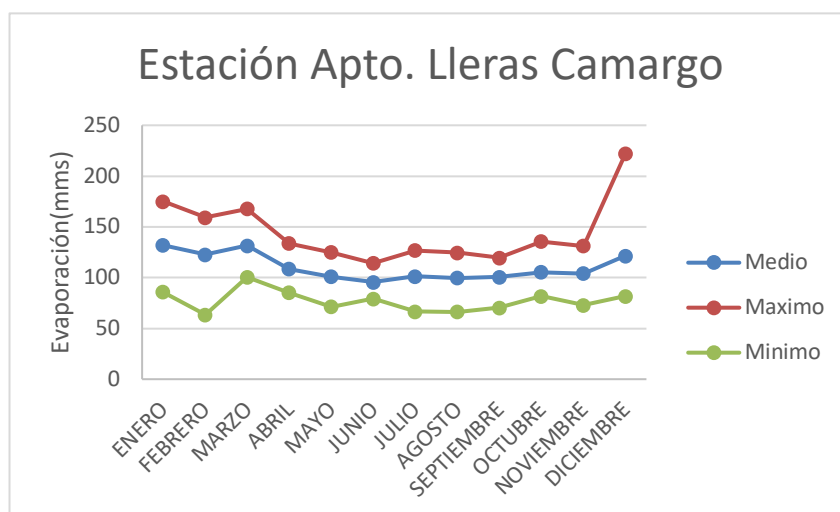
Teniendo en cuenta los datos entregados por el IDEAM sobre los registros climatológicos de la estación del Aeropuerto Lleras Camargo para el periodo 1974 - 2016, la evaporación máxima varía entre 175 y 222 mms; identificando los valores más bajos en los meses de junio a septiembre, siendo abril el de menor registro con 114.2. Así los valores más altos se dan de octubre a diciembre, siendo el mes de diciembre el mayor registro de 222 mms.

Tabla 6. Registros de Evaporación (mms) en la estación Apto. Lleras Camargo (1974-2016).

	E	F	M	A	MA	J	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
MEDIO	131.9	122.6	131.5	108.6	100.9	95.7	101.3	99.7	100.6	105.3	104.1	121.4	1323.5
MAXIMO	175	159.1	167.8	133.8	124.8	114.2	126.9	124.7	119.5	135.7	131.2	222	222
MINIMO	85.9	63.5	100.5	85.1	71.4	79.1	66.5	66.4	70.3	81.6	72.8	81.7	63.5

Fuente: IDEAM 2016

Grafica 5. Distribución de la evaporación (mms) en la estación Apto. Lleras Camargo (1974-2016).



Fuente: IDEAM 2016

5.2.1.3.1.6 Punto de Rocío

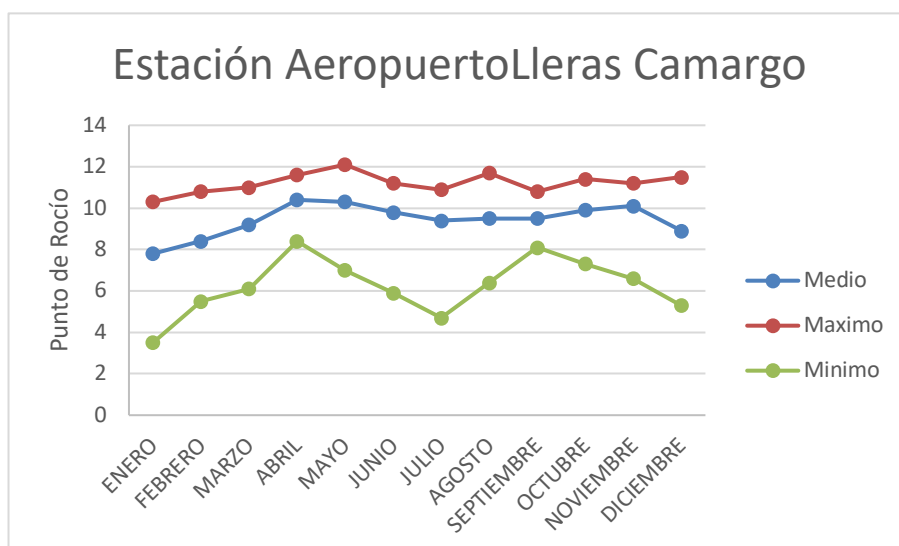
Teniendo en cuenta los datos entregados por el IDEAM sobre los registros climatológicos de la estación del Aeropuerto Lleras Camargo para el periodo 1974 - 2016, el punto de rocío máximo varía entre 10.3 y 12.1 °C, identificando los valores más bajos en los meses de enero a abril, siendo enero el de menor registro con 10.3. Así los valores más altos se dan de mayo a junio, siendo el mes de mayo el mayor registro de 12.1 °C.

Tabla 7. Registros de punto de rocío (°C) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).

	E	F	M	A	MA	J	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
MEDIO	7.8	8.4	9.2	10.4	10.3	9.8	9.4	9.5	9.5	9.9	10.1	8.9	9.4
MAXIMO	10.3	10.8	11	11.6	12.1	11.2	10.9	11.7	10.8	11.4	11.2	11.5	12.1
MINIMO	3.5	5.5	6.1	8.4	7	5.9	4.7	6.4	8.1	7.3	6.6	5.3	3.5

Fuente: IDEAM 2016

Grafica 6. Distribución del punto de rocío (°C) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).



Fuente: IDEAM 2016

5.2.1.3.1.7 Tensión de vapor

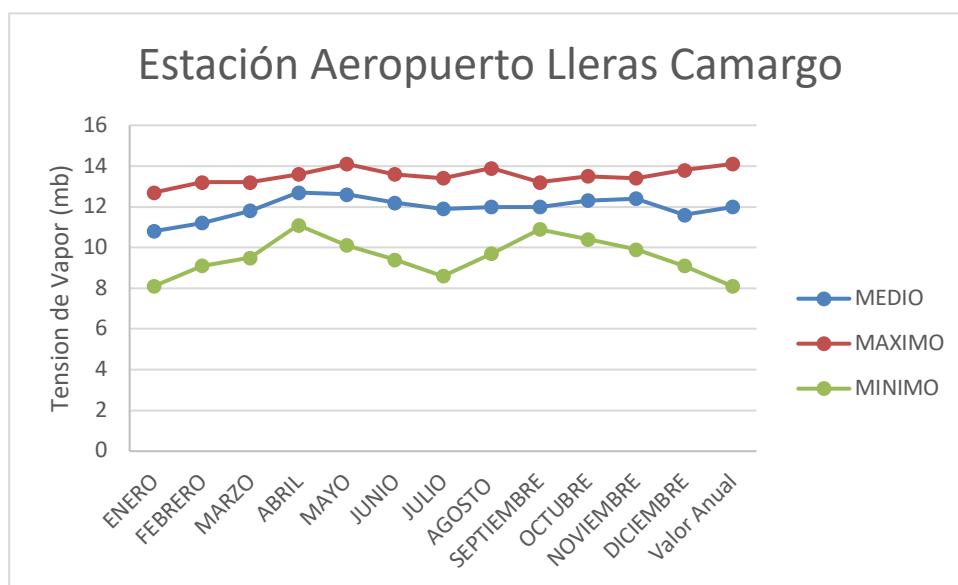
Teniendo en cuenta los datos entregados por el IDEAM sobre los registros climatológicos de la estación del Aeropuerto Lleras Camargo para el periodo 1974 - 2016, el punto de rocío máximo varía entre 12.7 y 14.1 mb, identificando los valores más bajos en los meses de enero a marzo, siendo enero el de menor registro con 12.7. Así los valores más altos se dan de abril a mayo, siendo el mes de abril el mayor registro de 14.1 mb.

Tabla 8. Registros de tensión de vapor (mb) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).

	E	F	M	A	MA	J	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
MEDIO	10.8	11.2	11.8	12.7	12.6	12.2	11.9	12	12	12.3	12.4	11.6	12
MAXIMO	12.7	13.2	13.2	13.6	14.1	13.6	13.4	13.9	13.2	13.5	13.4	13.8	14.1
MINIMO	8.1	9.1	9.5	11.1	10.1	9.4	8.6	9.7	10.9	10.4	9.9	9.1	8.1

Fuente: IDEAM 2016

Grafica 7. Distribución de la tensión de vapor (mb) en la estación Aeropuerto Lleras Camargo (1974-2016).



Fuente: IDEAM 2016

5.2.1.3.2 Hidrología

5.2.1.3.2.1 Precipitaciones medias

Las estaciones del IDEAM que se encuentran aferentes al área de estudio, las cuales se utilizaron para el análisis hidrológico se muestran en la tabla 1.

Bajo este criterio, por cercanía al área del estudio se toma la estación pluviométrica del municipio de Iza teniendo en cuenta que si se utiliza la estación del Aeropuerto Lleras Camargo se podría tener distorsión en la realidad de la zona de estudio en la parte de precipitación, pero serán de referencia para los demás datos climatológicos. En la siguiente tabla se muestra la distribución mensual multianual de la estación de Iza.

Tabla 9. Registros de precipitación (mm) en la estación de Iza (1974-2016).

	E	F	M	A	MA	J	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
Estación de Iza	14.1	27.1	61.3	110.7	97.9	58.7	51.4	46.1	55.3	101.1	89.7	28.8	742.4

Fuente: IDEAM 2016

La distribución mensual multianual en el área de estudio es de carácter bimodal teniendo en cuenta la respectiva figura que muestra los meses con mayor precipitación, siendo abril y mayo para los primeros seis meses, y de octubre a noviembre terminado el semestre; sin embargo se presentan los periodos con menor precipitación en verano que van de diciembre a febrero y entre julio a agosto.

Grafica 8. Distribución de la precipitación (mm) en la estación de Iza (1974-2016).



Fuente: IDEAM 2016

5.2.1.3.2.2 Número de días con lluvias

Teniendo en cuenta los datos entregados por el IDEAM sobre los registros climatológicos de la estación del Aeropuerto Lleras Camargo para el periodo 1974 - 2016, el número promedio de días con lluvias varía entre 2 a 11 días; identificando los valores más bajos en los meses de diciembre a febrero, siendo enero el de menor registró con 2 días. Así los valores más altos se dan de abril a mayo, teniendo los dos meses un máximo de 11 días de precipitación en sus respectivos meses.

Tabla 10. Registros de número promedio de días con lluvias (días) en la estación de Iza (1974-2016).

	E	F	M	A	MA	J	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
Número de Días de Lluvia	2	4	7	11	11	8	9	7	8	11	10	4	93

Fuente: IDEAM 2016

Grafica 9. Distribución de número promedio de días con lluvia (días) en la estación de Iza (1974-2016).



Fuente: IDEAM 2016

5.2.1.3.2.3 Precipitaciones máximas

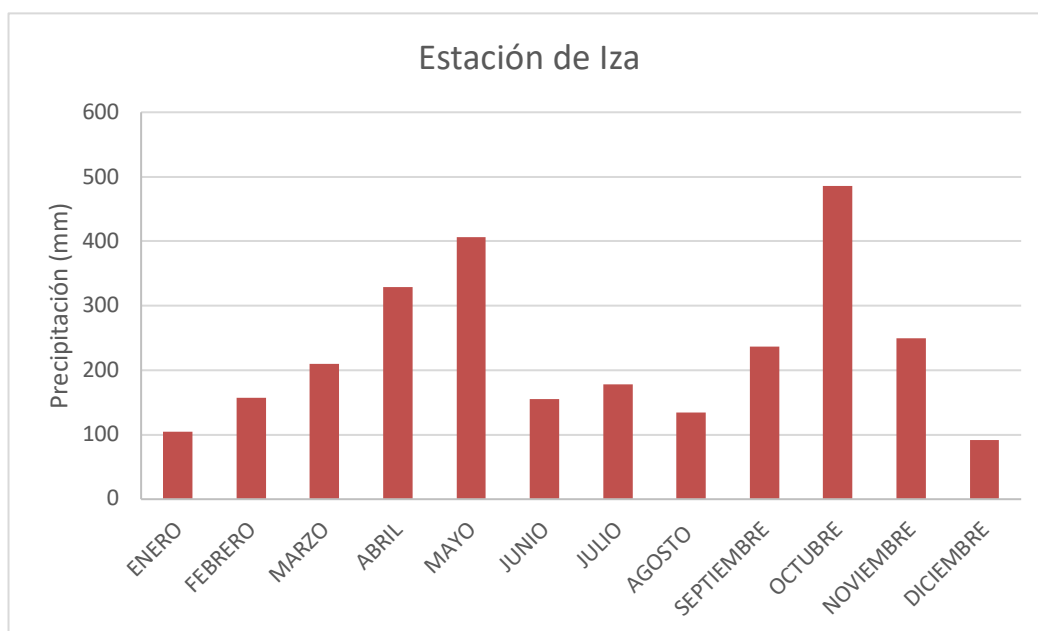
Teniendo en cuenta los datos entregados por el IDEAM sobre los registros climatológicos de la estación del Aeropuerto Lleras Camargo para el periodo 1974 - 2016, las precipitaciones máximas varían entre 92 a 486; identificando los valores más bajos en los meses de diciembre a febrero, siendo diciembre el de menor registró con 92 mm. Así los valores más altos se dan de abril, mayo y octubre, siendo el más alto el mes de octubre, con una precipitación máxima de 486 mm

Tabla 11. Registros de precipitaciones máximas (mm) en la estación de Iza (1974-2016).

	E	F	M	A	MA	J	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
MAXIMOS	105	157.1	210	329	406	155	178.2	134	237	486	250	92	486

Fuente: IDEAM 2016

Grafica 10. Distribución de número promedio de días con lluvia (mm) en la estación de Iza (1974-2016).



