



ENEL COLOMBIA S.A. E.SP.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE  
TRANSMISIÓN A 115 kV”

CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

POR:



Bogotá, septiembre de 2024



ENEL COLOMBIA S.A. E.S.P.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE  
TRANSMISIÓN A 115 kV”

CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.  
SUBCAPÍTULO 5.1 MEDIO ABIÓTICO  
ACÁPITE 5.1.6 HIDROLOGÍA

POR:



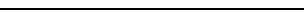
**INGEDISA**  
INGENIERÍA & DISEÑO

Bogotá, septiembre de 2024

1	Versión 1	Ingedisa S.A	Ingedisa S.A	K. Martínez	2024-09-04
00	Versión inicial	J. Hernández	J. Yopasa	G. Méndez	31/08/2023
Rev.	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....	4
5.1 MEDIO ABIÓTICO.....	4
5.1.4 Hidrología .....	4
5.1.4.1 Localización hidrográfica. ....	6
5.1.4.2 Caracterización hidrológica.....	18
5.1.4.3 Caudales característicos .....	21
5.1.4.4 Análisis hidro climático .....	34
5.1.4.5 Características morfométricas .....	61
5.1.4.6 Dinámica fluvial .....	66
5.1.4.7 Curva de duración de caudales .....	72
5.1.4.8 Índice de aridez .....	74
5.1.4.9 Índice retención y regulación hídrica.....	76
5.1.4.10 Caudal ambiental.....	76
5.1.4.11 Oferta hídrica.....	77
5.1.4.12 Conclusiones .....	78

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: CAP 4</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 2</b>

## LISTADO DE FIGURAS

Pág.

Figura 5-1 Localización hidrográfica del área de influencia físico-biótica -paisaje (FBP)....	7
Figura 5-2 Localización obras del proyecto dentro de la ronda hídrica del Drenaje Canal Guaymaral .....	8
Figura 5-3 Sistemas lénticos.....	10
Figura 5-4 Sistemas lóticos.....	14
Figura 5-5 Zonas potenciales de recarga en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva .....	17
Figura 5-6. Estaciones identificadas preliminarmente en la unidad mínima de análisis y su entorno regional (10 km a la redonda). ....	35
Figura 5-7 Polígonos de Thiessen para la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP).....	37
Figura 5-8 Localización de estaciones climatológicas .....	40
Figura 5-9 Distribución de precipitación mensual multianual.....	51
Figura 5-10 Distribución de temperatura media mensual multianual.....	58
Figura 5-11 Recurrencia de inundaciones.....	70
Figura 5-12 Amenaza por inundaciones.....	71
Figura 5-13 Índice de aridez en el área físico-biótica paisaje (FBP).....	75

## LISTADO DE TABLAS

Pág.

Tabla 5-1 Respuesta a requerimientos presentados por la autoridad ambiental .....	4
Tabla 5-1 Zonificación hidrográfica del área de influencia físico-biótica -paisaje (FBP) del proyecto.....	6
Tabla 5-2 Sistemas lénticos .....	9
Tabla 5-3 Sistemas lóticos presentes en el área de influencia físico-biótica paisaje (FBP) .....	11
Tabla 5-4 Potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto y distribución espacial de las zonas de recarga.....	15
Tabla 5-5 Localización de estaciones hidrológicas en la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica y paisaje. ....	18
Tabla 5-6 Estadística descriptiva .....	21
Tabla 5-7 Caudales medios mensuales .....	22
Tabla 5-8 Diagramas de cajas y bigotes (boxplots).....	24
Tabla 5-9 Caudales medios anuales.....	25
Tabla 5-10 Caudales máximos en las estaciones Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino .....	27
Tabla 5-11 Caudales mínimos en las estaciones Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino .....	29
Tabla 5-12 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov-Smirnov caudales máximos ....	30
Tabla 5-13 Periodos de retorno caudales máximos .....	31
Tabla 5-14 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov-Smirnov caudales máximos ....	32
Tabla 5-15 Periodos de retorno caudales mínimos .....	33
Tabla 5-16 Registro y porcentaje de datos faltantes por estación .....	38

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	CÓDIGO: CAP 4
	PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	VERSIÓN: 00
	GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	PÁG. 3

Tabla 5-17 Inventario de estaciones climatológicas .....	39
Tabla 5-18 Comparación estadística descriptiva de las estaciones que registran precipitación. ....	42
Tabla 5-19 Comparación estadística descriptiva de las estaciones que registran temperatura. ....	43
Tabla 5-20 Precipitación media anual .....	47
Tabla 5-21 Precipitación media multianual.....	49
Tabla 5-22 Temperatura máxima, media y mínima multianual .....	52
Tabla 5-23 Temperatura media, máxima y mínima mensual.....	55
Tabla 5-24 Balance hídrico .....	60
Tabla 5-25 Características morfométricas.....	62
Tabla 5-26 Pendiente y elevación media de la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP).....	63
Tabla 5-27 Tiempo de concentración .....	65
Tabla 5-28 Análisis multitemporal del área de influencia físico, biótica y paisaje. ....	67
Tabla 5-29 Curvas de duración de caudales mensuales .....	73
Tabla 5-30 Índice de aridez.....	74
Tabla 5-31 Índice de retención y regulación en el área físico-biótica .....	76
Tabla 5-32 Caudales ambientales (7Q10) mensuales.....	77
Tabla 5-33 Oferta hídrica total y disponible .....	78

## 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA


### 5.1 MEDIO ABIÓTICO

#### 5.1.4 Hidrología

En atención a la respuesta de los requerimientos solicitados en la Reunión de Información Adicional en el desarrollo del trámite administrativo de licenciamiento ambiental del Expediente SDA 07-2024-153, se da la atención al requerimiento 1 en el presente capítulo, en la Tabla 5-1, se enuncia el requerimiento en acápites en el cual se realizó el complemento al igual que la página en la cual puede consultarse la información:

**Tabla 5-1 Respuesta a requerimientos presentados por la autoridad ambiental**

Requerimiento 1	Ajustes	Página
<p>Presentar los shapes y/o geodatabase, así como el Excel de coordenadas en formato único nacional, de tal manera que se pueda verificar el cruce con los elementos de la Estructura Ecológica Principal del Sistema Hídrico y Suelo Urbano, incluyendo los polígonos de maniobra, accesos de maquinaria, descripción de las actividades y las operaciones de izaje y tendido, justificando las razones por las cuales no se incluyó en el capítulo 7. Demanda uso, aprovechamiento y/o afectación a los recursos naturales.</p> <p>En caso de que se evidencie la aplicabilidad del permiso de ocupación de cauce, playas y/o lechos, se debe remitir la información técnica y documental relacionada en el formulario distrital versión 11, describiendo las actividades que se desarrollarán dentro de la Estructura Ecológica Principal del Sistema Hídrico y Suelo Urbano.</p>	<p>Se identifica una microcuenca correspondiente al Drenaje Canal Guaymaral la cual no se encuentra delimitada y/o codificada en el instrumento de ordenamiento (POMCA). Este cuerpo de agua tiene como función drenar las aguas lluvias de las zonas aledañas hasta este, sobre el cual se prevé solicitar permiso de ocupación de cauce para las obras y/o actividades que se traslapan con la ronda hídrica correspondientes a la apertura y adecuación del tramo subterráneo, construcción de cámaras o cajas de empalme y el armado y tendido de la cercha</p>	Pág. 6
	<p>Se ajusta la Tabla 5-4 referente a los sistemas lóticos identificados en el área de influencia, incluyendo el Drenaje Canal Guaymaral</p>	Pág. 13
	<p>El análisis hidrológico de la cuenca asociada al Drenaje Canal Guaymaral, la estimación de su caudal medio, máximo y mínimos, así como el análisis morfométrico se presenta en detalle en el Capítulo 7. Demanda de recursos naturales</p>	Pág. 18; 27 a 30; 65
	<p>Se realizan aclaraciones sobre las curvas de duración de caudales, índice de aridez, índice de regulación y retención hídrica, caudal ambiental y oferta hídrica total y disponible, los cuales no son aplicables a la caracterización teniendo en cuenta que el Drenaje Canal Guaymaral es un canal artificial.</p>	Pág. 76 a 80

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: CAP5
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 5

El componente de hidrología del presente estudio, tiene como objetivo, caracterizar y cuantificar el estado actual del recurso hídrico en el área donde se desarrollarán las actividades propias del estudio de impacto ambiental proyecto “Subestación eléctrica Guaymaral y sus líneas de transmisión a 115 kV así mismo, se consignan los resultados de los análisis morfométricos, variables climáticas, entre otras variables, de la cuenca aferente al área de influencia físico - biótica paisaje definitiva (FBP) .Las estimaciones realizadas para la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica y paisaje se, hicieron a partir de información primaria recolectada por parte del grupo técnico en el trabajo de campo desarrollado entre los meses de diciembre de 2022 y abril de 2023 (ver **Anexos, Cap5, 5\_1 medio\_abiotico, 5\_1\_4 hidrologia, inf\_campo**), e información secundaria como:

- Registro de variables hidro climáticas operadas por CAR<sup>1</sup> y el IDEAM<sup>2</sup>.
- Bases de datos vectoriales por hojas cartográficas<sup>3</sup>.
- Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá<sup>4</sup>
- Decreto 555 de 2021 “Plan de Ordenamiento Territorial”<sup>5</sup>
- Plan de Manejo Ambiental de los Humedales Torca y Guaymaral.
- Infraestructura de datos espaciales para el Distrito Capital

Las características hidrológicas de los cuerpos de agua de interés, referentes al régimen hidrológico y los caudales característicos, parten del análisis de la información de series históricas de las unidades hidrográficas, instrumentadas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca<sup>6</sup> y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales<sup>7</sup>, mediante el análisis objetivo de la calidad y consistencia de los datos registrados por las estaciones hidro climáticas activas representativas para el área de influencia físico - biótica paisaje (FBP) y su entorno regional, este análisis incluye pruebas estadísticas paramétricas y/o no paramétricas sobre homogeneidad, consistencia e identificación de datos anómalos; se realizó el completado de las series indicando claramente el método adoptado y se efectuó la caracterización estadística básica de las series de tiempo tratadas, de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17<sup>8</sup>.

<sup>1</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Histórico de series hidrometeorológicas [sitio web]. Bogotá D.C. (consultado 03 de octubre de 2023). Disponible en: <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>

<sup>2</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Descarga de datos [sitio web]. Bogotá D.C. (consultado 03 de octubre de 2023). Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>

<sup>3</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Geo portal [sitio web]. Bogotá D.C. (consultado 03 de octubre de 2023). Disponible en: <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>

<sup>4</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, et al. Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá. Bogotá D.C, 2017.

<sup>5</sup> ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Decreto 555 (29, diciembre, 2021). Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá [en línea]. En: Secretaría Distrital de Planeación Bogotá D.C, diciembre 30 de 2021. Disponible en: [https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/generales/pot\\_digital.pdf](https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/generales/pot_digital.pdf)

<sup>6</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5.

<sup>7</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5.