Fuente: IDEAM 2016

5.2.1.3.2.4 Precipitaciones Máximas anuales en 24 horas

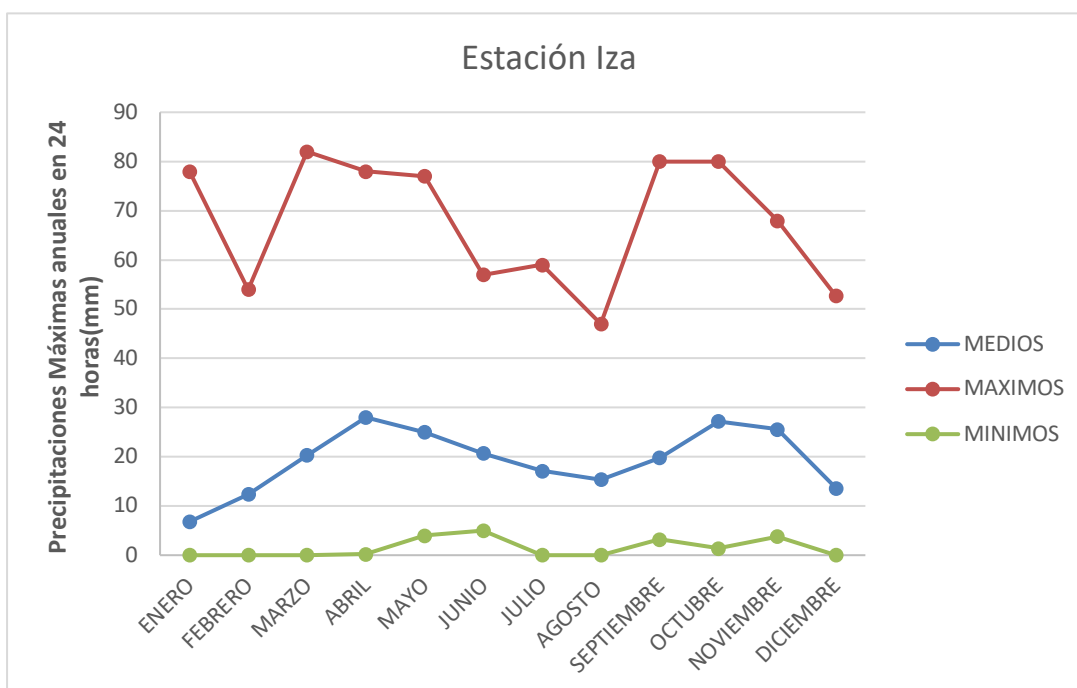
Teniendo en cuenta los datos entregados por el IDEAM sobre los registros climatológicos de la estación del Aeropuerto Lleras Camargo para el periodo 1974 - 2016, las precipitaciones máximas varían entre 6.8 a 28; identificando los valores más bajos en los meses de diciembre a febrero, siendo enero el de menor registro con 6.8 mm. Así los valores más altos se dan de abril, mayo y octubre, siendo el más alto el mes de abril con una precipitación máxima de 28 mm

Tabla 12. Registros de precipitaciones máximas anuales en 24 horas (mm) en la estación de Iza (1974-2016).

	E	F	M	A	MA	J	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
MEDIOS	6.8	12.4	20.3	28	25	20.7	17.1	15.4	19.8	27.2	25.6	13.6	19.3

Fuente: IDEAM 2016

Grafica 11. Distribución de las precipitaciones máximas anuales en 24 horas (mm) en la estación de Iza (1974-2016).



Fuente: IDEAM 2016

Tabla 13. Registros de precipitaciones máximas anuales 24 horas (mm) en la estación de Iza (1974-2016).

Años	Valor Anual	Años	Valor Anual	Años	Valor Anual
1958	50.03	1978	30.03	1998	52.73
1959	25	1979	44.03	1999	51.6
1960	34	1980	6.03	2000	32
1961	80	1981	35.03	2001	23.03
1962	82	1982	50	2002	32.03
1963	59	1983	26.5	2003	40.7
1964	65	1984	18.5	2004	33.3
1965	48	1985	17.3	2005	35.8
1966	65	1986	17	2006	27.5
1967	75	1987	29.83	2007	40
1968	78	1988	32	2008	25
1969	60	1989	33.4	2009	33

1970	77	1990	25.2	2010	34.1
1971	55	1991	39.5	2011	44.5
1972	80	1992	34.8	2012	41
1973	20	1993	26	2013	44.3
1974	35	1994	27.8	2014	47.03
1975	38	1995	27.7	2015	28
1976	36.03	1996	40.03	2016	55.93
1977	45	1997	36.5		

Fuente: IDEAM 2016

5.2.1.3.2.5 Caudales máximos generados con el método racional

Recibe este nombre la aproximación que permite evaluar el caudal que produciría una precipitación teniendo en cuenta las siguientes fases

El cálculo de que parte de la precipitación va a generar escorrentía puede realizarse para cada incremento de tiempo.

Se representa la precipitación neta separada

Se calcula el hidrograma generado por la precipitación neta con el método racional debido al área del humedal inferior de 5 hectáreas.

Para desarrollar este método supongamos una precipitación constante de intensidad I (mmm/hora) que cae homogéneamente sobre un área de superficie A (km²). Si toda el agua caída produjera escorrentía, el caudal generado sería:

$$Q \left(\frac{m^3}{seg} \right) = I \left(\frac{mm}{hora} \right) * 10^{-3} * A(km^2) * 10^6$$

Con 10^{-3} convertimos mm/hora en metros/hora y con 10^6 pasamos Km^2 a m^2 . Así el producto es $m^3/hora$

En este cálculo hemos supuesto que la intensidad I era intensidad de precipitación neta. Si I es precipitación real, solamente una parte generará escorrentía: debemos aplicar un coeficiente de escorrentía C , con lo que finalmente, la formula resultaría:

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6} * 24$$

Donde Q = caudal (m³/seg)

C = Coeficiente de escorrentía (típicamente 0.1 a 0.7)

I = intensidad de precipitación (mm/hora)

A = superficie de la cuenca (km²)

Para la primera etapa se va hallar la intensidad con las curvas IDF

$$I = a \cdot \frac{T^b}{t^c} \cdot M^d \cdot N^e \cdot PT^f$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia en mm/hr

T = Tiempo de retorno en años

t = Duración de la lluvia en horas

M = Precipitación máxima media anual en 24 horas en mm

N = Promedio anual del número de días con lluvia

PT= Precipitación media anual en mm

a, b, c, d, e y f = Constantes que dependen del sitio

Tabla 14. Constantes del área de estudio y parámetros de análisis

M	N	PT	a	B	c	d	e	f
19.3	93	742.4	1.61	0.19	0.65	0.75	-0.15	0.08

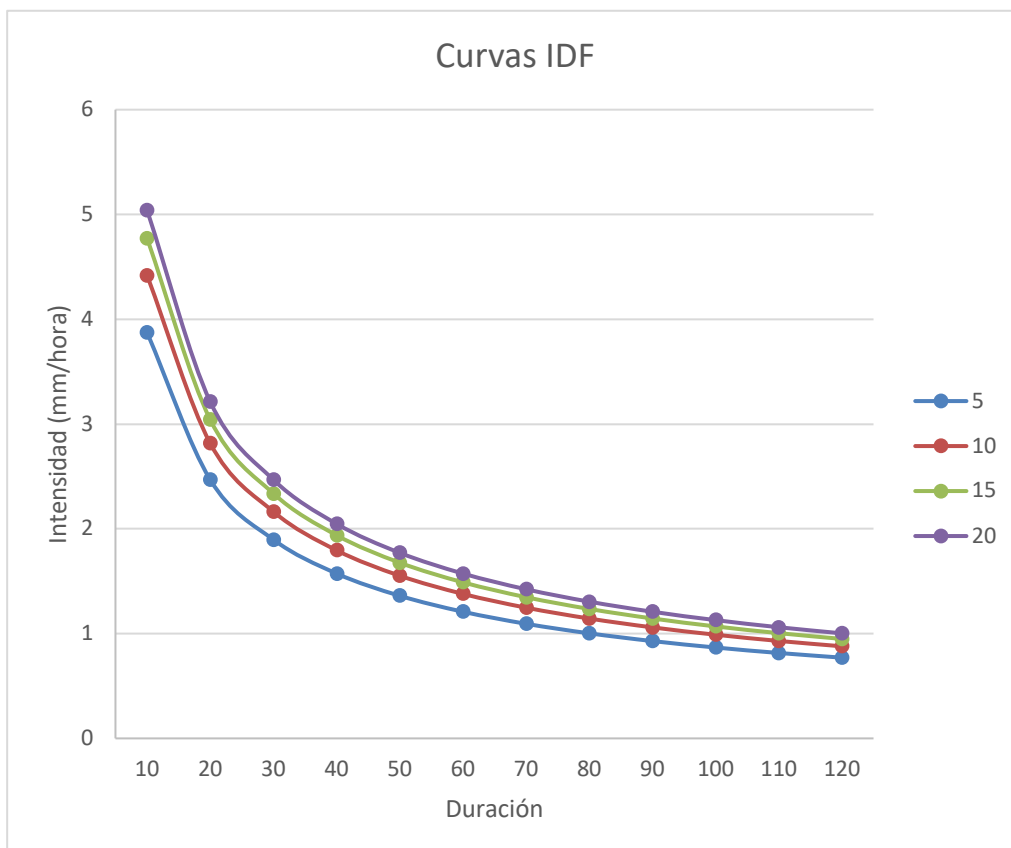
Fuente: autor

Tabla 15. Representa las diferentes intensidades de lluvia(mm/h) para los periodos de retorno del estudio

Duración	Periodos de Retorno			
	5	10	15	20
10	3.874152869	4.419493022	4.773421576	5.041597282
20	2.468921355	2.8164559	3.042007599	3.212910698
30	1.896915293	2.163932138	2.337227439	2.468535267
40	1.573394976	1.794871899	1.938611557	2.047524737
50	1.360962788	1.552536967	1.67686959	1.771077839
60	1.208866773	1.379031352	1.489469035	1.573148929
70	1.093611397	1.2475522	1.347460571	1.423162284
80	1.002693644	1.143836527	1.235438981	1.304847207
90	0.928793403	1.059533814	1.14438501	1.208677731
100	0.867314792	0.989401245	1.068635978	1.128673041
110	0.815213772	0.929966292	1.004441265	1.060871803
120	0.770386996	0.878829532	0.949209294	1.002536843

Fuente: estudio humedal El Rosal

Grafica 12. Distribución de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para el área de estudio con los diferentes periodos de retorno



Fuente: estudio humedal El Rosal

Figura 6. Coeficientes de escorrentía

Tipo de superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas urbanas							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Cemento, tejados	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)							
<i>Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente alta (> 7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<i>Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Condición buena (cobertura vegetal superior al 75%)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Pendiente media (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Zonas rurales							
Campos de cultivo							
Pendiente baja (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Pendiente media (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente alta (> 7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales, prados, dehesas							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques, montes arbolados							
Pendiente baja (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Pendiente media (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Nota: Los valores de esta tabla son los utilizados en la ciudad de Austin (Texas, USA) para determinar caudales punta por el método racional en su término municipal.

Fuente: Chow et al (1988)

Para el área de estudio se encuentran pastizales con pendientes mayores al 7%

Tabla 16. Coeficiente de escorrentía (c), Chow et al (1988)

Tipo de Superficie	periodo de retorno			
pastos limpios	5	10	15	20
pendiente >7%	0.4	0.42	0.433333333	0.446666667

Fuente: Fuente: método de los coeficientes de escorrentía

Tabla 17. Caudales con diferentes periodos de retorno

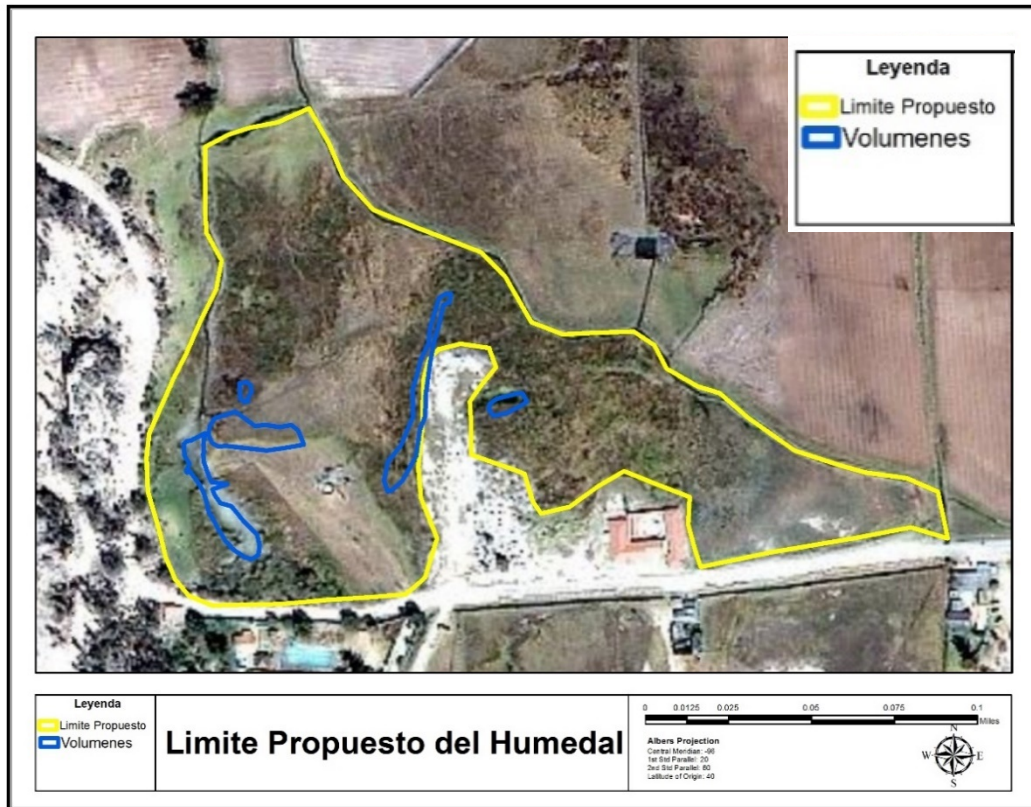
Caudales(m3/s)	periodo de retorno			
	5	10	15	20
	0.008609229	0.01031215	0.01149157	0.01251063

Caudales(L/s)	8.609228597	10.31215039	11.49157046	12.51063029
----------------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Fuente: estudio humedal El Rosal

En el área de estudio se identificó un sistema de humedales que se interconectan y generan un sistema como se identifica en la siguiente figura.