<sup>8</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental - EIA para proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17 [en línea]. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2018. Disponible en: [https://www.anla.gov.co/documentos/normativa/terminos\\_referencia/tdr\\_eia\\_sist\\_trans.pdf](https://www.anla.gov.co/documentos/normativa/terminos_referencia/tdr_eia_sist_trans.pdf)

#### 5.1.4.1 Localización hidrográfica.

De acuerdo con la zonificación hidrográfica establecida por el IDEAM en el informe de “Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia”<sup>9</sup> y Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá<sup>10</sup>, el área de influencia físico - biótica paisaje (FBP) se localiza en el área hidrográfica del Magdalena – Cauca (2), zona hidrográfica Alto Magdalena (21), en la subzona hidrográfica del Río Bogotá (2120), en Río Bogotá (Sector Tibitoc - Soacha) (2120-07), específicamente en la microcuenca de la Río Bogotá (sector Tibitoc – Chía) (2120-0704), tal como se puede observar en la Tabla 5-2 y Figura 5-1.

**Tabla 5-2 Zonificación hidrográfica del área de influencia físico-biótica -paisaje (FBP) del proyecto**

Área hidrográfica		Zona hidrográfica		Subzona hidrográfica		Subcuenca	Microcuenca
		Cuenca orden 1		Cuenca orden 2		Cuenca orden 3	Cuenca orden 4
Magdalena	(2)	Alto Magdalena	(21)	Río Bogotá	(2120)	Río Bogotá (Sector Tibitoc - Soacha) (2120-07)	Río Bogotá (Sector Tibitoc - Chía) (2120-0704)

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca<sup>11</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

De igual manera, se identifica una microcuenca correspondiente al Drenaje Canal Guaymaral la cual no se encuentra delimitada y/o codificada en el instrumento de ordenamiento (POMCA). Este cuerpo de agua tiene como función drenar las aguas lluvias de las zonas aledañas hasta este, sobre el cual se prevé solicitar permiso de ocupación de cauce para las obras y/o actividades que se traslapan con la ronda hídrica correspondientes a la apertura y adecuación del tramo subterráneo, construcción de cámaras o cajas de empalme y el armado y tendido de la cercha (ver Figura 5-2).

Estas actividades no intervendrán de manera directa la sección transversal del cauce y se localizarán por fuera de las manchas de inundación para caudales máximos asociados un periodo de retorno de 100 años, como se presenta en el análisis hidrológico e hidráulico del Drenaje Canal Guaymaral (ver Capítulo 7. Demanda de recursos naturales, Numeral 7.4 Ocupación de cauces, lechos y playas fluviales).

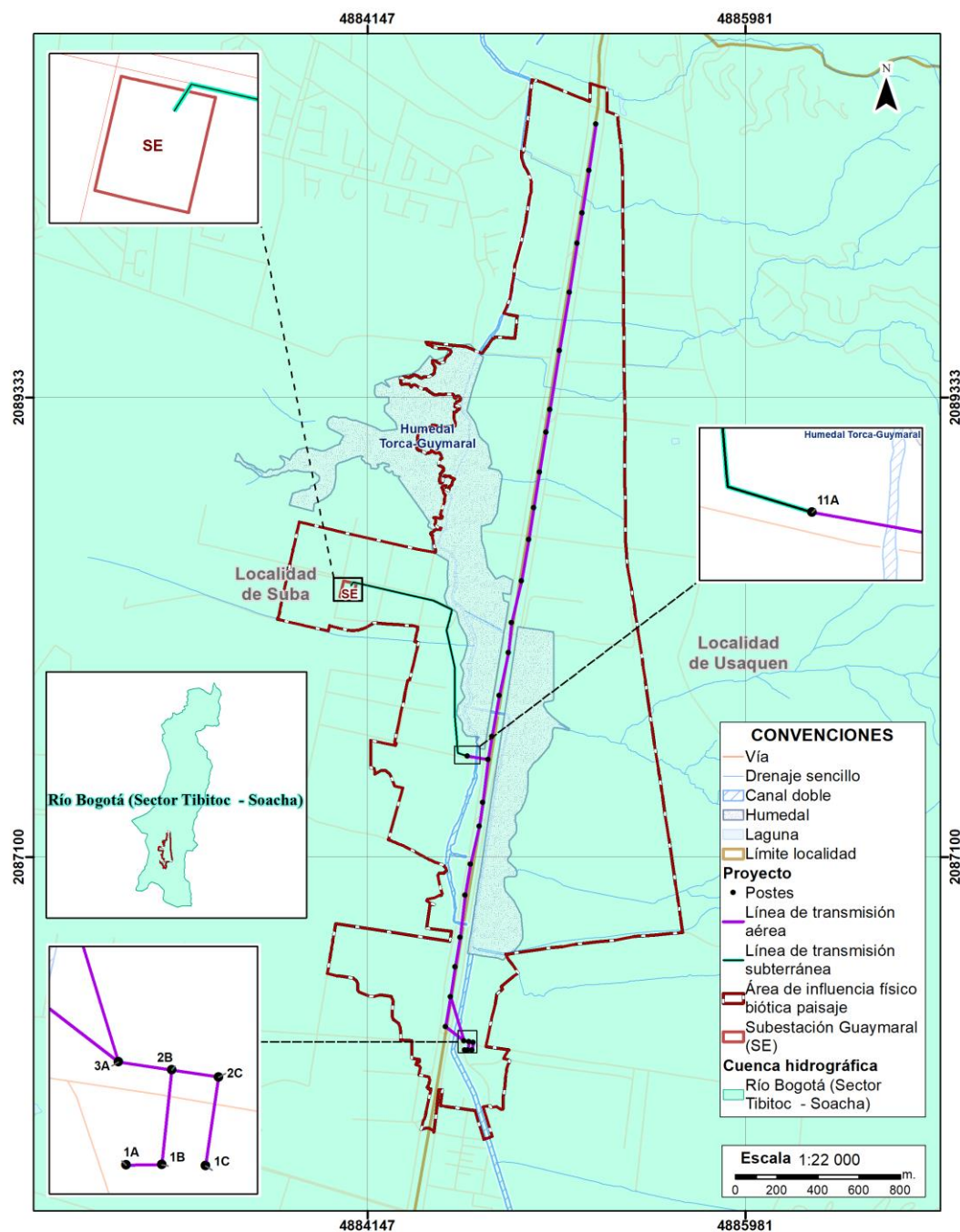
<sup>9</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia [en línea]. Bogotá D.C: Instituto de Hidrología, Metrología y Estudios Ambientales.2013. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/MEMORIAS-MAPA-ZONIFICACION-HIDROGRAFICA.pdf>

<sup>10</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>11</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5.



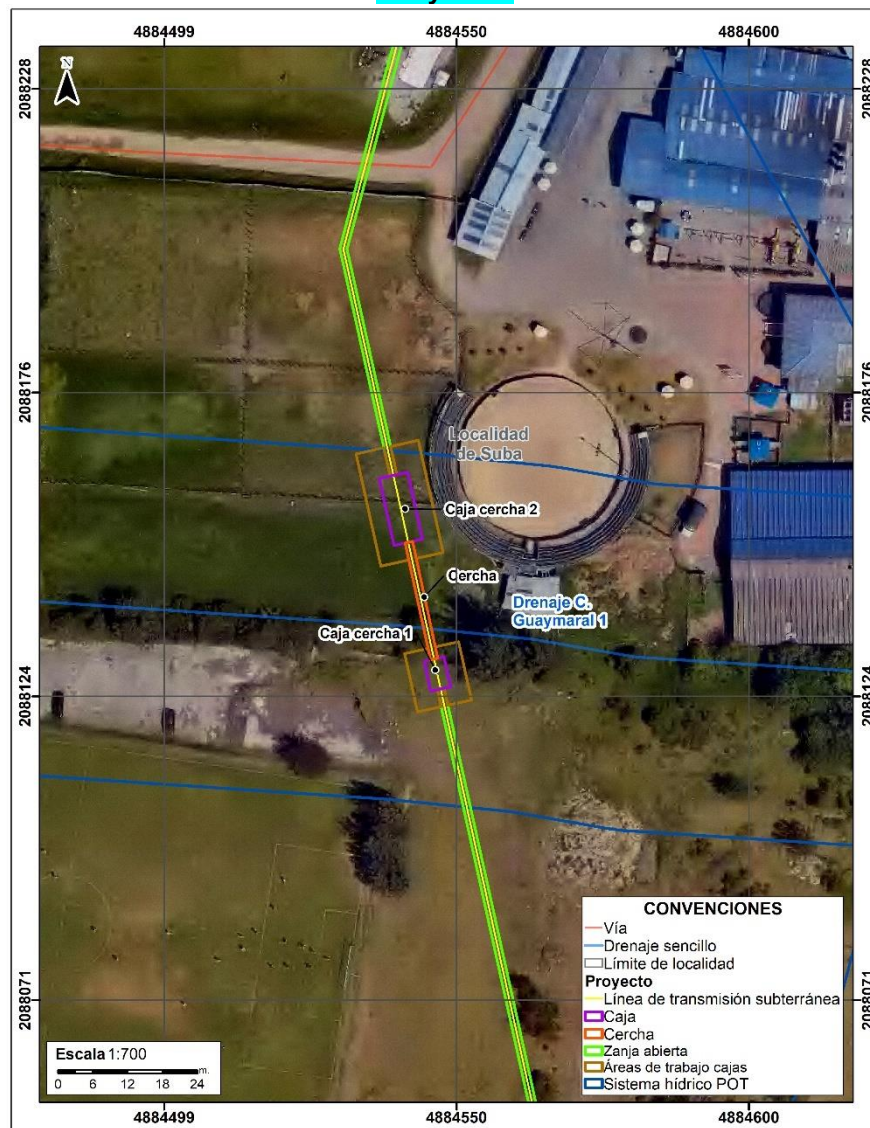
**Figura 5-1 Localización hidrográfica del área de influencia físico-biótica -paisaje (FBP).**



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca<sup>12</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>12</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5


**Figura 5-2 Localización obras del proyecto dentro de la ronda hídrica del Drenaje Canal Guaymaral**



Fuente: INGEDISA S.A., 2024



#### 5.1.4.1.1 Sistemas lénticos.

Los ambientes lénticos son cuerpos de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir, como lagos, lagunas, humedales, ciénagas, esteros o pantanos. Sin embargo, la correcta clasificación de los sistemas lénticos resulta compleja dado que estos cuerpos de agua están sujetos a una continua variabilidad como consecuencia de alternancia climática que se presenta a través del año hidrológico, y como sus atributos físicos (principalmente los hidrográficos, topográficos y edáficos) son moldeados en forma permanente por procesos endógenos. A partir de la revisión de la información cartográfica

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: CAP5
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 9

disponible y la inspección realizada en campo se identificaron para el área de influencia físico - biótica paisaje (FBP) los sistemas lénticos que se presentan en la Tabla 5-3 y Figura 5-3.

**Tabla 5-3 Sistemas lénticos**

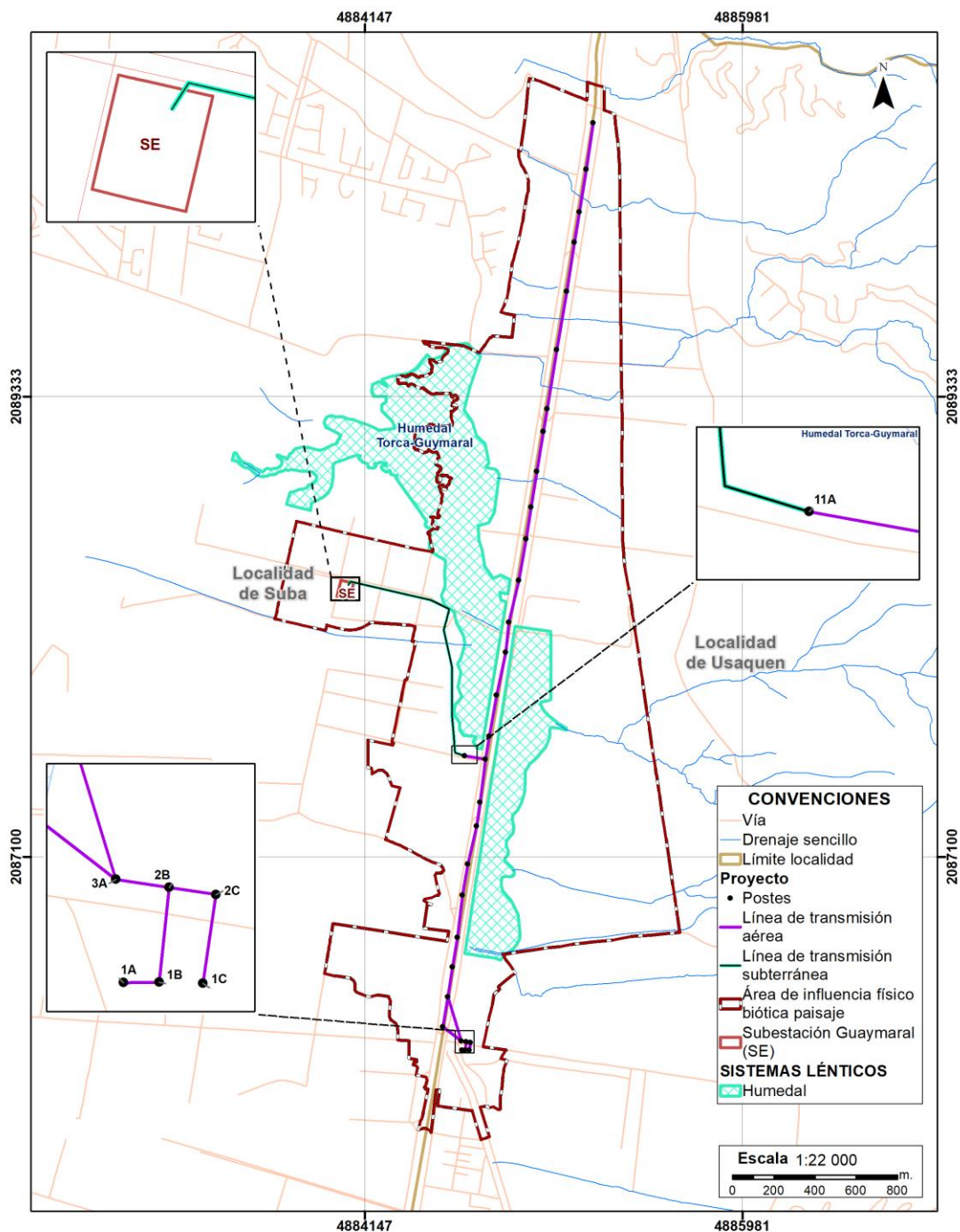
Sistema	Fotografía	Coordenadas (CTM 12)	
		Este	Norte
Humedal Torca		4884777,40	2086911,38
Humedal Guaymaral		4884378,24	2089129,45

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>13</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>13</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5




Figura 5-3 Sistemas lénticos.



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>14</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>14</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: CAP5
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 11

#### 5.1.4.1.2 Sistemas lóticos



Los sistemas lóticos se caracterizan por presentar un movimiento en la componente horizontal de sus aguas, por tanto, presentan caudal respecto a una sección transversal. Estos corresponden a los ríos, quebradas, caños y arroyos.



La identificación de los cuerpos de agua se realizó a partir de los instrumentos de ordenamiento territorial de Bogotá D.C, Ajuste del POMCA del Río Bogotá aprobado por la Resolución 957 de 2019, cartografía suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), a escala 1:25000, imágenes satélites, modelos de elevación digital e inspección en campo, de modo que, mediante la revisión de cada uno de los insumos se establecieron los resultados óptimos para los drenajes definidos.

Los sistemas lóticos identificados en la inspección de campo corresponden a quebradas con tipos de flujo intermitente y permanente, las cuales conducen sus caudales principalmente durante los eventos de alta precipitación que se presentan a lo largo de la cuenca.


A partir de la revisión de la información cartográfica disponible y la inspección realizada en campo se identificaron para el área de influencia físico - biótica paisaje (FBP) los principales sistemas lóticos que se presentan en la Tabla 5-4



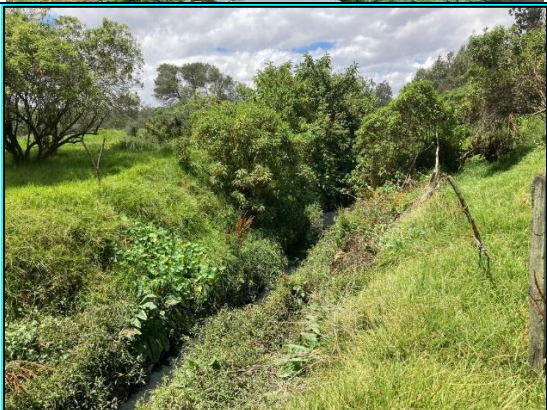
**Tabla 5-4 Sistemas lóticos presentes en el área de influencia físico-biótica paisaje (FBP)**

Sistema	Fotografía	Coordenadas (CTM 12)	
		Este	Norte
Canal Guaymaral		4884645,09	2087582,19
Canal Torca		4884645,09	2087582,19

Sistema	Fotografía	Coordenadas (CTM 12)	
		Este	Norte
Quebrada La Floresta		4885036,47	2089586,11
Quebrada San Juan		4884781,63	2088195,02
Quebrada Torca		4884645,09	2087582,19



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: CAP5
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 13

Sistema	Fotografía	Coordenadas (CTM 12)	
		Este	Norte
Canal Guaymaral		4884637,99	2086689,81
Quebrada El Perro		4884877,18	2086534,51
Drenaje Canal Guaymaral <sup>15</sup>		4884544,55	2088136,19

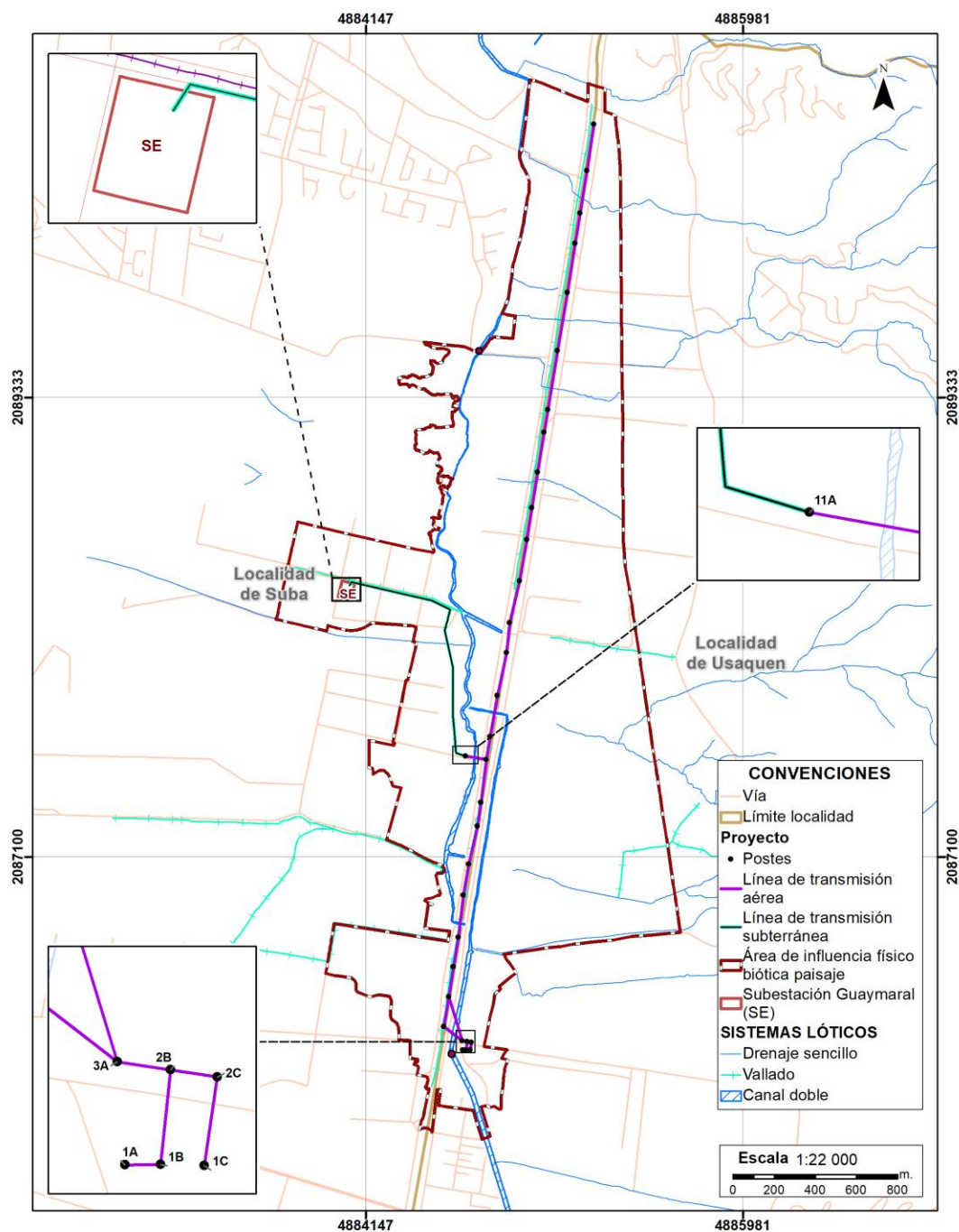
Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>16</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

En la Figura 5-4, se presenta la distribución espacial de los diferentes sistemas lóticos identificados en el área de influencia físico - biótica paisaje (FBP).

<sup>15</sup> Se resalta que de acuerdo con la cartografía base este Drenaje puede ser identificado como Drenaje C. Guaymaral 1.

<sup>16</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

Figura 5-4 Sistemas lóticos



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>17</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>17</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5



#### 5.1.4.1.3 Zonas de recarga potencial de acuíferos

Se han identificado en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva como principales mecanismos de recarga, la infiltración de agua de escorrentía, la precipitación para los acuíferos Cuaternarios y Neógenos para las zonas donde afloran las unidades hidrogeológicas con mayor capacidad de almacenamiento.

Los acuíferos predominantes en el área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva son los acuíferos semiconfinados a confinados. La composición química de las aguas que se mueven en este tipo de acuífero refleja las propiedades litológicas del mismo; en general, las aguas subterráneas poseen una composición química que es el resultado de un proceso complejo de interacciones, donde primeramente las aguas procedentes de las precipitaciones adquieren los gases que se originan en la zona del suelo en el proceso de descomposición de la materia orgánica y luego, reaccionan con los minerales que subyacen en el medio rocoso.