Figura 7. Sistema de Humedales identificados en el área



Fuente: estudio humedal El Rosal

Con la batimetría generada en campo se procede a utilizar el software GIS Arcgis y con la herramienta polygon volumen se genera la capacidad de almacenamiento en metros cúbicos, dependiendo de una curva para generar dicho volumen. En la siguiente tabla se muestran los volúmenes de los diferentes sistemas lagunares.

Tabla 18. Relación del sistema lagunar, volúmenes y la curva característica

Sistema de Humedales	humedal 1	humedal 2	humedal 3	humedal 4	humedal 5
Volumen m3	0.096841	1244.020375	57.415744	1.095115	0.886001
curva	2535.1699	2535	2534.3101	2534.3101	2531.8899

Fuente: estudio humedal El Rosal

5.2.1.3.2.6 Tiempo de Concentración

5.2.1.3.2.6.1 Método Bransby Williams

$$Tc = 14.6 * L * A^{-0.1} * S^{-0.2}$$

Tc= Tiempo de concentración (minutos)

L=longitud del Cauce (km)

S= pendiente media (m/m)

A=superficie de la cuenca (km²)

5.2.1.3.2.6.2 Método Kirpich

$$Tc = 3.98 * \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$$

Tc= Tiempo de concentración (minutos)

L=longitud del cauce (km)

S= pendiente media (m/m)

5.2.1.3.2.6.3 Método Ministerio de Fomento

$$Tc = 0.3 * \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

Tc= Tiempo de concentración (horas)

L=longitud del cauce (km)

S= pendiente media (m/m)

Tabla 19. Variables para definir tiempos de concentración

L km	Area(Km ²)	S
0.24	0.02	0.10525

Fuente: estudio humedal El Rosal

Tabla 20. Tiempos de concentración del área de estudio

Tc				
Bransby Williams	8.128617297	minutos	487.7170378	segundos
kirpich	5.980660914	minutos	358.8396548	segundos
Ministerio de Fomento	0.155546269	horas	559.9665686	segundos

Fuente: estudio humedal El Rosal

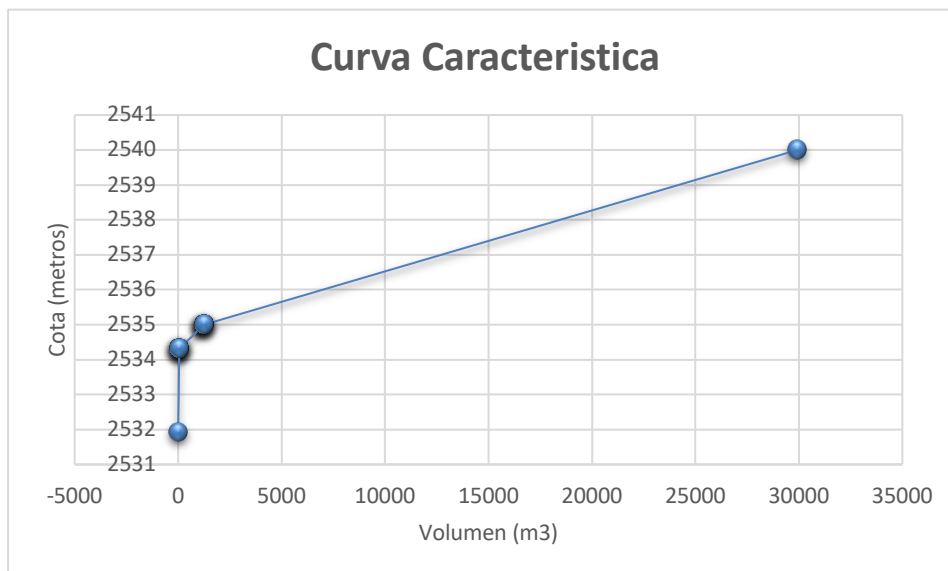
Tabla 21. Volúmenes para los diferentes periodos de retorno

Periodos de Retorno	5	10	15	20
Volúmenes m3	4.198867469	5.029411439	5.604634705	6.101647548
	3.089332618	3.700408485	4.123631177	4.489310256
	4.820880196	5.774459467	6.434895279	7.005534717

Fuente: estudio humedal El Rosal

Se define 5 pequeños humedales los cuales están conectados y se convierte en un sistema de humedales en el cual el flujo del agua va de oeste a este y recarga esta zona. A continuación, se presentan los humedales y su respectiva curva característica.

Grafica 13. Curva característica de cota vs volumen



Fuente: estudio humedal El Rosal

Tabla 22. Cotas de inundación para humedal 1

Periodos de Retorno	5	10	15	20
Volúmenes m3	4.295708469	5.126252439	5.701475705	6.198488548
cota de inundación	2534.97	2535.01	2535.05	2535.02

Fuente: estudio humedal El Rosal

Tabla 23. Cotas de inundación para humedal 2

Periodos de Retorno	5	10	15	20
Volúmenes m3	1248.219242	1249.049786	1249.62501	1250.122023

cota de inundación (m)	2535.21	2535.03	2535.03	2535
-------------------------------	---------	---------	---------	------

Fuente: estudio humedal El Rosal

Tabla 24. Cotas de inundación para humedal 3

Periodo de Retorno	5	10	15	20
Volumen m3	61.61461147	62.44515544	63.0203787	63.51739155
cota de inundación(m)	2534.3101	2534.55	2534.5901	2534.8601

Fuente: estudio humedal el rosal

Tabla 25. Cotas de inundación para humedal 4

Periodo de Retorno	5	10	15	20
Volumen m3	5.293982469	6.124526439	6.699749705	7.196762548
cota de inundación (m)	2534.9099	2534.77	2534.5601	2534.45

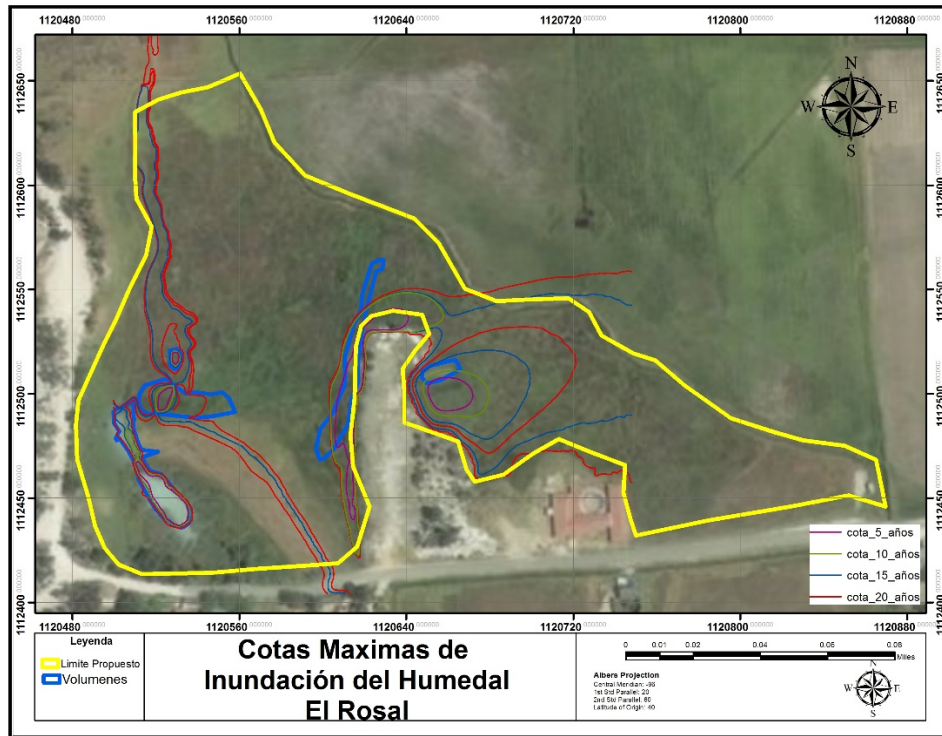
Fuente: estudio humedal El Rosal

Tabla 26. Cotas de inundación para humedal 5

Periodo de Retorno	5	10	15	20
Volumen m3	5.084868469	5.915412439	6.490635705	6.987648548
cota de inundación	2535.23	2535.1899	2535.1101	2535.0701

Fuente: estudio humedal El Rosal

Figura 8. Cotas Máximas de inundación



Fuente: estudio humedal El Rosal

5.2.1.4. Actividad 3. Coberturas naturales

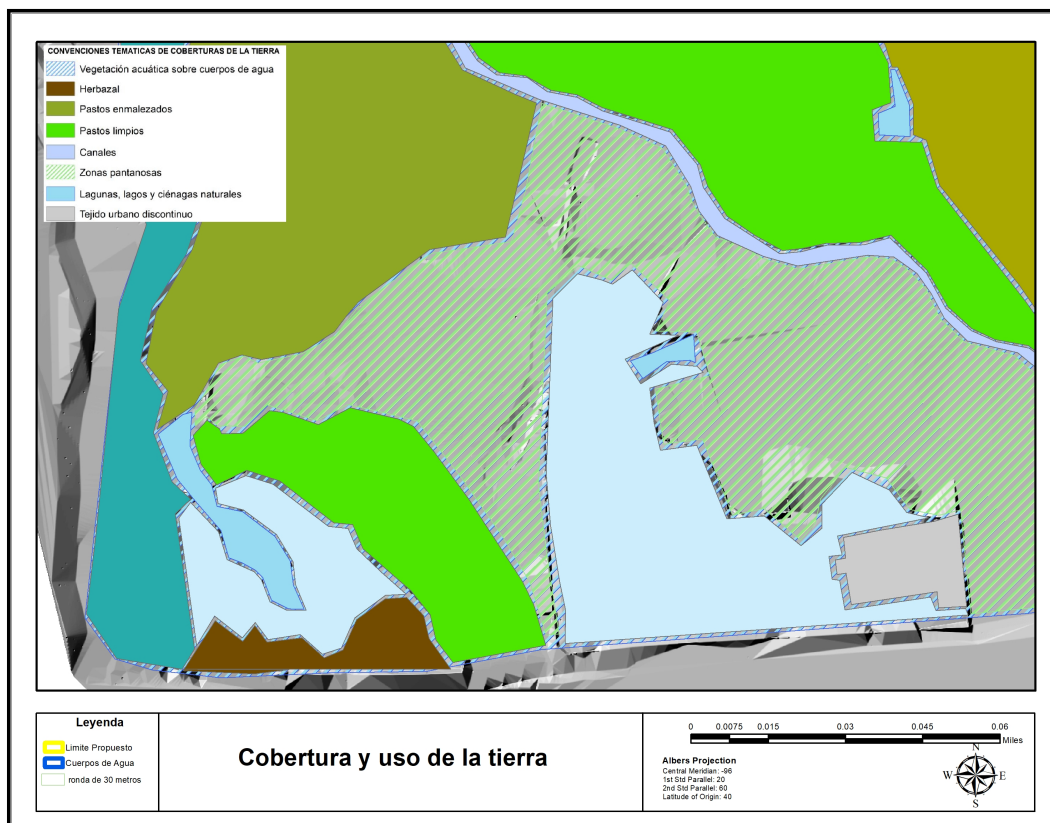
Para el componente biótico se identificaron 11 coberturas naturales calificadas con la metodología Corine Landcover como se puede identificar en la siguiente figura 10.

Figura 9. Clasificación de coberturas Corine Landcover

1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES
1.1. Zonas urbanizadas	3.1. Bosques
1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1.1. Bosque denso
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.2. Bosque abierto
1.2.4. Aeropuertos	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable
1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable
1.3.2. Zonas de disposición de residuos	3.1.3. Bosque fragmentado
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	3.1.4. Bosque de galería y ripario
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.5. Plantación forestal
1.4.2. Instalaciones recreativas	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
	3.2.1.1. Herbazal denso
	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado
	3.2.1.1.2.3. Amacachal
	3.2.1.1.2.4. Hulechal
	3.2.1.2. Herbazal abierto
	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
	3.2.2.1. Arbustal denso
	3.2.2.2. Arbustal abierto
	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
	3.3.1. Zonas arenosas naturales
	3.3.2. Afloramientos rocosos
	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
	3.3.4. Zonas quemadas
	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
2. TIERRAS AGRÍCOLAS	4. ÁREAS HÚMEDAS
2.1. Cultivos transitorios	4.1. Áreas húmedas continentales
2.1.1. Otros cultivos transitorios	4.1.1. Zonas Pantanosas
2.1.2. Cereales	4.1.2. Turberas
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.1.4. Hortalizas	4.2. Áreas húmedas costeras
2.1.5. Tubérculos	4.2.1. Pantanos costeros
2.2. Cultivos permanentes	4.2.2. Salitral
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	5. SUPERFICIES DE AGUA
2.2.1.2. Caña	5.1. Aguas continentales
2.2.1.3. Plátano y banano	5.1.1. Ríos (50 m)
2.2.1.4. Tabaco	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
2.2.1.5. Papaia	5.1.3. Canales
2.2.1.6. Amapola	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	5.2. Aguas marítimas
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	5.2.1. Lagunas costeras
2.2.2.2. Café	5.2.2. Mares y océanos
2.2.2.3. Cacao	5.2.3. Estanques para acuicultura marina
2.2.2.4. Viñedos	
2.2.2.5. Coca	
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	
2.2.3.2. Palma de aceite	
2.2.3.3. Citricos	
2.2.3.4. Mango	
2.2.4. Cultivos agroforestales	
2.2.5. Cultivos confinados	
2.3. Pastos	
2.3.1. Pastos limpios	
2.3.2. Pastos arbolados	
2.3.3. Pastos enmalezados	
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	
2.4.1. Mosaico de cultivos	
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	