Una vez ocurre la precipitación, el agua que se infiltra se acumula en los poros del suelo si es posible hasta que este logra la capacidad de campo, que es la máxima humedad que puede tener un suelo no saturado. Una vez cesa la lluvia, se da inicio al proceso de evapotranspiración en el que las plantas toman el agua almacenada en los poros del suelo a través de sus raíces, el agua excedente de estos procesos se infiltrara a los horizontes profundos de los acuíferos y recargaran los mismos. Como resultado final de la estimación de las zonas de recarga se obtuvo una escala entre 1 y 5 con valores de posibilidad de recarga desde baja hasta alta, la Tabla 5-5 muestra las zonas de recarga potencial para el área de influencia físico-biótico-paisaje definitiva.

**Tabla 5-5 Potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto y distribución espacial de las zonas de recarga**

Posibilidad de recarga	Rango	Área (ha)	Área (%)
Muy Alta	4,1 - 5	40,34	8,91
Alta	3.5 – 4,09	125,38	27,71
Moderada	2.6 – 3,49	146,08	32,28
Baja	2 – 2,59	138,87	30,69
Muy baja	1 – 1,99	1,87	0,41
Total		452,55	100

Fuente: A partir de (Matus,2007)<sup>18</sup>, adaptado por INGEDISA S.A. 2023

Como resultado tenemos que el 8,91% del área pertenecen a zonas con potencial de recarga muy alto, esto se debe a la predominancia de pendientes bajas que se encuentran en el área junto con zonas con vegetación alta y suelos de texturas moderadas a gruesas.

Las zonas con posibilidad de recarga alta poseen pendientes moderadamente inclinadas, en cercanías al piedemonte de la cordillera oriental, presenta por lo general pastos limpios y suelos de texturas moderadamente finas a finas, en cuanto al sustrato rocoso se encuentra sobre depósitos de la Formación Sabana que está compuesta principalmente por arcillas inconsolidadas con pequeñas intercalaciones de arena gruesa hasta

<sup>18</sup> Ibid.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: CAP5
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 16

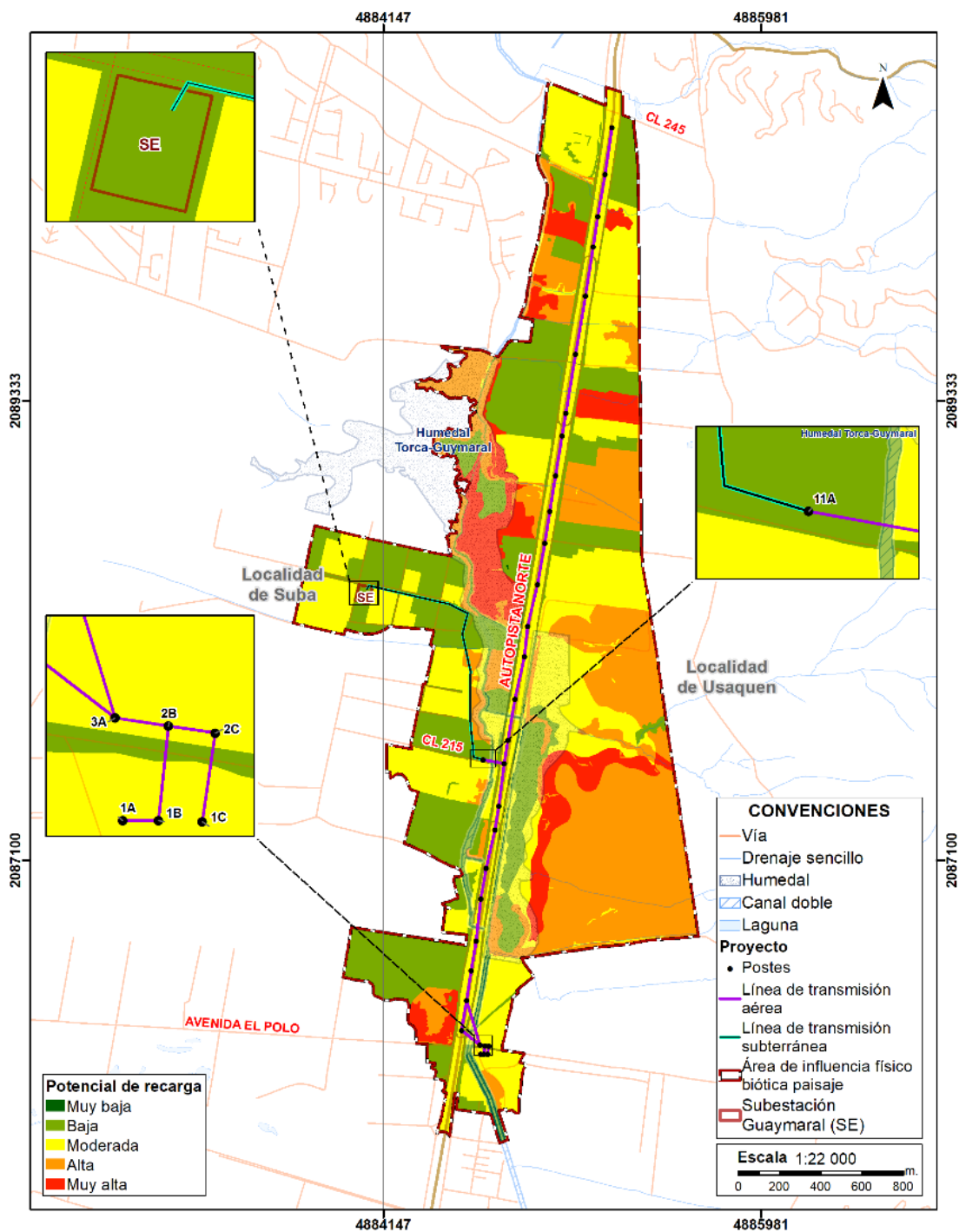
conglomerados.

La mayor área de recarga potencial es la moderada, con un 32,28% posee pendientes moderadas a fuertemente inclinadas, las coberturas están asociadas a pastos limpios y los suelos tienen una predominancia franco-arcillosa.

Las zonas de recarga baja y muy baja están asociadas principalmente a las áreas urbanas cuyos procesos antrópicos han afectado las áreas debido a la impermeabilización de suelos, también se encuentran suelos con texturas muy finas y rocas de la Formación Chía que están compuestas principalmente por arcillas inconsolidadas.

Las descargas a nivel local se dan principalmente hacia el río Bogotá que se encuentra al norte del área de influencia físico-biótica-paisaje-definitiva; en el área no se identificaron descargas naturales de los acuíferos por medio de manantiales. Se presentan descargas artificiales en el área a través de pozos profundos y aljibes. Estas zonas de descarga se pueden observar en la Figura 5-5.

**Figura 5-5 Zonas potenciales de recarga en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva**



Fuente: INGEDISA S.A. 2023

#### 5.1.4.2 Caracterización hidrológica

Para realizar la caracterización del régimen hidrológico área de influencia físico-biótica paisaje (FBP) se identificó la información disponible a nivel regional, en donde, se identificaron las estaciones que se encuentran dentro de la unidad mínima de análisis de referencia y que sirven para definir los caudales de esta. Este proceso inicia por la selección de información secundaria y su temporalidad, seguido de un análisis de consistencia y homogeneidad para luego seleccionar la serie de tiempo consistente y homogénea, y posteriormente la caracterización de caudales.

En la Tabla 5-6 se consolida la información relacionada con las coordenadas, código y elevación, una vez identificadas las estaciones ubicadas dentro de la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica y paisaje, se procede a descartar las estaciones que fueron suspendidas o reportaron datos hasta el año 2000, igualmente las estaciones que fueron instalas recientemente (año 2000 en adelante) que para este caso se descarta la estación denomina “Refisal”.

**Tabla 5-6 Localización de estaciones hidrológicas en la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica y paisaje.**

Código	Nombre	Categoría	Latitud	Longitud	Elevación	Instalación
2120734	PUENTE VARGAS	Limnimétricas	2101844,58	4888478,5	2574	1/02/1946
2120742	LA BALSA CHIA	Limnimétricas	2091752,99	4881297,8	2568	1/11/1939
2120793	EL ESPINO	Limnigráficas	2110145,58	4892314,65	2579	1/06/1967
2120987	REFISAL	Limnimétricas	2107675,54	4889518,68	2573	17/03/2011

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>19</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023

A partir de los registros de información de las estaciones Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino se realizó el proceso de revisión de los registros históricos, seguido de un análisis de datos atípicos, imputación de datos, análisis de homogeneidad y tendencia, caracterización de caudales máximos, medios y mínimos, definición del régimen hidrológico, análisis de eventos macro climáticos y eventos extremos y finalmente resultados de la curva de duración de caudales característicos. Se aclara que la estación Refisal no fue considerada dentro de este análisis tenido en cuenta que su instalación fue en año 2011 generando vacío de datos.

Para el caso del análisis hidrológico de la cuenca asociada al Drenaje Canal Guaymaral, se presenta en detalle en el Capítulo 7. Demanda de recursos naturales, Numeral 7.4.4 Caracterización hidrológica del cuerpo de agua a intervenir.

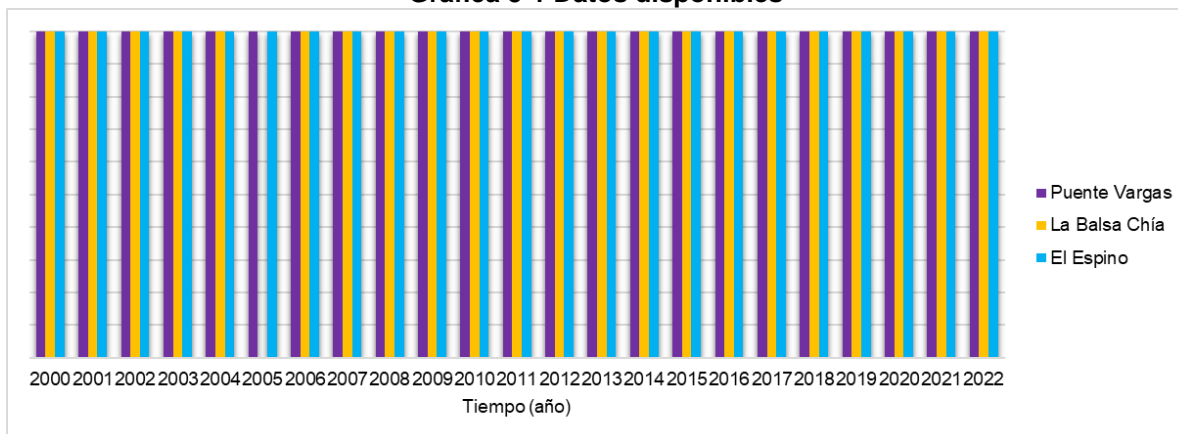
##### 5.1.4.2.1 Análisis de series de tiempo

En la revisión de datos, se realizó la observación de la cantidad de registros con que cuentan las estaciones hidrológicas identificadas, en la Gráfica 5-1, donde se identifican los datos disponibles en la ventana temporal seleccionada desde el año 2000 a 2022 a escala

<sup>19</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

mensual, se escogió esta ventana temporal con el objeto de dar cumplimiento a las recomendaciones emitidas por la Organización Meteorológica Mundial y el IDEAM, respecto a seleccionar series de tiempo con registros no menores a 15 años.

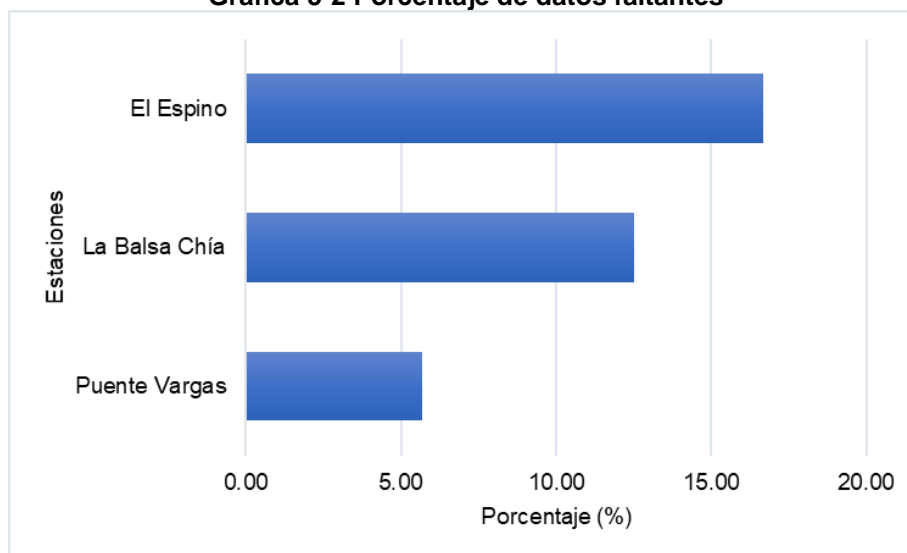
**Gráfica 5-1 Datos disponibles**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>20</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

En la Gráfica 5-2, se relaciona del porcentaje de datos faltantes por cada una de las estaciones, en donde se puede identificar que ninguna supera el 30% de datos por consiguiente se debe realizar un proceso de imputación.

**Gráfica 5-2 Porcentaje de datos faltantes**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>21</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>20</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

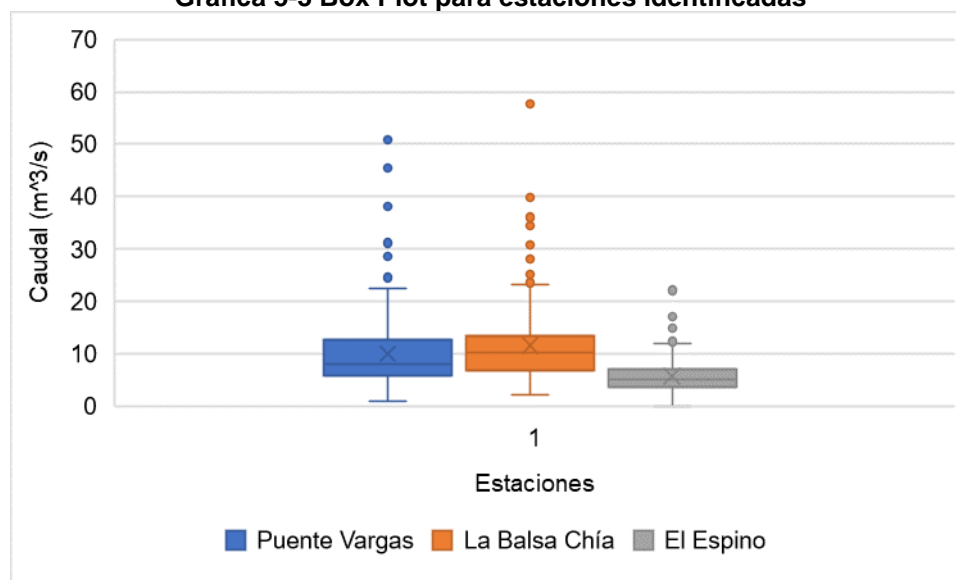
<sup>21</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

#### 5.1.4.2.2 Identificación de datos anómalos

Los datos anómalos son considerados como datos dudosos que se alejan de la tendencia de la serie de datos analizada al encontrarse distantes o alejados de la varianza, debido a errores de calibración de equipos, error humano durante la medición, cambio en la localización espacial de la estación, y otros. Por ello, en la identificación de los outliers para evitar la sobreestimación o subestimación se hace uso del análisis de Box Plot y posterior confirmación con los datos climatológicos de otras estaciones hidrometeorológicas, con el fin de confirmar si corresponde a eventos extremos.

Los diagramas de cajas y bigotes se construyeron con el fin de determinar la tendencia de los datos para cada mes y posibles datos anómalos. Este método gráfico establece como umbral el segundo y tercer cuartil más o menos 1,50 veces la distancia intercuartílica (Q3-Q1), valores que determinan las patillas del diagrama. Los datos por fuera de este rango pueden entenderse como valores extremos que se alejan de la tendencia general de los registros (ver Gráfica 5-3).

**Gráfica 5-3 Box Plot para estaciones identificadas**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>22</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

En este sentido, se realizó el análisis de BoxPlot para identificar los datos atípicos, en el que se presenta el comportamiento de los datos considerados como outliers, identificando en la serie aproximadamente 264 datos por estación, de los cuales 20 coinciden con eventos macro climáticos, que se presentan durante el fenómeno de la Niña. Igualmente se realizó un comparativo con las estaciones que registran valores de precipitación diaria. Para el restante de los outliers se evalúa si los eventos con valores máximos de caudal se presentan durante periodos de fuertes precipitaciones, a estos últimos, se les realizó la prueba puntuación Z, que analiza cada uno de los registros con respecto a la media y la

<sup>22</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

desviación estándar, dando como resultado 165 registros durante fuertes precipitaciones, que se encuentran entre el rango de  $-3 > Z < 3$ , es decir no son datos atípicos.

#### 5.1.4.2.3 Imputación de datos

La imputación de datos consistió en realizar la estimación de datos faltantes o aquellos datos identificados como datos atípicos a través de una técnica informática o estadística, por lo que, de acuerdo con las características de los registros se utiliza el método estadístico de distribución normal para la asignación de registros faltantes.

Este método realiza varias imputaciones de las observaciones faltantes para luego analizar los conjuntos de datos completos y combinar los resultados obtenidos para obtener una estimación final. El análisis de imputación múltiple está dividido en tres secciones: imputación de datos, análisis y puesta en común; en la primera se crean múltiples copias de los conjuntos de datos (m) generando varias iteraciones para la estimación de valores perdidos. En la Tabla 5-7, se observa los resultados de la estadística descriptiva, permitiendo identificar que parámetros como la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría no tienen un cambio significativo, confirmando la similitud de la información.

**Tabla 5-7 Estadística descriptiva**

Variables	Puente Vargas		La Balsa Chía		El Espino	
	Registros originales	Datos imputados	Registros originales	Datos imputados	Registros originales	Datos imputados
Media	5,88	5,92	7,26	7,21	2,47	3,11
Error típico	0,25	0,25	0,33	0,29	0,15	0,20
Mediana	4,97	4,97	6,09	6,18	2,20	2,51
Moda	4,48	4,48	3,37	3,37	0,00	0,00
Desviación estándar	4,07	4,10	4,96	4,77	2,12	3,22
Varianza de la muestra	16,59	16,79	24,61	22,73	4,49	10,36
Curtosis	16,06	15,18	18,70	19,58	5,32	18,06
Coeficiente de asimetría	2,99	2,90	3,12	3,16	1,63	3,20
Rango	35,52	35,52	45,73	45,73	14,69	29,29
Mínimo	0,26	0,26	1,29	1,29	0,00	0,00
Máximo	35,77	35,77	47,01	47,01	14,69	29,29
Suma	1518,26	1563,58	1690,74	1903,38	494,90	820,18
Cuenta	258,00	264,00	233,00	264,00	200,00	264,00

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>23</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

#### 5.1.4.3 Caudales característicos

<sup>23</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5



Con base en los registros de caudales mensuales de las estaciones Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino, localizadas en la cuenca de orden 4 denominada “Río Bogotá sector Tibitoc – Chía”, la cual es aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) del proyecto, se realizó el complemento de datos faltantes en el numeral 5.1.4.2.3 del presente documento, posteriormente se procedió a calcular los caudales medios, máximos y mínimos a escala mensual y anual a través del promedio aritmético de los registros de las estaciones, así mismo, se realizó la estimación de valores extremos considerando los períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 25, 50, 100 y 500 años.

#### 5.1.4.3.1 Caudales medios

En la Tabla 5-8, se consolidan los valores de los caudales medios mensuales multianuales de las estaciones consideradas para el análisis del régimen hidrográfico, el cual se encuentra definido por las variaciones temporales de los caudales que se encuentran en función de las temporadas de lluvias, esta última se caracteriza por tener un comportamiento bimodal del régimen de precipitaciones, con dos épocas lluviosas y dos secas al año. La primera época seca entre diciembre y febrero, la primera época lluviosa va de marzo a mayo, la segunda época seca de junio a septiembre y la segunda época lluviosa de octubre a noviembre.

**Tabla 5-8 Caudales medios mensuales**

Código	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2120734	Puente Vargas	4,06	4,40	4,76	5,28	7,68	8,25	7,16	7,57	5,48	5,35	6,15	4,93
2120742	La Balsa Chía	4,43	4,95	6,21	6,73	9,43	9,28	8,48	8,30	6,17	6,71	9,74	6,09
2120793	El Espino	3,05	2,85	4,81	3,10	2,63	2,35	3,98	4,60	2,05	2,57	3,10	2,19
Promedio		3,85	4,07	5,26	5,04	6,58	6,63	6,54	6,82	4,57	4,88	6,33	4,41

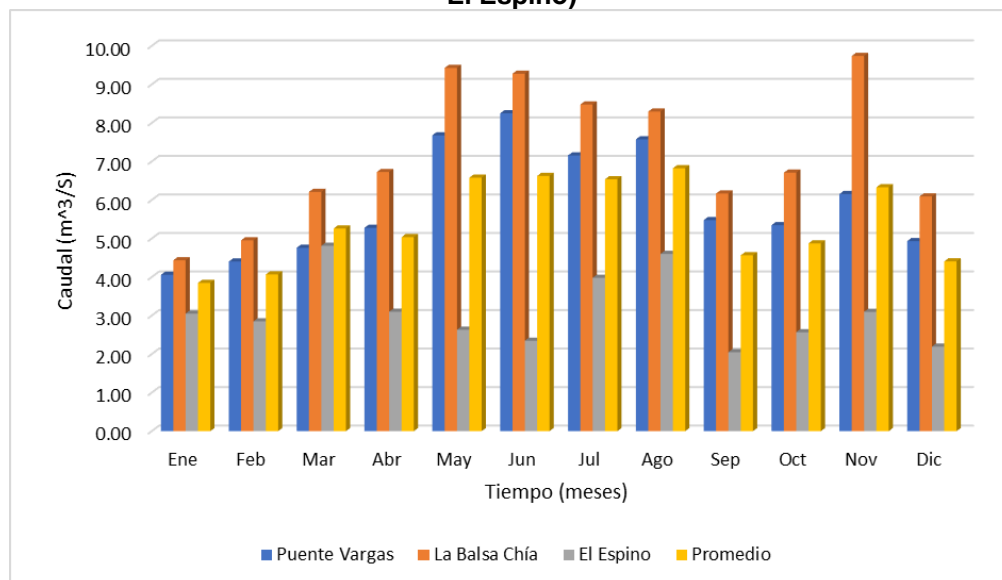
Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>24</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

En la Gráfica 5-4, se presenta los valores medios mensuales de los caudales registrados por las estaciones (Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino), los resultados gráficos demuestran que el régimen hidrológico presenta un comportamiento bimodal con dos periodos de caudales altos, el primero se presenta entre los meses de mayo a julio y nuevamente entre octubre a noviembre, es en este último es donde se presenta el caudal pico (9,74m<sup>3</sup>s) de la cuenca registrado por la estación La Balsa Chía mientras que, las estaciones Puente Vargas y El Espino registran sus valores pico en el mes de mayo. Durante el primer trimestre del año se presenta el primer periodo de estiaje producto de las bajas precipitaciones presentes en estos meses; mientras que los otros meses presentan caudales relativamente altos comparados con el primer trimestre del año.