Fuente: IDEAM

Figura 10. Distribución espacial de las coberturas naturales en el humedal El Rosal



Fuente: estudio humedal el rosal

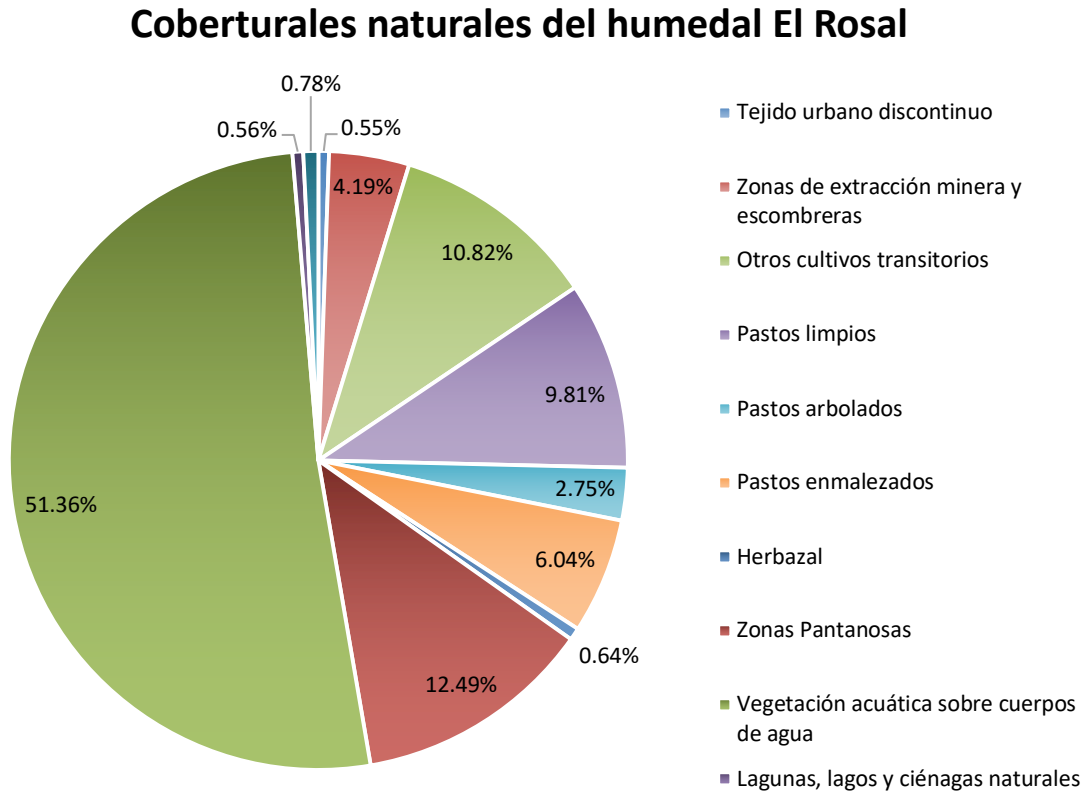
En la tabla 27 se pueden identificar la distribución porcentual de las coberturas naturales en el humedal el rosal

Tabla 27. Coberturas identificadas en el humedal el rosal

Cobertura	Área	Porcentaje
Tejido urbano discontinuo	0.09	0.55%
Zonas de extracción minera y escombreras	0.64	4.19%
Otros cultivos transitorios	1.66	10.82%
Pastos limpios	1.51	9.81%
Pastos arbolados	0.42	2.75%
Pastos enmalezados	0.93	6.04%
Herbazal	0.10	0.64%
Zonas Pantanosas	1.92	12.49%
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	7.88	51.36%
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0.09	0.56%
Canales	0.12	0.78%
Total Temática	15.35	100.00%

Fuente: estudio humedal el rosal

Grafica 14. Distribución porcentual de las coberturas en el humedal El Rosal



Fuente: estudio humedal El Rosal

5.2.1.5. Actividad 4. Caracterización Socioeconómica

De acuerdo con la información del censo realizado por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) en año 2005, el municipio contaba con 2066 habitantes, con una densidad poblacional baja (59 Habitantes por Kilómetro cuadrado) y con la particularidad de que la distribución cercana al 50/50 tanto de habitantes que se concentran en la cabecera municipal (1086) como en la zona rural (980). En consecuencia, es posible concluir que la población de Iza se encuentra no solo desconcentrada, sino que también presenta un alto grado de dispersión a lo largo de todo el territorio que compone la jurisdicción.

Asimismo, con una extensión territorial de 34,29 kilómetros cuadrados y sobre una altura de 2560 metros sobre el nivel del mar; además, la población del municipio ha contado con vías de acceso terciarias para poder distribuirse y habitar sobre las distintas veredas del municipio. Es el caso de la vereda de Aguas Calientes (en la cual se encuentra la zona de los humedales), donde de acuerdo con los resultados y el diario de campo, fue posible evidenciar las distancias entre viviendas (de 3 a 5

kilómetros) de carácter familiar (en su mayoría) con vías en buen estado, pese a no estar pavimentadas y una escuela (equipamiento). A continuación, se presenta en el siguiente cuadro la distribución etérea del municipio en general

Tabla 28. Distribución etérea del Municipio de Iza

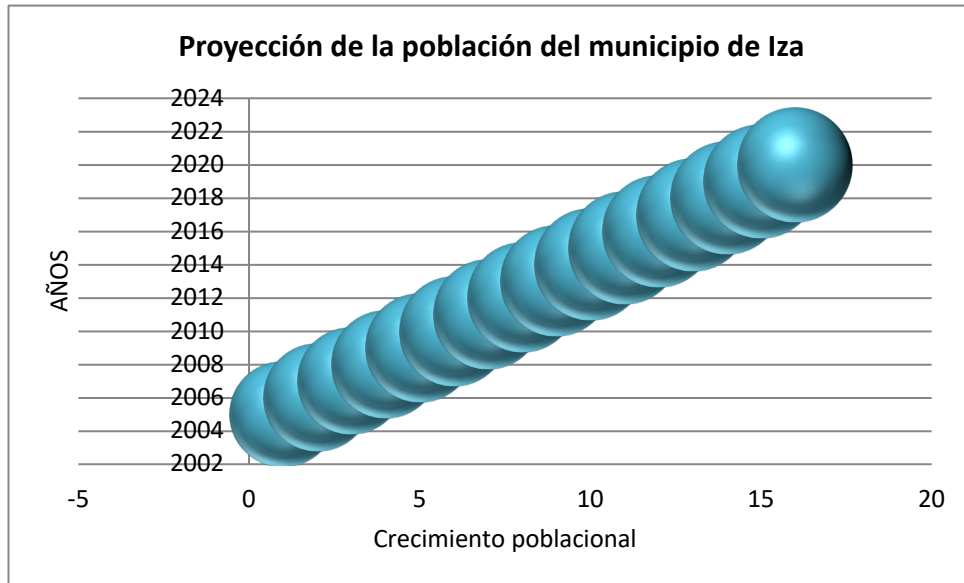
Edad	Población promedio
Menor a un (1) año	17 (0,82%)
De uno (1) a cuatro (4) años	152 (7,36%)
De cinco (5) a catorce (14) años	348 (16,84%)
De quince (15) a cuarenta y cuatro (44)	970 (46,95%)
De cuarenta y cinco (45) a sesenta y ocho (68)	325 (15,3%)
Más de sesenta (60)	271 (13,12%)

Fuente: DANE y Alcaldía de Iza

De toda esta población, la mayoría son mujeres con más (1077) que los hombres (989); estamos hablando de una diferencia porcentual cercana al 10% del total de la población entre géneros.

En consonancia con lo anterior, las proyecciones del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), teniendo en cuenta el crecimiento demográfico tanto de la cabecera municipal como de las zonas rurales, arrojan que la población crecerá a un ritmo aproximado del 6% anual, lo que puede indicar un crecimiento medio (con tendencia a la baja) lo que significa que a 2020 nacerán 90 habitantes más. Esto implica varias cuestiones, en primer lugar, la baja tasa de natalidad que se encuentra (y encontrará) en el municipio conforme al censo realizado para 2005 en los próximos años.

Grafica 15. Proyección poblacional



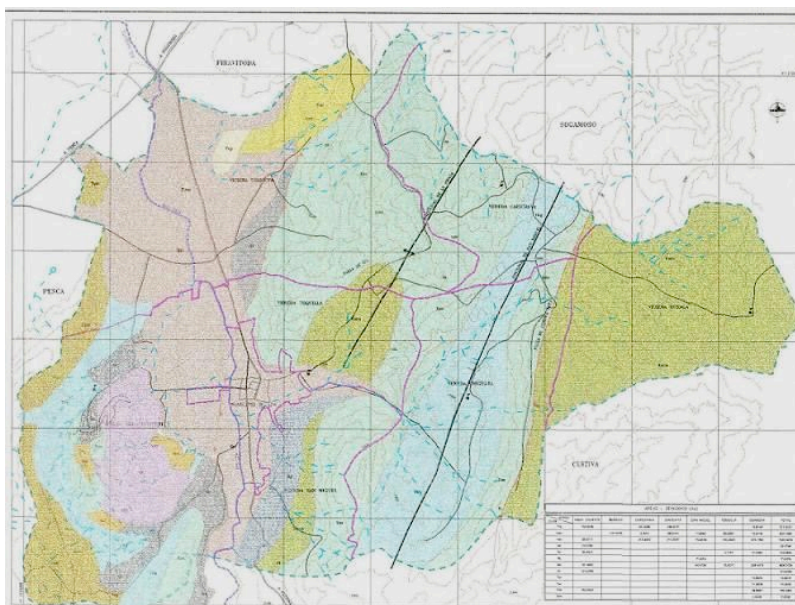
Fuente: Censo DANE 2005

En términos de organización comunitaria, según los resultados de la encuesta, es posible observar que las personas de los alrededores del humedal no cuentan ni forman parte de alguna organización; este dato indica que pese a la importancia que manifiestan los pobladores de los alrededores por el humedal (4,6/5) lo cierto es que ese interés no ha logrado canalizarse o agrupar a los izanos a velar por la defensa y la conservación del ecosistema. Así mismo, infortunadamente, la comunidad no ha contado con liderazgos comunitarios que impulsen la búsqueda de posibles soluciones y presionen la exigencia de más y mejores medidas para el cuidado de los pozos de aguas termales naturales. Se deben incentivar los mecanismos de participación ciudadana, su existencia y el conocimiento de sus alcances, con la finalidad de generar canales de comunicación y diálogo por parte de la comunidad con los demás actores.

5.2.1.5.1 Jurisdicción política y administrativa, relaciones de territorialidad existentes en las áreas de influencia directa e indirecta de los humedales

De acuerdo con el ordenamiento jurídico y administrativo dictado por la Constitución Política de Colombia de 1991, Iza se ubica dentro de la categoría de municipio. Esto implica, en concordancia con la descentralización de tipo administrativo y político, la constitución de un gobierno municipal constituido por un alcalde, un concejo municipal, un juez municipal, un cuerpo de policía y uno de bomberos, y demás instituciones necesarias para velar por el cumplimiento del ordenamiento jurídico.

Figura 11. División político administrativa del municipio de Iza



Fuente: Planeación municipal de Iza

El municipio de Iza está conformado además del perímetro urbano, por siete (7) veredas así:

- Vereda de Carichana
- Vereda de Busaga
- Vereda de Chiguata
- Vereda Toquilla
- Vereda Usamena
- Vereda Agua Caliente
- Vereda San Miguel

En este sentido, el artículo 311 de la Constitución es fundamental de la división política y administrativa. Le corresponde al municipio prestar los servicios públicos, construir obras que demande el progreso local, ordenar el desarrollo de su territorio, promover la participación comunitaria, el mejoramiento social y cultural de sus habitantes y cumplir las demás funciones que le asigne la constitución y la ley.

En consecuencia, y en relación con los resultados arrojados por la encuesta en la vereda de Aguas Calientes, los habitantes manifiestan la falta de interés de las instituciones por el territorio, pues demandan un mayor interés por parte de las autoridades departamentales (Gobernación y Corporación Autónoma Regional) como de la Alcaldía municipal.

Ante las preocupaciones presentadas por el impacto ambiental de la planta de puzolana en la zona (polución, reducción de temperatura de aguas termales, Deforestación) y las necesidades básicas insatisfechas de la población ya que son

familias de escasos recursos. Teniendo en cuenta las cifras arrojadas por la encuesta perciben menos de un salario mínimo mensual, la población no solo se ve afectada por la actividad minera sino que no encuentra en ella un beneficio tangible para su bienestar.

De esta manera, es posible observar que las relaciones de territorialidad existentes son frágiles pues no cuentan con una relación directa con la mina, por el contrario la explotación de esta, como se está realizando hasta ahora posiblemente haya provocado una disminución de la temperatura de las aguas volcánicas, que son claves para el desarrollo de la actividad turística en la región por los beneficios que estas ofrecen para la salud. Por tanto, es posible concluir que de manera directa o indirecta, el humedal es un bien público clave para los pobladores de la zona (por su valor ambiental y la actividad económica que se desarrolla en la zona) y las relaciones que hay en el territorio son intrínsecas al estado y conservación de este ecosistema.

5.2.1.5.2 Problemática social: condiciones generales de vida, vivienda, salud, educación, servicios públicos y empleo, entre otros aspectos

Las problemáticas sociales están determinadas por el estado en el que se encuentra la calidad de vida de sus habitantes. En ese orden de ideas, los habitantes de Iza (tanto en la cabecera municipal como en la ruralidad) está fijado por indicadores y mediciones que permitan, de manera objetiva, qué hay y qué falta.

En Iza hay 405 viviendas, de las cuales 188 hacen parte de la cabecera municipal (las cuales albergan a 226 hogares) y 217 en la ruralidad del municipio (239 hogares). Estas cifras indican que pese a que la mayoría de hogares cuentan con un hogar en una vivienda, es muy posible que existan viviendas y que esta conducta pueda estar más acentuada en las zonas rurales que urbanas.