<sup>24</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5



**Gráfica 5-4 Caudales medios mensuales de las estaciones (Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino)**

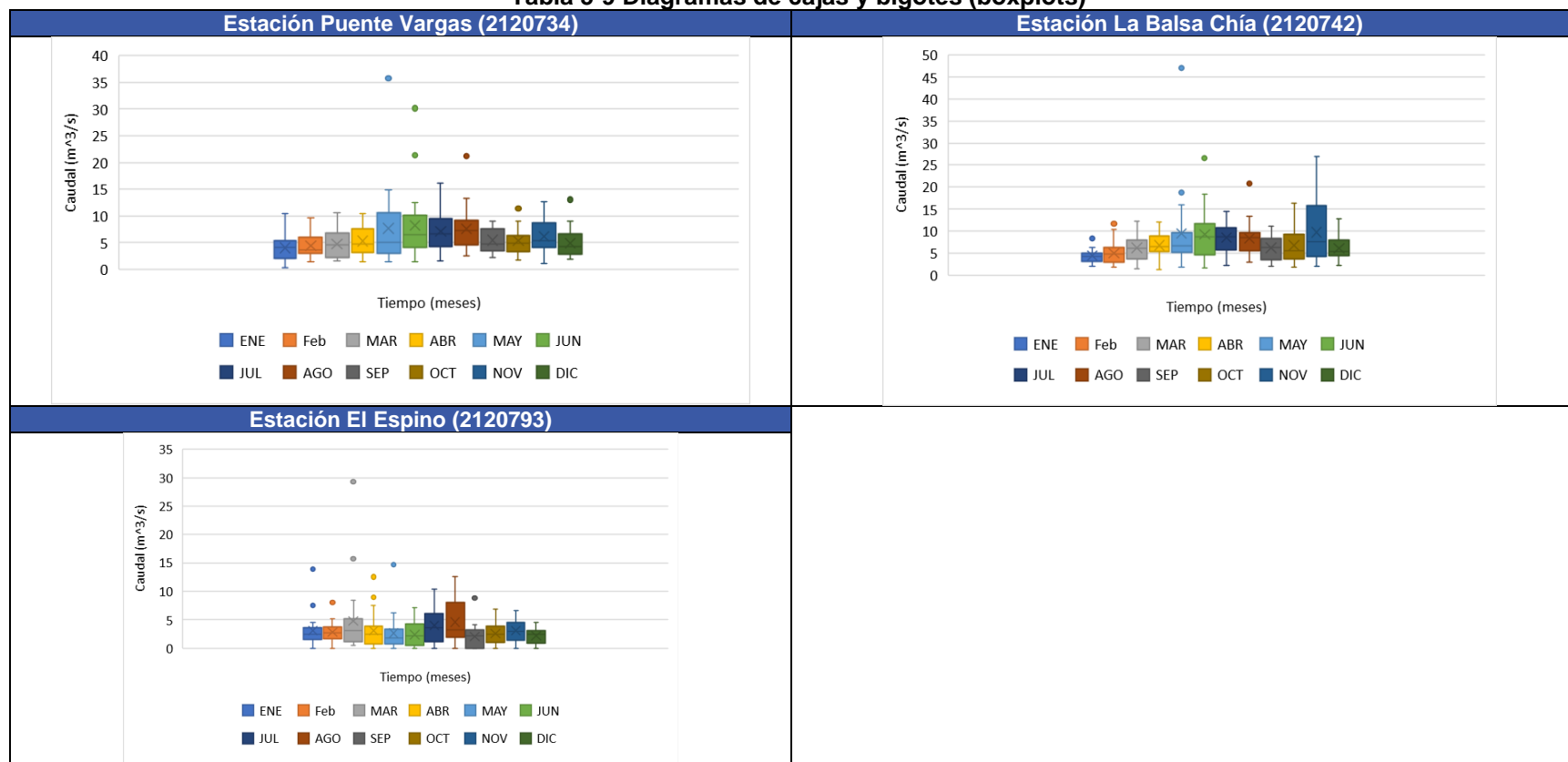


Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>25</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

En complemento a la información presentada anteriormente, en la Tabla 5-9 se consolidan los diagramas de caja y bigotes permiten observar que en la estación La Balsa Chía (2120742) se registra una media mensual multianual de 7,26 m<sup>3</sup>/s siendo esta la más alta de las tres estaciones así mismo, el caudal que se registra con mayor frecuencia (moda) en esta estación es de 3,37 m<sup>3</sup>/s, a 2011. Para el caso de la estación Puente Vargas (2120734), se tiene un valor medio de 5,92 m<sup>3</sup>/s y una moda de 4,48 m<sup>3</sup>/s; en la estación de registro un valor medio de 3,11 m<sup>3</sup>/s. Finalmente, los valores extremos identificados en las tres estaciones corresponden a los registros de eventos de crecientes máximas presentados durante la ocurrencia del fenómeno de la “niña” entre los años 2010.

<sup>25</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

**Tabla 5-9 Diagramas de cajas y bigotes (boxplots)**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>26</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>26</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

En la Tabla 5-10 y Gráfica 5-5, se consolidan los valores medios anuales de las estaciones seleccionadas para la caracterización hidrológica de la Cuenca aferente al área de influencia físico -biótico paisaje, se identificó que en el intervalo comprendido entre los años 2011 a 2012, se presentaron los valores picos de caudales esta condición se dio en respuesta a la máximas precipitaciones que se registraron en unos años en donde se presentó el fenómeno “Niña” en el territorio nacional.

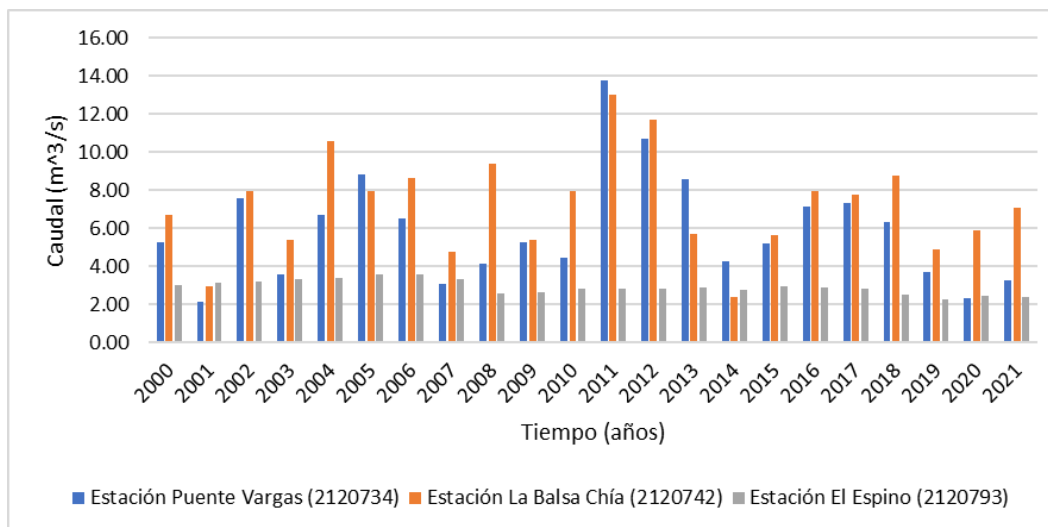
**Tabla 5-10 Caudales medios anuales**

Año	Estación Puente Vargas (2120734)	Estación La Balsa Chía (2120742)	Estación El Espino (2120793)
2000	5,30	6,70	3,05
2001	2,13	2,98	3,14
2002	7,55	7,99	3,24
2003	3,61	5,37	3,34
2004	6,73	10,58	3,41
2005	8,82	7,98	3,60
2006	6,52	8,64	3,56
2007	3,09	4,76	3,31
2008	4,13	9,42	2,61
2009	5,28	5,39	2,68
2010	4,45	7,98	2,81
2011	13,78	13,02	2,83
2012	10,68	11,68	2,86
2013	8,59	5,74	2,92
2014	4,25	2,40	2,80
2015	5,24	5,63	2,93
2016	7,13	7,93	2,88
2017	7,33	7,75	2,84
2018	6,33	8,78	2,51
2019	3,70	4,89	2,26
2020	2,36	5,92	2,43
2021	3,28	7,10	2,39

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>27</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>27</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

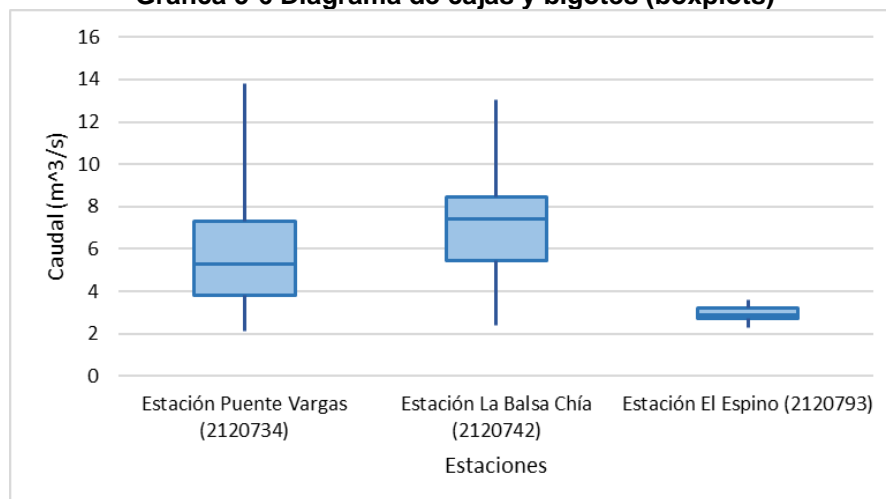
**Gráfica 5-5 Caudales medios anuales de las estaciones (Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino)**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>28</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

Los diagramas de cajas y bigotes construidos con los registros medios anuales de los caudales registrado por las estaciones Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino se presentan en la Gráfica 5-6, donde se identifica que el valor medio anual más alto (7,21 m³/s) se observa en la estación La Balsa Chía, de otra parte, no se identificaron valores atípicos.

**Gráfica 5-6 Diagrama de cajas y bigotes (boxplots)**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>29</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>28</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>29</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

Para el caso de la estimación del caudal medio del Drenaje Canal Guaymaral, se realizó un balance hidrológico discreto a largo plazo, mediante la estimación de la precipitación media a nivel multianual y la evapotranspiración real anual. Los resultados obtenidos pueden ser consultados en el Capítulo 7. Demanda recursos naturales, Numeral 7.4.4.6 Caudal medio (balance hidrológico discreto a largo plazo).