Del mismo modo, las viviendas son un índice de calidad de vida básicamente por la calidad de los espacios y los terminados en pisos, paredes y techos (materiales). Según los estudios realizados por el Centro de Salud “Luis Patiño Camargo” el 58,27% de las viviendas se encuentran en buen estado, el 39,26% presentan deterioros significativos (especialmente por el tipo de materia prima que utilizan) y un 2,47% presentan deterioros preocupantes y mal estado. Otro de los datos que preocupan en este aspecto es que muchas de las casas que presentan deterioros significativos (regulares) han sido construidas hace mucho tiempo y no cumplen con las normas de sismo-resistencia vigentes. Ahora, ante el condicionamiento de que el municipio ha sido declarado patrimonio cultural, muchos habitantes desconocen las implicaciones de la declaración y optan convivir con el deterioro de sus viviendas.

Los procesos de restauración que necesitan las viviendas más antiguas pueden demandar cuantiosos recursos que no puede costear la población (por lo menos no sola) no obstante, la fragilidad de estas viviendas puede convertirse en oportunidad de empleo y de mercado; una iniciativa conjunta entre gobierno y comunidad, para el desarrollo de un programa de mejoramiento integral de vivienda, que permita restaurar las viviendas en riesgo de desplomarse; y simultáneamente generar empleo para los habitantes del municipio y fomentar la cultura de conservación que llevó a Iza a ser declarada patrimonio cultural.

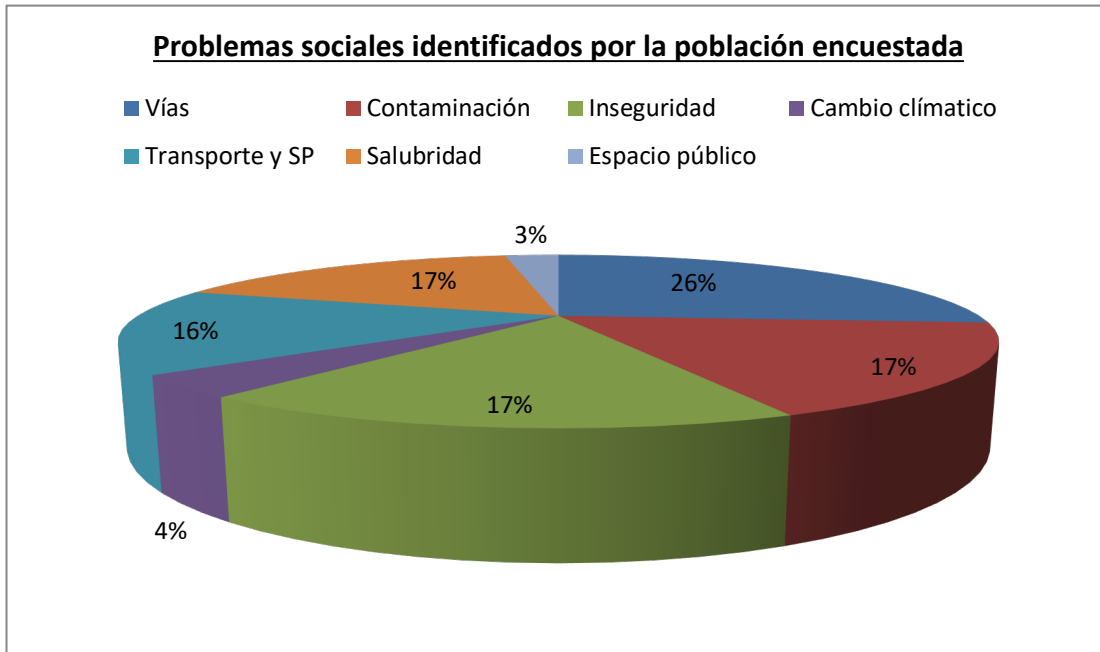
Iza cuenta con toda la materia prima (materiales de construcción) y capital humano para restaurar sus viviendas y lograr la transferencia de conocimiento necesaria (técnicas de construcción y demás) para alcanzar esta meta, reducir el riesgo, y con ello mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

En términos de salud Iza cuenta con un Centro de Salud de primer nivel de complejidad, no obstante, la comunidad conforme a los resultados de la encuesta, indica que en caso de emergencia recurre al Hospital de Sogamoso pues este cuenta con servicios de atención de mayor complejidad. Igualmente, la población manifiesta ser beneficiaria del SISBEN (régimen subsidiado de salud).

Por otro lado, uno de los datos arrojados por la encuesta que más preocupa a los ízanos en términos de salud pública, es la contaminación. La población acusa polución, producto de la remoción en masa que produce la explotación de la mina y el estado de las vías (que pese a estar en buen estado, no son pavimentadas); con posibilidad de producir percances de salud relacionados con enfermedades respiratorias. Esta preocupación, compartida entre los miembros de la comunidad de la vereda Agua Caliente, llama a las autoridades estatales y demás actores involucrados en la exploración y explotación a tomar acciones en el corto y mediano plazo que logren mitigar el impacto ambiental de la explotación de la mina y contribuir a mejorar las condiciones de salud de los habitantes de Iza.

A continuación, se exponen los principales resultados arrojados que hacen referencia a los problemas más importantes según los habitantes encuestados.

Grafica 16. Problemas sociales



Fuente: encuesta de trabajo de campo

Tabla 29. Cuantificación de la torta (problemas sociales - arriba -)

Vías	Contaminación	Inseguridad	Cambio climático	Transporte Y Servicios Público	Salubridad	Espacio público
20	13	13	3	12	13	2

Fuente: encuesta de trabajo de campo

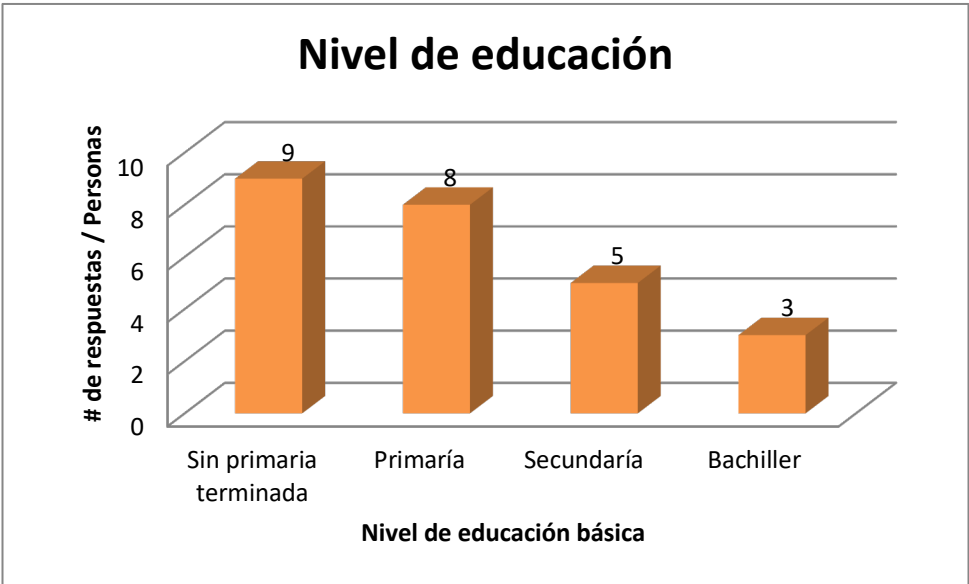
Los resultados plantean varias cuestiones a analizar: lo primero es que las vías son la problemática más importante que asumen en el diario vivir de la comunidad izana de la vereda de aguas calientes. Este resultado implica tres aspectos: el primero es la necesidad de población, de más y mejores vías. El segundo demanda la posibilidad de acceso a la cabecera municipal y las vías principales. El tercero, el déficit de infraestructura vial que se presenta en la zona, y para reforzar este argumento, están los resultados de transporte y servicios públicos que estiman que el uso real de las vías no termina por facilitar el acceso a la zona pues no se cuentan con los medios necesarios para materializarse.

Finamente se destaca en un segundo nivel, como se evidencia una paridad entre salubridad, contaminación e inseguridad. La primera y la segunda pese a estar íntimamente relacionadas responden a preocupaciones de distinta naturaleza pues unos lo relacionaban con la preocupación que tienen por el medio ambiente y otros -como se señaló en líneas anteriores- con aspectos relacionados con la salud

pública de la comunidad. En el mismo nivel, el tercer aspecto es clave, y a manera de denuncia indaga sobre la presencia de la policía en el sector y de las autoridades por generar condiciones más seguras en el hábitat y los turistas que recurren a la zona.

En cuanto a la educación, esta es una problemática social de carácter estructural, es decir, que demanda la atención del Estado y la construcción de soluciones en corto, medio y largo plazo y la integración de varios actores. En este orden de ideas, la problemática es de amplias magnitudes pues lo cierto es que la encuesta ha proyectado resultados infortunados al reflejar el nivel de educación de las personas adultas es muy bajo pues la mayoría no lograron terminar el bachillerato; esto nos da una idea de cómo está la educación rural en el municipio.

Grafica 17. Nivel de educación de la población encuestada



Fuente: encuesta de trabajo de campo

Tabla 30. Cuantificación de las barras (- arriba -) de los Niveles de Educación

Sin primaria terminada	Primaria	Secundaría	Bachiller
9	8	5	3

Fuente: encuesta de trabajo de campo

5.2.1.5.3 Dinámica económica relacionada con las actividades productivas diferenciando: principales, complementarias y de subsistencia, sistemas de producción empleados, volúmenes de producción y flujos de mercado

Las actividades económicas del municipio de Iza son de carácter primario y secundario. Esto implica que por un lado todas las actividades tienen un bajo valor agregado y por el otro que son tradicionales, es decir, que no requieren mayores procesos tecnificados. La economía izana depende de tres grandes sectores: la minería, el turismo y los productos derivados de los lácteos.

La principal actividad es la minería producto de la explotación y remoción de masa para la extracción de puzolana; elemento clave para la construcción de viviendas, vías y obras de infraestructura. A tan solo unos pocos metros del casco urbano de Iza se encuentra una enorme montaña que ha sido explotada durante varios años y ha ido desatando una serie de problemas en torno al impacto ambiental y social que ha generado. El primero por el supuesto incumplimiento de las normas ambientales de extracción, y por la deforestación que implica esta actividad.

El segundo por la falta de control estatal sobre los recursos de extracción que no han significado una fuente de empleo, ni generación de riqueza, ni transferencia de conocimientos y capacidades para los habitantes de la región. En consecuencia, la explotación minera izana es considerada un enclave, pues pese a los esfuerzos de responsabilidad social empresarial emprendidos por construir escuelas y financiar proyectos de impacto social, lo cierto es que estos son insignificantes ante las problemáticas sociales del municipio.

En un segundo nivel, y menor medida, están las explotaciones de carbón. En la vereda Agua Caliente y sobre los constados de la explotación de puzolana existen algunos yacimientos de minas de mineral carbonífero de bajo valor, el cual es explotado de manera artesanal por algunos vecinos de la zona.

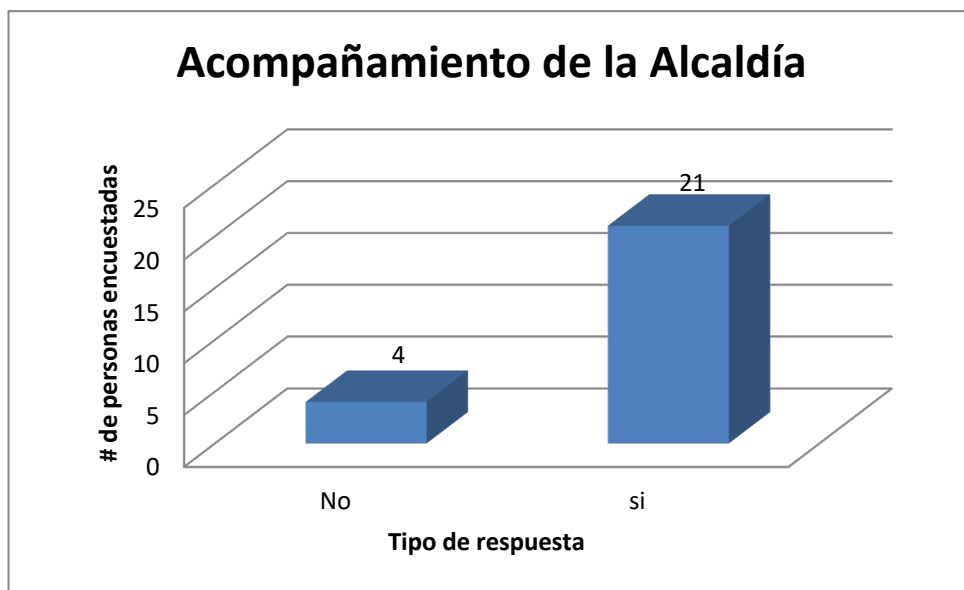
Como actividades complementarias hay turismo y ganadería lechera. En cuanto a la primera cabe mencionar que según el Ministerio de Cultura, el municipio de Iza fue declarado como bien de interés cultural, lo que indica que su arquitectura y urbanismo de carácter colonial y la conservación de contenido histórico desde la España medieval (en oficios artesanales como los tejidos de algodón y lana) la hacen uno de los epicentros turísticos del departamento de Boyacá. Otro de los aspectos turísticos a tener en cuenta es ser un paso obligado hacia la Laguna de Tota, uno de los atractivos turísticos más importantes de la jurisdicción; esto convierte al municipio en parte del anillo turístico de la provincia. Igualmente, las aguas termales en la Vereda de Aguas Calientes se han convertido en un atractivo turístico por su temperatura y los beneficios para la salud que proporcionan.

En el último renglón, se encuentra la ganadería lechera que está directamente relacionada con la elaboración de postres de diversas clases y sabores. De ellos dependen un buen número de familias que residen en el municipio, pues las ventas de estos postres se ubican de manera estratégica sobre los alrededores de la plaza de la cabecera municipal y ferias.

5.2.1.5.4 Análisis la presencia institucional existente en las áreas de influencia, teniendo en cuenta programas en ejecución, recursos destinados y cobertura, para la formulación e implementación del Plan de Manejo Ambiental

En cuanto a la presencia institucional los datos arrojados por la encuesta realizada en el municipio son negativos, dado que las personas consideran que al Estado le ha faltado interés en la situación del municipio y lo justifican en la baja de temperatura que vienen presentando las aguas termales durante los últimos años, y en la polución producto de la posible explotación indebida de la puzolana. En otras palabras, más que presencia, al aparato estatal le han faltado mecanismos de control para velar por el cumplimiento de la norma ambiental para incentivar el bienestar en el municipio.

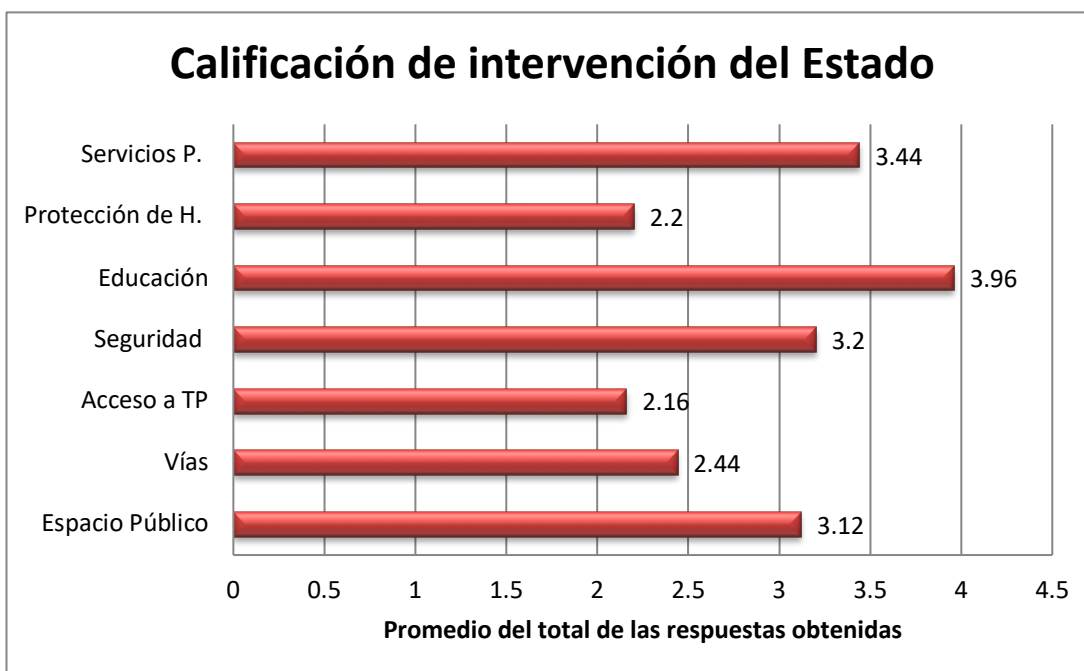
Grafica 18. Acompañamiento de la Alcaldía a la ciudadanía



Fuente: encuesta de trabajo de campo

En este sentido, es posible afirmar que la presencia institucional para el cumplimiento de instrumentos de planeación de ordenamiento territorial ha sido insuficiente, porque no han contado con el respaldo real de las instituciones de todos los niveles (municipal, departamental y nacional) para velar por el debido cumplimiento de la norma. Al Estado le ha faltado presencia y estos vacíos han generado un escenario de incertidumbre ante las posibles amenazas que presenta el ecosistema y el territorio, producto de la explotación indebida de los recursos naturales.

Grafica 19. Calificación de la intervención del Estado



Fuente: estudio humedal El Rosal

Tabla 31. Cuantificación de las barras (- arriba -)

Espacio Público	Vías	Acceso a Transporte Público	Seguridad	Educación	Protección del Humedal	Servicios Públicos
3,12	2,44	2,16	3,2	3,96	2,2	3,44

Fuente: encuesta de trabajo de campo

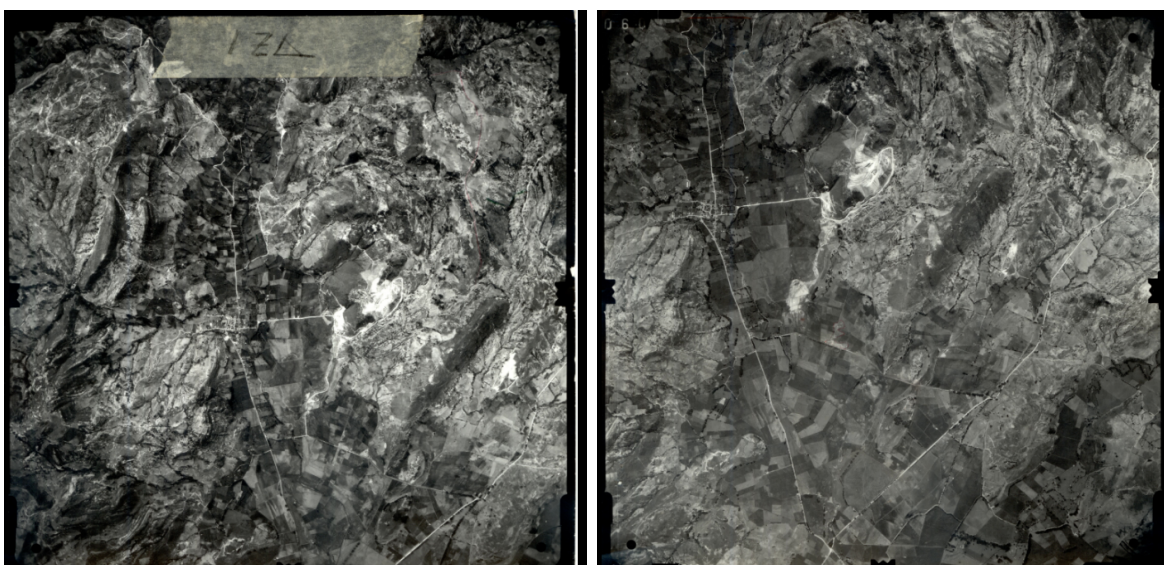
A modo de conclusión del documento, y para poder hacerse una idea del panorama actual; llama la atención a lo largo de esta investigación la mala gestión y las nulas las intervenciones estatales en el municipio. En consecuencia, se observa un descontento por parte de la ciudadanía encuestada ante aspectos fundamentales como las vías, el acceso al transporte público, seguridad y la protección del humedal; aspectos claves para el desarrollo de las personas en la zona.

Por otro lado se destaca el poco acceso a la educación por parte de los habitantes mayores de la zona, por diversos factores socio culturales de la región. El espacio público se encuentra bien posicionado (al ser un pueblo de interés cultural) y la seguridad (pese a algunos comentarios por parte de algunos ciudadanos argumentado que en los caminos han sido víctimas de atracos).

5.2.1.6. Actividad 5. Interpretación de Aerofotografías

Se procede a utilizar aerofotografías al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) que corresponden a la imagen C 2176 No 215 y C2047 No 59 como se muestra a continuación

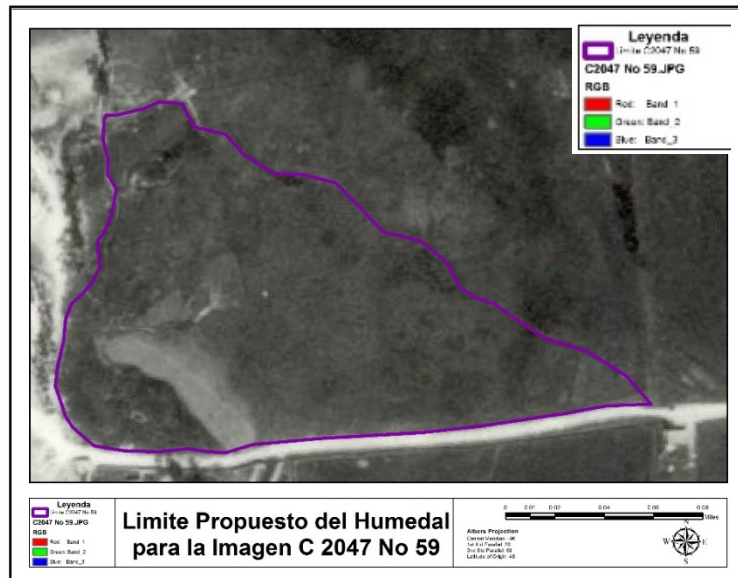
Figura 12. en la parte izquierda la aerofotografía C 2176 No 215 y en la parte derecha la imagen C2047 No 59



Fuente:IGAC

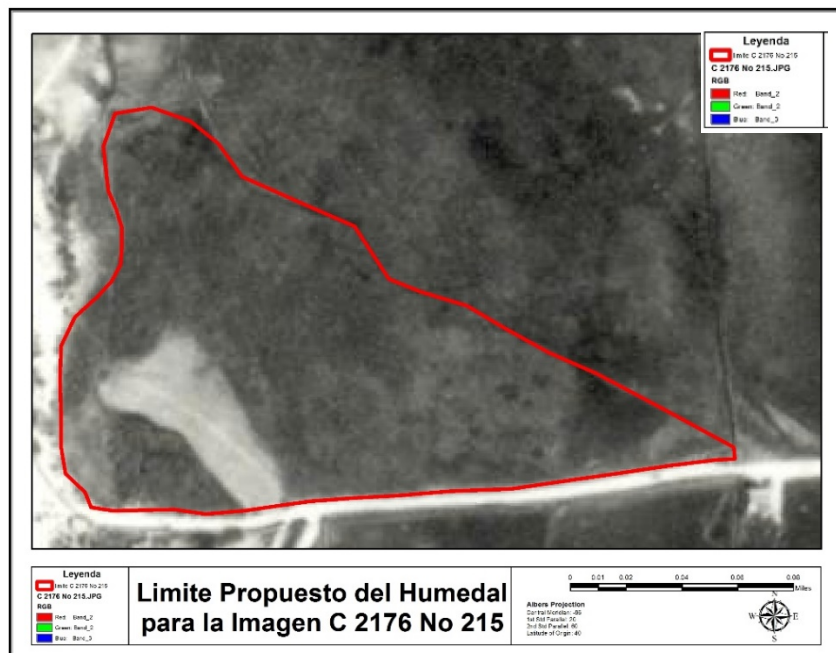
Bajo este criterio se presentan el límite del humedal para la fecha 08 de marzo de 1992; que corresponde a la imagen C 2176 No 215

Figura 13. Límite del humedal con la imagen C 2176 No 215 para la temporalidad de 08 de marzo 1992 con área de 4.94836 ha



Fuente: IGAC

Figura 14. Límite del humedal con la imagen C2047 No 59 para la temporalidad de 24 de febrero 1992 con área de 4.76353 ha



Fuente: IGAC

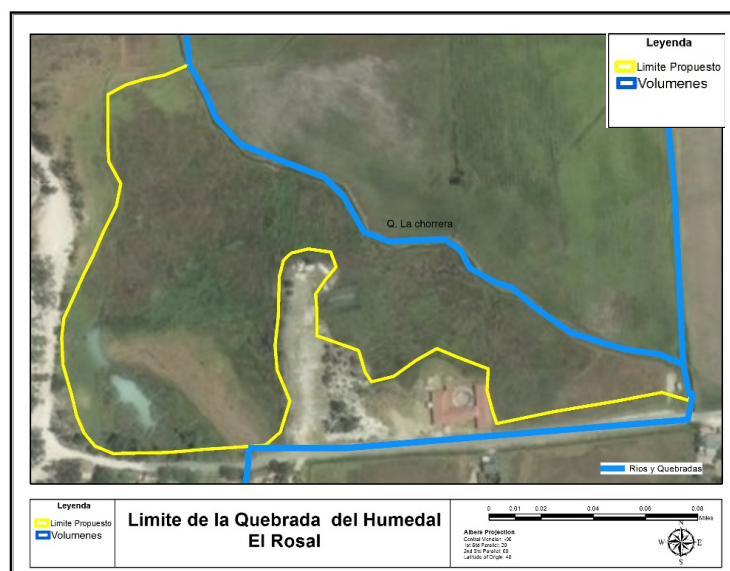
Figura 15. Límite del humedal con imagen del 2015 de la plataforma de ESRI con área de 4.01266 ha



Fuente: ESRI

Es importante definir que el humedal limita con la quebrada La Chorrera como se muestra en la siguiente figura

Figura 16. Límite del humedal con la Quebrada la Chorrera



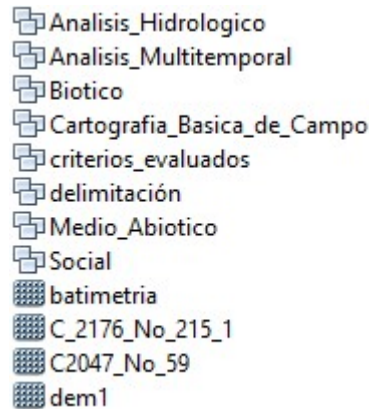
Fuente: estudio humedal El Rosal

5.2.2 Fase 2. Construcción de la base de datos geográficos

Se debe generar una base de datos geográfica, en la cual se puedan normalizar las variables que se interrelacionan en la delimitación del humedal; teniendo en cuenta lo establecido en el modelo de datos de ANLA y POMCAS.

La información se estructuró con una personal geodatabase que cuenta con ocho features class y tres rasters como se puede evidenciar en la figura 18.