#### 5.1.4.3.2 Caudales máximos

Los registros de caudales máximos mensuales multianuales de las estaciones Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino se consolidan en Tabla 5-11 y Gráfica 5-7, de estos se identifica que la cuenca presenta dos temporadas de caudales altos la primera se observa durante los meses de abril hasta junio y la segunda entre octubre y noviembre de otra parte, los caudales pico de las estaciones Puente Vargas (27,80 m<sup>3</sup>/s) y La Balsa Chía (23,15 m<sup>3</sup>/s) se presentan en el mes de noviembre esto en respuesta a los altos volúmenes de precipitación que se generan en este mes.

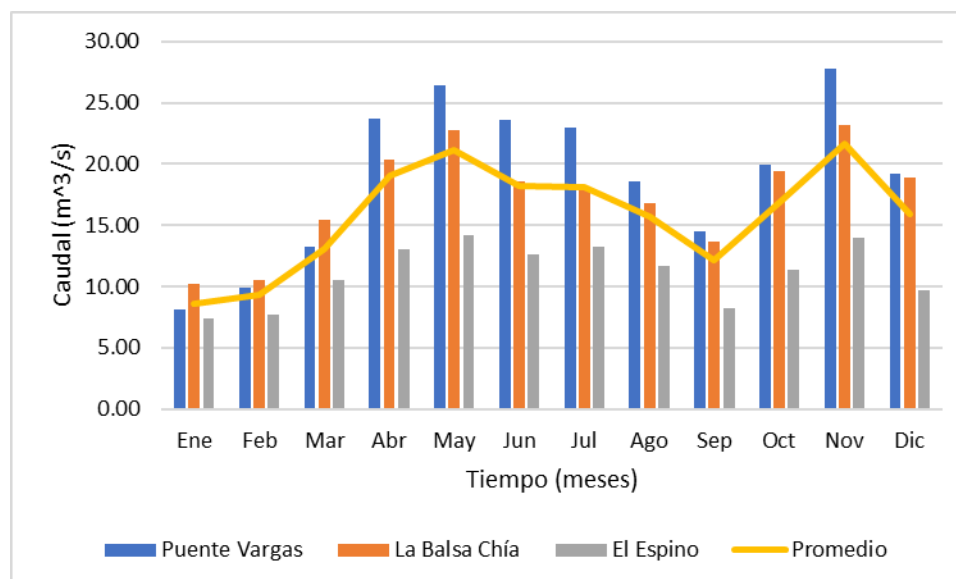
**Tabla 5-11 Caudales máximos en las estaciones Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino**

Código	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2120734	Puente Vargas	8,10	9,87	13,20	23,71	26,40	23,55	23,00	18,60	14,48	19,95	27,80	19,25
2120742	La Balsa Chía	10,24	10,57	15,49	20,41	22,80	18,61	17,97	16,85	13,72	19,39	23,15	18,91
2120793	El Espino	7,43	7,68	10,52	13,02	14,23	12,61	13,24	11,63	8,27	11,34	13,95	9,68
Promedio		8.59	9,37	13,07	19,05	21,14	18,26	18,07	15,69	12,16	16,89	21,63	15,95

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>30</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>30</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

**Gráfica 5-7 Caudales máximos mensuales de las estaciones (Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino)**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>31</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

En cuanto a los caudales máximos del Drenaje Canal Guaymaral, fueron estimados mediante el método racional, considerando que los lineamientos establecidos por el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS. Los resultados pueden ser consultados para los periodos de retorno de 2.33, 3.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años en el Capítulo 7. Demanda recursos naturales, Numeral 7.4.4.7 Caudales máximos.

#### 5.1.4.3.3 Caudales mínimos

Los valores de los caudales mínimos mensuales multianuales se consolidan en la Tabla 5-12 y Gráfica 5-8, en donde se identifica que durante el primer trimestre del año se registran los caudales más bajos, la segunda temporada seca se presenta durante el mes de septiembre de otra parte, se observa que durante los meses de mayo y junio se tiene el valor promedio más alto del año.

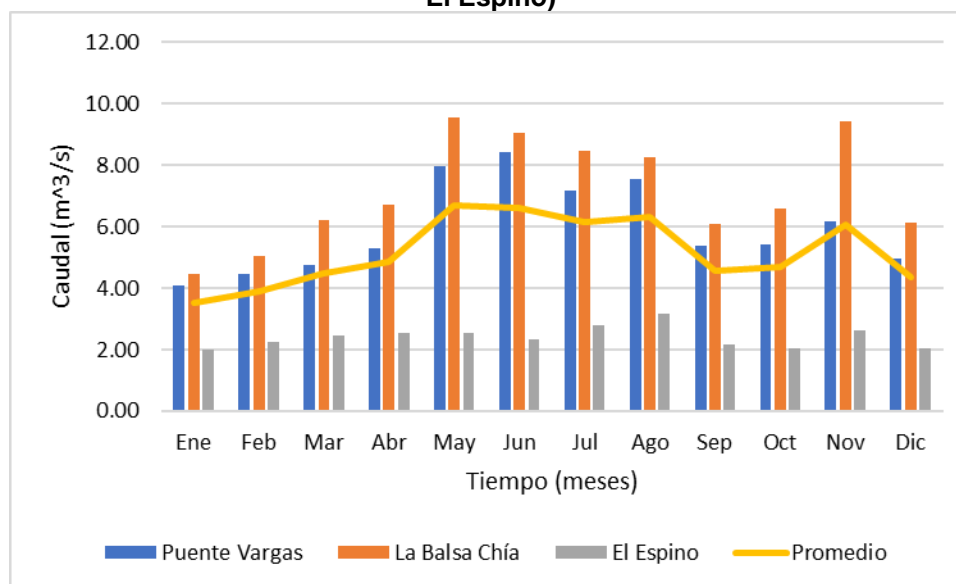
<sup>31</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

**Tabla 5-12 Caudales mínimos en las estaciones Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino**

Código	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2120734	Puente Vargas	4,09	4,46	4,75	5,29	7,97	8,41	7,18	7,57	5,39	5,44	6,19	4,97
2120742	La Balsa Chía	4,48	5,05	6,22	6,73	9,56	9,06	8,45	8,28	6,11	6,59	9,42	6,13
2120793	El Espino	2,01	2,24	2,44	2,56	2,55	2,35	2,79	3,15	2,15	2,06	2,63	2,03
Promedio		3,53	3,92	4,47	4,86	6,69	6,60	6,14	6,33	4,55	4,70	6,08	4,38

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>32</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.


**Gráfica 5-8 Caudales mínimos mensuales de las estaciones (Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino)**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>33</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>32</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>33</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: CAP5
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 30

El análisis de caudales mínimos del Drenaje Canal Guaymaral no es aplicable considerando que este presenta un régimen de flujo intermitente, condicionado a la ocurrencia de precipitaciones en la zona, así mismo, al tratarse de un canal artificial cuyo fin es la conducción de aguas lluvias no cuenta con registros históricos de caudales.

#### 5.1.4.3.4 Análisis de eventos extremos

Los caudales máximos y mínimos a distintos periodos de retorno se estimaron a partir del promedio de los registros históricos de las estaciones Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino hidrológica Pte. Florencia (2120707), localizada en el cauce principal de la cuenca de orden 4 denominada “Río Bogotá (sector Tibitoc – Chía”, la cual es aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) del proyecto. Para el análisis de frecuencia, se emplearon funciones de probabilidad para determinar mediante estimaciones de resultados empíricos la distribución de probabilidad con el mejor ajuste respecto a los caudales máximos; dentro de las distribuciones de probabilidad de mayor uso en hidrología se emplea la distribución Normal, Log-Normal, Gamma, Gumbel y Log-Gumbel, seleccionando la que mejor ajuste presenta de acuerdo con la prueba de bondad de Kolmogoroff Smirnov.

- **Caudales máximos**

Una vez aplicada la prueba de bondad de Kolmogoroff Smirnov para las distribuciones de probabilidad, muestran que el mejor ajuste a los datos de caudales máximos se da para la distribución de probabilidad Log-Pearson III (ver Tabla 5-13 y Gráfica 5-9).

**Tabla 5-13 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov-Smirnov caudales máximos**

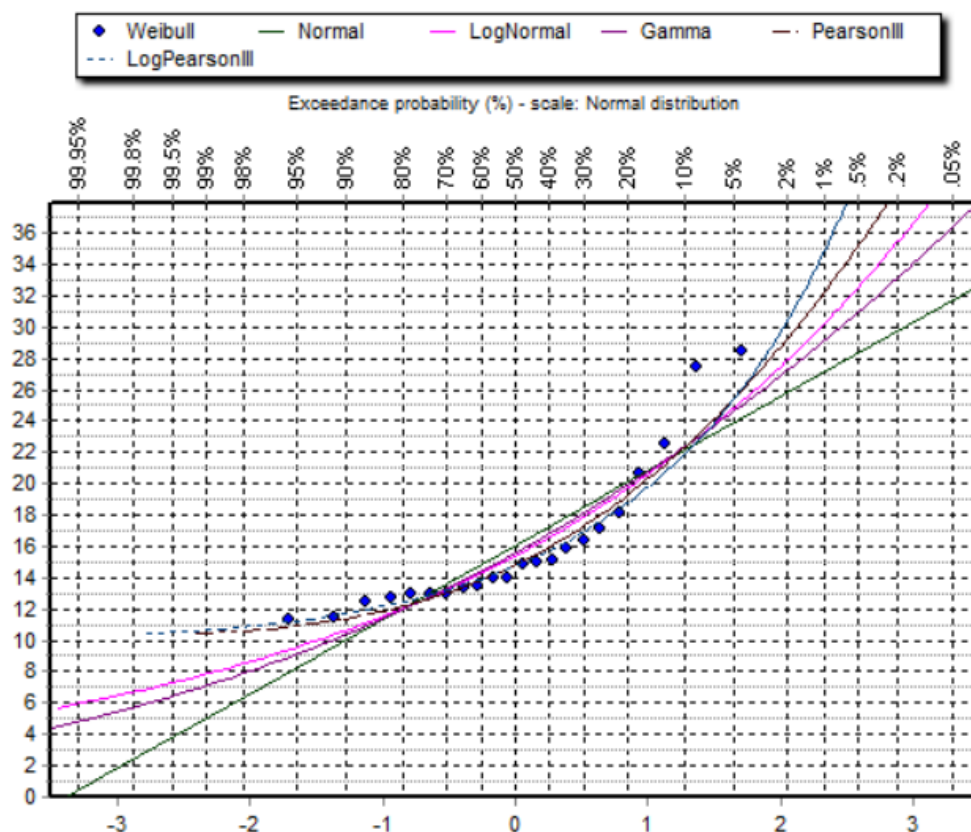
PRUEBA	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMMA	PERSON III	LOG-PEARSON III
Estimador Kolmogorov Smirnov	0,35	0,74	0,62	0,92	0,99
Nivel de significancia (1%)	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta
Nivel de significancia (5%)	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta
Nivel de significancia (10%)	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>34</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>34</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5



**Gráfica 5-9 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov-Smirnov caudales máximos**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>35</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

Una vez definida la distribución Log-Pearson III, se estiman los caudales para los diferentes periodos de retorno en año, presentados en la Tabla 5-14 y Gráfica 5-10 para periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 25, 50, 100 y 500 años para la cuenca delimitada.