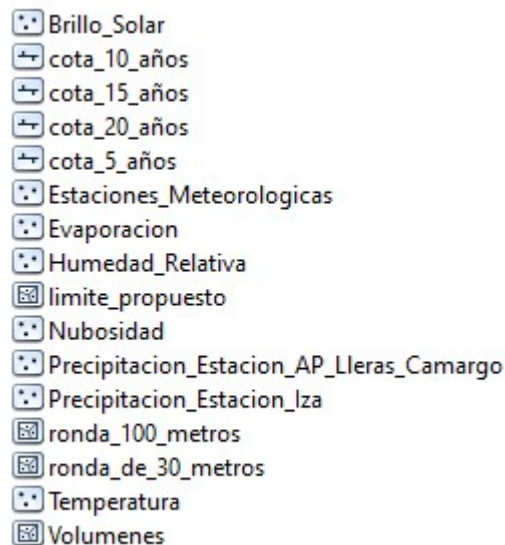
Figura 17. Estructura de la personal geodatabase



Fuente: estudio

Para el componente hidrológico se generan 14 shapefile como se puede ver en la figura 19, de los cuales se pueden agrupar en clima, cotas de inundación y rondas de protección. Es importante mencionar que los shapefiles de clima tienen los requerimientos del modelo de datos de ANLA.

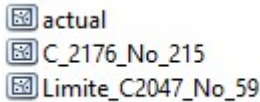
Figura 18. Contenidos del análisis hidrológico



Fuente: estudio

En el componente de análisis multitemporal se digitalizaron los posibles límites de cada aerofotografía por ende cuenta con tres shapefile como se puede evidenciar en la figura 20.

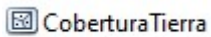
Figura 19. Contenidos del análisis multitemporal



Fuente: estudio

En el componente biótico solo se cuenta con solo un shapefile como se puede ver en la figura 21 llamados coberturas de la tierra que cuenta con la estructura de modelo de datos de la ANLA.

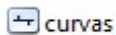
Figura 20. Contenidos del componente biótico



Fuente: estudio

En la base cartográfica solo se cuenta con un shapefile que cuenta con las curvas de nivel generadas del levantamiento topográfico de la zona de estudio. Es importante mencionar que no se cuenta con cartografía básica del IGAC por ende se procede a hacer este estudio.

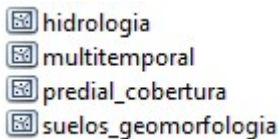
Figura 21. Contenido de cartografía base de campo



Fuente: estudio

Para el mejor desarrollo de la delimitación se crea un feature class llamado criterios de evaluación con el fin de almacenar los shapefile que sirven de cruces preliminares por cada componente como se puede evidenciar en la figura 23.

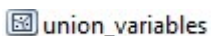
Figura 22. Criterios evaluados



Fuente: estudio

Se crea un feature class llamado delimitación para almacenar el shapefile de posible delimitación del humedal como se muestra en la figura 24

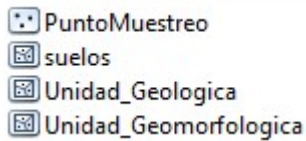
Figura 23. Delimitación



Fuente: estudio

En el componente abiótico solo se cuenta con cuatro shapefile como se puede ver en la figura 25 los cuales cuentan con la estructura de modelo de datos de la ANLA.

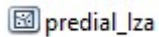
Figura 24. Contenido del medio abiótico



Fuente: estudio

En el componente social solo se cuenta con solo un shapefile como se puede ver en la figura 26, el cual corresponde al predial de la zona de estudio

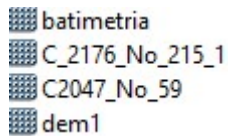
Figura 25. Contenido social



Fuente: estudio

En el componente raster cuenta con cuatro elementos como se puede ver en la figura 26

Figura 26. Contenido raster

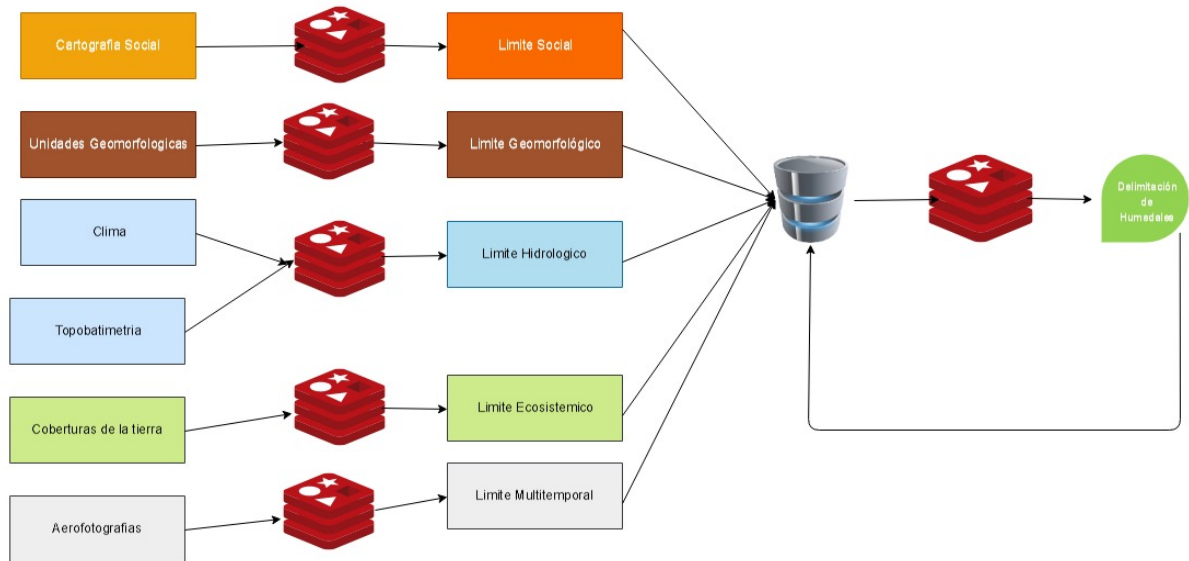


Fuente: estudio

5.2.3 Fase 3. Criterios para la delimitación del humedal y construcción de la herramienta

Se debe hacer un análisis multicriterios, en el cual se incorporen las variables social, geomorfológica, hidrológica, ecosistémica y multitemporal; dependiendo su grado de importancia para el humedal. En la siguiente figura se puede evidenciar el flujo de trabajo que se va a desarrollar.

Figura 27. Metodología para la propuesta de delimitación del humedal



Fuente: autor

Para encontrar las posibles áreas que hacen parte del humedal se va a trabajar con un análisis multicriterios en el cual se da una calificación de 1 a 4 como se muestra en la tabla 32. Esta calificación se dio con grados de probabilidad y sensibilidad de variables.

Tabla 32. Rangos de calificación para la delimitación del humedal

Delimitación	Rango
Probabilidad Alta	3-4
Probabilidad Media	2-3
Probabilidad Baja	1-2

Fuente: estudio

Para la evaluación de los 5 criterios que hacen parte de la delimitación se desarrolla una mesa interna con la Corporación para definir el grado de importancia de cada variable. Para este proceso asiste el biólogo Félix Márquez y la ingeniería geóloga Aura Becerra, con la compañía del ingeniero ambiental Sebastián Fuquen. En esta mesa se concluye que se debe hacer una relación de las variables geomorfológicas con los suelos y el aspecto social con el ambiental por ende se toma la decisión de

relacionar los predios con las coberturas vegetales y reclasificar para darles una sensibilidad alta, media y baja. La tabla 33 resume de la calificación general de cada criterio

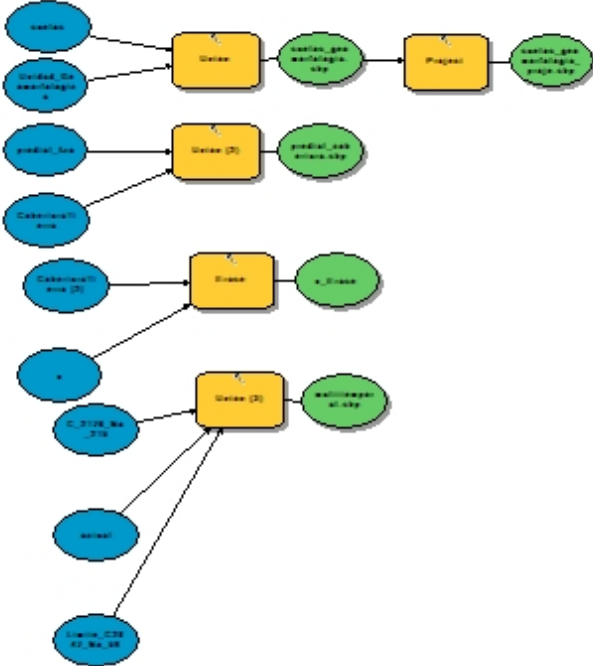
Tabla 33. Resumen de la calificación general de criterios del humedal

Componente	Variables	Calificación
Hidrología	periodo de retorno 5	2
	periodo de retorno 10	3
	periodo de retorno 15	4
	periodo de retorno 20	3
Biótico	Tejido urbano discontinuo	1
	Otros cultivos transitorios	2
	Zonas de extracción minera y escombreras	1
	Pastos limpios	2
	Pastos arbolados	2
	Pastos enmalezados	2
	Herbazal	2
	Zonas pantanosas	3
	Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	4
	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	4
Abiótico	Canales	3
	Colinas con lomerío y VMA	1
	superficie de aplastamiento y VMA	4
	Colinas con lomerío y ME	2
social	Superficie de aplastamiento y ME	3
	predios con coberturas sensibilidad alta	4
	predios con coberturas sensibilidad media	3
multitemporal	predios con coberturas sensibilidad Baja	1
	Limite_C2047_No_59	3
	Limite C_2176_No_215	3
	Límite actual	4

Fuente: estudio

Para el desarrollo de la herramienta espacial se plantea tomar como base el model buildier del proceso de cruce de variables y calificación con respecto a la tabla 33, este proceso es preliminar antes de unir los diferentes criterios para dar las posibles áreas que hacen parte del humedal

Figura 28. Model builder de la relación de variables para calificación



Fuente: estudio

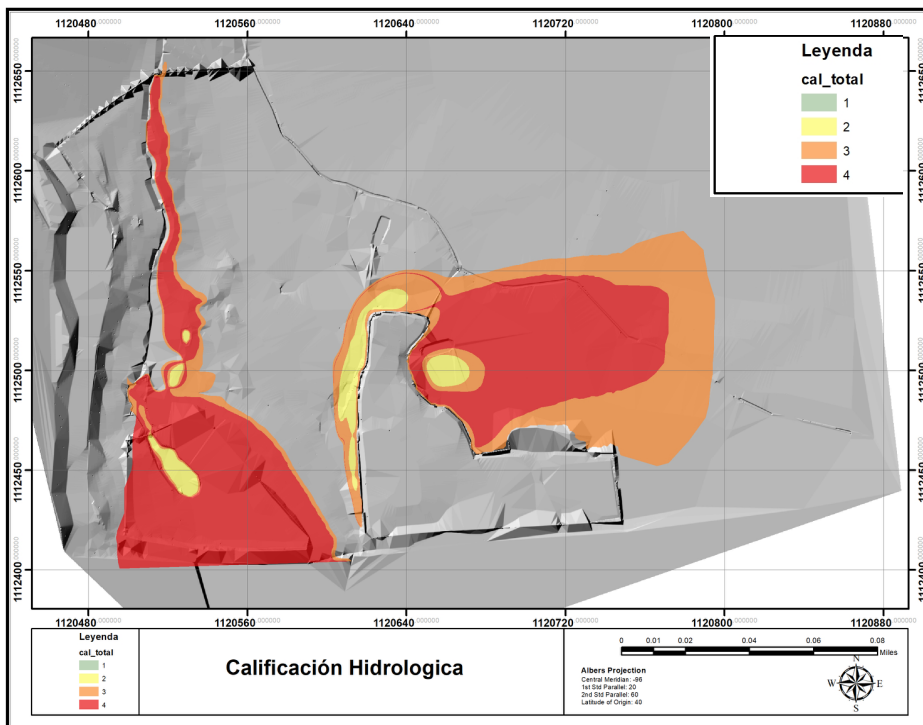
6. RESULTADOS

6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Se obtiene como resultado para cada componente un archivo vector con atributos de calificación de 1 a 4, los cuales se pueden interpretar teniendo en cuenta la tabla 32.

Se puede analizar que para el límite hidrológico se identifican áreas con mayor calificación, las cuales corresponden a una cota de 15 años; Estas se caracterizan por un rebose de vaso de agua y a un área aferente de encharcamiento. No se encuentra ningún área con calificación 1 debido a que esta variable tiene mucha importancia para el sistema. Por ende su calificación va oscilar entre 2 y 4 como se puede evidenciar en la tabla 33.

Figura 29. Limite hidrológico

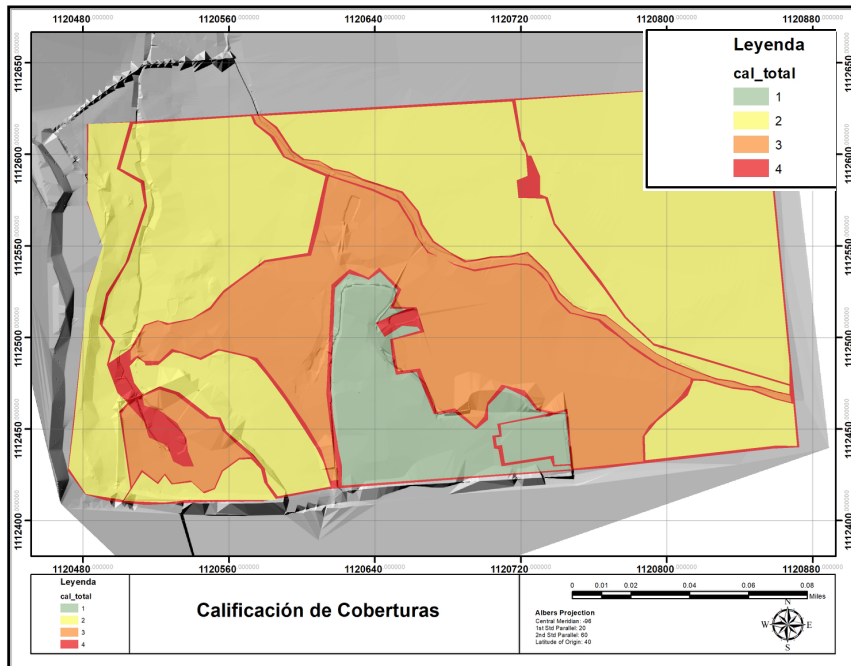


Fuente: estudio

Para el límite biológico las áreas con mayor calificación corresponden a vegetación acuática, cuerpos de agua y canales que son característicos de un humedal. Para las áreas con menor vegetación, se asocian con intervención antrópica y a cambio

de usos del suelo.

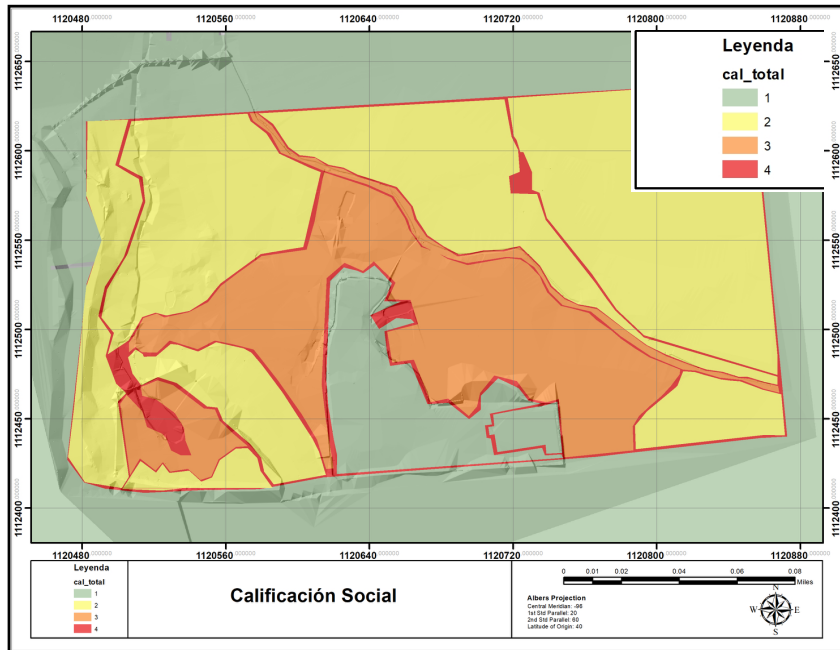
Figura 30. Limite Biológico



Fuente: estudio

Con respecto al límite social las áreas con mayor calificación corresponden a predios con una cobertura vegetal asociado y los de menor calificación son predios con alguna intervención directa o indirecta. Cabe resaltar que este municipio es minifundista y el área de estudio cuenta con 66 predios.

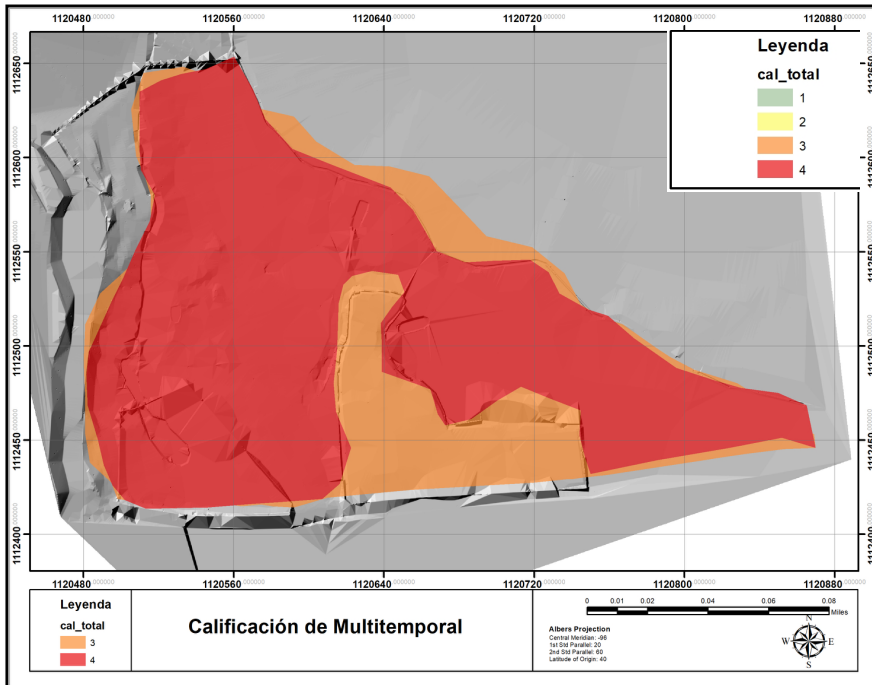
Figura 31. Limite Social



Fuente: estudio

Para el límite multitemporal solo se cuentan con calificaciones altas debido que las áreas definidas son el límite funcional, al cual la corporación quiere apuntarle como área a recuperar.

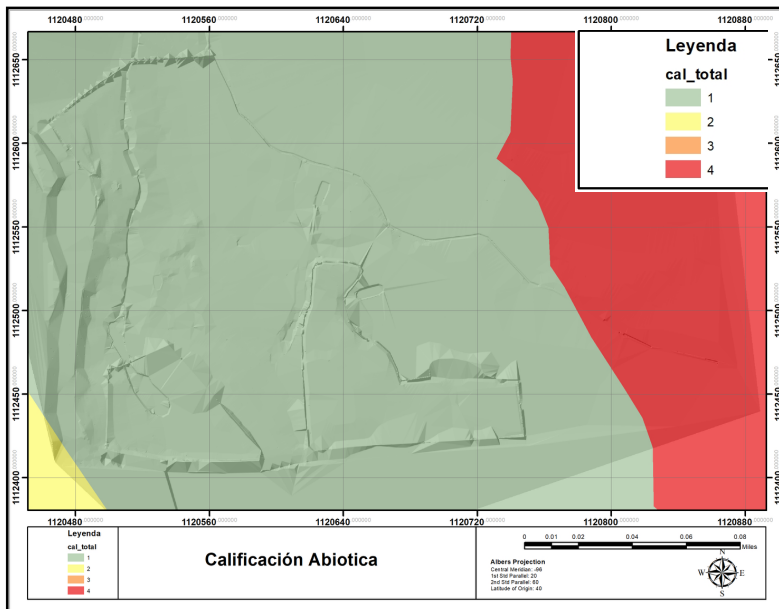
Figura 32. Limite Multitemporal



Fuente: estudio

El límite abiótico corresponde a la combinación de dos variables que son la geomorfología y los suelos. Las áreas con mayor calificación corresponden a superficie de aplastamiento y suelos francos.

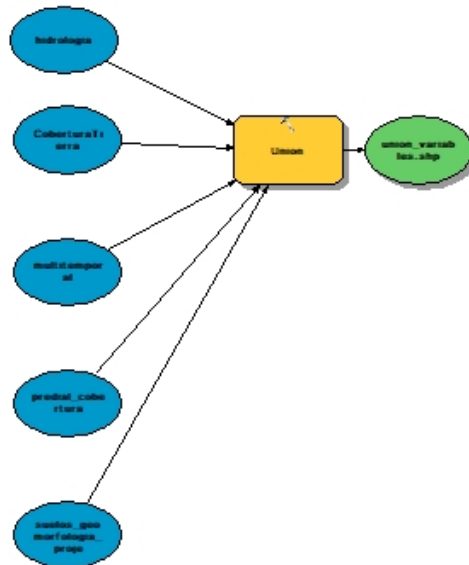
Figura 33. Limite Abiótico



Fuente: estudio

Por último, se unen todas las variables con la herramienta unión como se puede evidenciar en la figura 34.

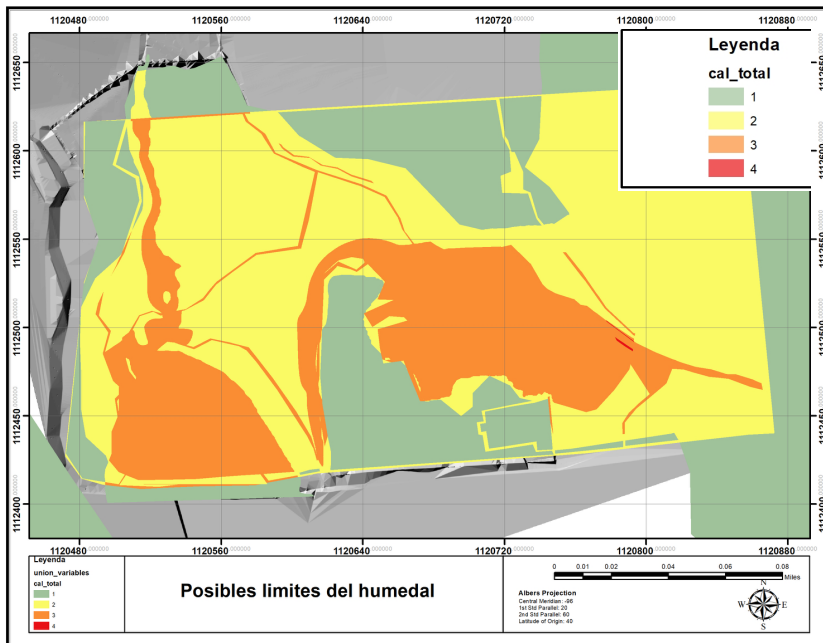
Figura 34. Unión de variables para la delimitación del humedal



Fuente: estudio

En la figura 35 se obtiene el producto final que define las áreas posibles donde puede ir la delimitación del humedal

Figura 35. Posibles límites del humedal



Fuente: estudio

6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con respecto al resultado de la figura 35 se puede identificar que no se tienen ninguna calificación 4, que el área con calificación 3 corresponde a la mancha de inundación con cota de 15 años y a los canales de desecación circundantes al humedal; es importante mencionar que estas áreas, presentan las características ecosistemas e hidrológicas del humedal, pero no tiene en cuenta la variación de las coberturas vegetales, dado que en los últimos 30 años se ha rellenado el humedal e incorporando ganado para su desecación.

Para la calificación 1 con probabilidad baja, se puede inferir que corresponde a áreas con un nivel de intervención muy alta como lo son la construcción de una vivienda con fines turísticos y el respectivo relleno para parqueadero. Dado que ya existe una intervención antrópica, se recomienda incorporar estas áreas dentro del plan de manejo ambiental que se pueda desarrollar en el humedal para poder solucionar los problemas socioambientales.

Por tal motivo se propone a la Corporación Autónoma Regional de Boyacá tener en cuenta la probabilidad media y alta para su delimitación, dado que abarca áreas que son parte del humedal y que en marco del plan de manejo ambiental se pueden restaurar para recuperar sus funciones ecosistémicas e hidrológicas que se han perdido en los últimos años.

7. CONCLUSIONES

- De acuerdo con la metodología aplicada se puede concluir que las variables de mayor impacto son la hidrología, coberturas y el cambio multitemporal
- Se implementó un modelo de datos estándar en el cual se almacenan las variables que delimitan un humedal por medio de una file geodatabase.
- Con la implementación del algoritmo se lograron obtener las áreas susceptibles de ser parte funcional y ecosistémica del humedal.
- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este proceso, la corporación tiene la información socio ambiental, para concebir la delimitación y el plan de manejo ambiental del humedal el rosal.
- De acuerdo con las visitas realizadas al área de estudio y la información suministrada por la corporación se deduce que este sistema no se comporta como un solo cuerpo de agua, sino como nacimientos interconectados subterráneamente, los cuales presentan una característica termo mineral.

8. RECOMENDACIONES

- Para futuros procesos se recomienda incorporar la variable hidrogeológica como parte fundamental del ciclo hidrológico, dado que esta podría concentrar en áreas que son susceptibles ambientalmente al proceso de regulación que cuenta el humedal.
- Se recomienda a la corporación estructurar un modelo de datos específico a humedales en el cual tome como base lo generado en este estudio.
- Generar un grupo o un equipo de trabajo para la modelación de humedales de la corporación, puesto que cuenta con herramientas internas para la generación de este tipo de productos, dado que es competencia de la autoridad ambiental.

9. BIBLIOGRAFÍA

- A, H. Y. (3 de febrero de 2016). En Boyacá quedan 1.230 humedales. pág. 1.
- ALARCÓN, L. B. (04/02/2017). Colombia sigue en mora con la protección de sus humedales. *EL TIEMPO*, 1.
- Ardalan Tootchi, A. J. (2019). Ardalan Tootchi, Anne Jost, and Agnès Ducharne. *Copernicus Publications*.
- Cortés-Duque, J. y.-O. (2014). *Memorias simposio taller de expertos. Construcción colectiva de criterios*. Bogota DC: Biblioteca Instituto Humboldt.
- Crossman N, B. B.-L. (2013). A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosystem Services*, 4-14.
- Feick. (2010). Spatial multicriteria evaluation. *In Warf B. ed. Encyclopedia of geography. Thousand Oaks, Ca, USA. SAGE Publications.*, 2656-2658.
- Fontana V, R. A. (2013). Comparing land-use alternatives: Using the ecosystem services concept to define a multi-criteria decision analysis. *Ecological Economics*, 128-136.
- Humboldt, I. d. (2014). *Memorias simposio taller de expertos. Construcción colectiva de criterios para la delimitación de humedales.*: Bogota: Catalogación en la publicación – Biblioteca Instituto Humboldt – Nohora Alvarado.
- IGAC. (2005). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Boyacá*. Boyacá.
- Maes J, B. E. (2012). Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 31-39.
- Malczewski, J. (2006). GIS-Based Multicriteria Decision Analysis: A Survey of the Literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 703-726.
- Nahuelhual L, A. C. (2013). Mapping recreation and ecotourism as a cultural Ecosystem service: An application at the local level in Southern Chile. *Applied Geography*, 71-82.
- Şimşek, Ç. K. (2018). Investigation of the effects of wetlands on micro-climate. *Elsevier BV*.
- Sostenible, M. d. (2012). Guia tecnica para delimitar huemdales escala 1:25000. 1-25.
- Swamp. (s.f.). *global wetlands V3*. Obtenido de global wetlands V3: <https://www.cifor.org/global-wetlands/>