**Tabla 5-14 Periodos de retorno caudales máximos**

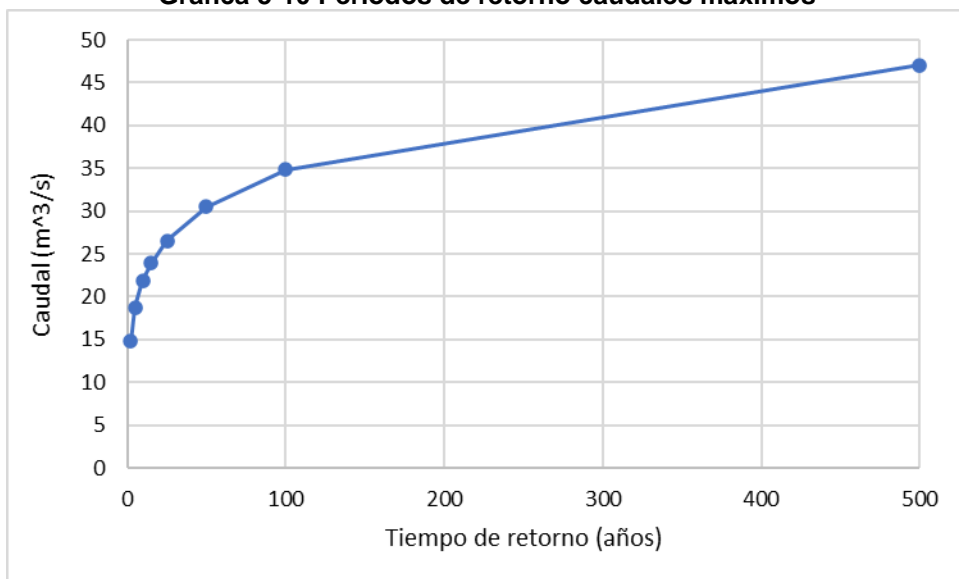
Periodo de retorno	QMAX (m³/s)
500	47,07
100	34,86
50	30,49
25	26,56
15	23,90
10	21,92
5	18,76
2	14,77

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>36</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>35</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>36</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

**Gráfica 5-10 Periodos de retorno caudales máximos**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>37</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

- **Caudales mínimos**

Una vez aplicada la prueba de bondad de Kolmogoroff Smirnov para las distribuciones de probabilidad, muestran que el mejor ajuste a los datos de caudales mínimos se da para la distribución de probabilidad Pearson III (ver Tabla 5-13 y Gráfica 5-11).

**Tabla 5-15 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov-Smirnov caudales máximos**

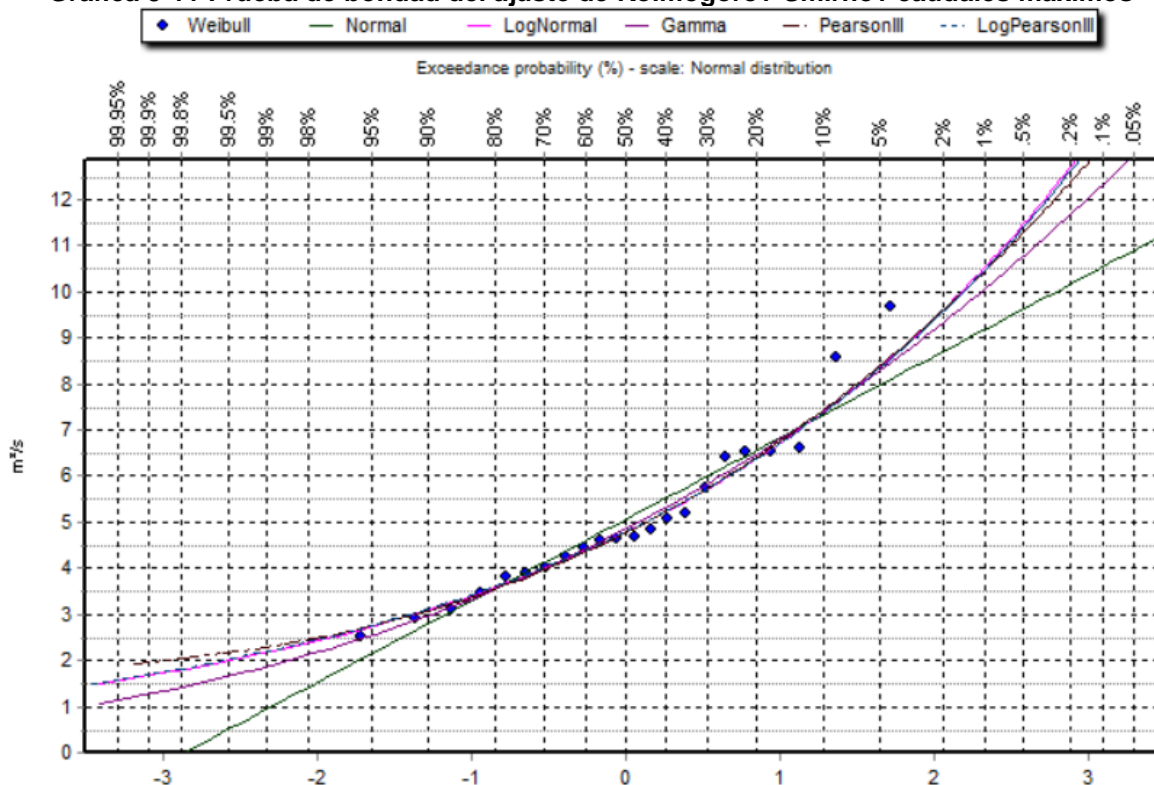
PRUEBA	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMMA	PERSON III	LOG-PEARSON III
Estimador Kolmogorov Smirnov	0,78	0,99	0,99	0,99	0,92
Nivel de significancia (1%)	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta
Nivel de significancia (5%)	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta
Nivel de significancia (10%)	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta	Se acepta

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>38</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>37</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>38</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

**Gráfica 5-11 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov-Smirnov caudales máximos**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>39</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

Una vez definida la distribución Log-Pearson III, se estiman los caudales para los diferentes periodos de retorno en año, presentados en la Tabla 5-16 y Gráfica 5-10 para periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 25, 50, 100 y 500 años para la cuenca delimitada.

**Tabla 5-16 Periodos de retorno caudales mínimos**

Periodo de retorno	QMAX (m³/s)
500	2,03
100	2,03
50	2,28
25	2,66
15	2,87
10	3,07
5	3,55
2	4,76

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>40</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>39</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>40</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

**Gráfica 5-12 Periodos de retorno caudales mínimos**



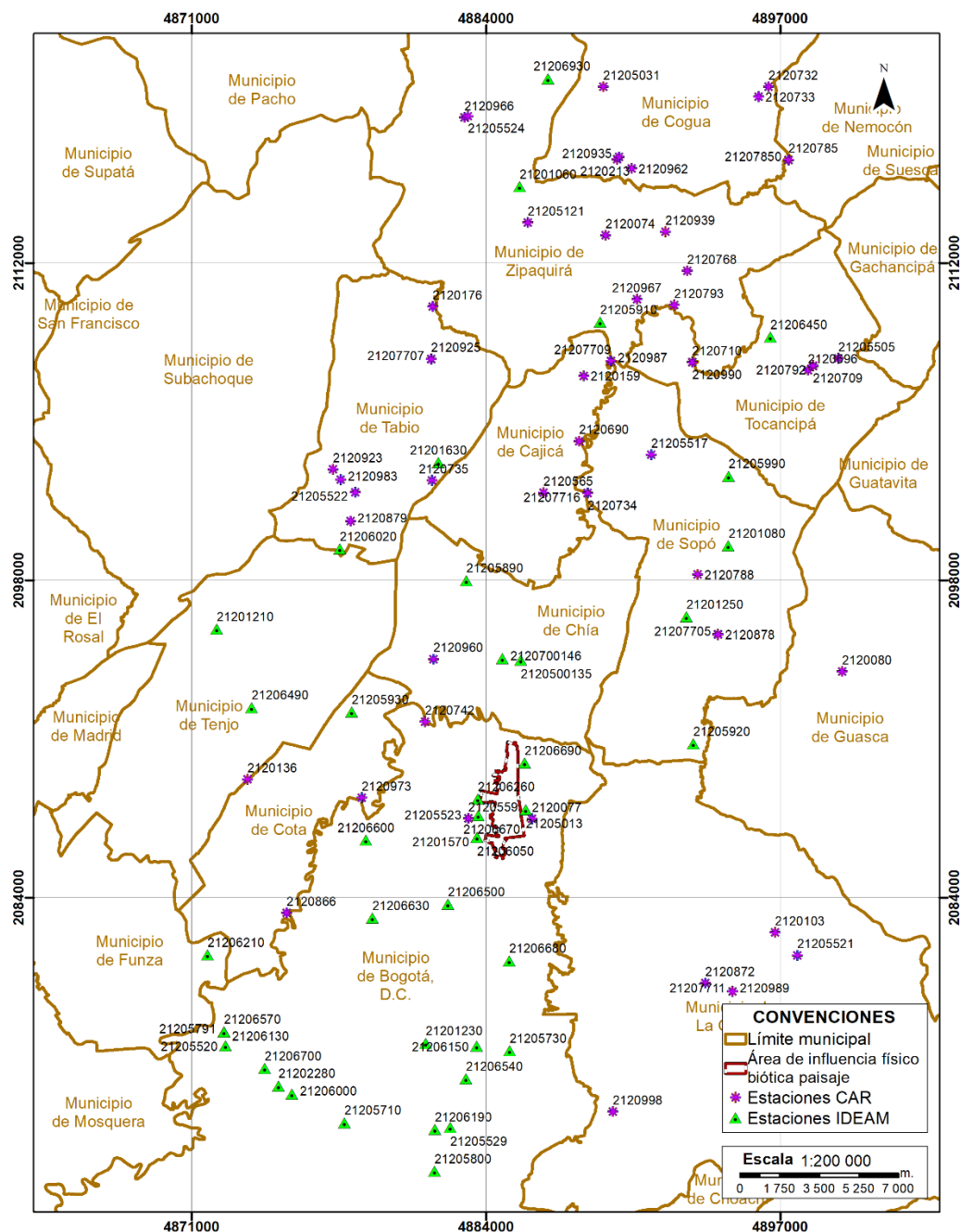
Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>41</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

#### 5.1.4.4 Análisis hidro climático

La caracterización climatológica se realizó con la información registrada en las estaciones operadas por el IDEAM y la CAR, que están dentro de la Cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) y su entorno regional, para lo cual, se seleccionó una ventana cartográfica de 10 km a la redonda de la ellas, en la Figura 5-6, se muestra la distribución espacial de las estaciones así mismo, en el **Anexos, Cap5, 5\_1 medio\_abiotico, 5\_1\_4 hidrologia, est\_preliminares**, se presenta la caracterización de las estaciones identificadas, incluyendo información como: año de establecimiento, tipo de estación y escala del registro, carácter (privado o público) y disponibilidad de información.

<sup>41</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5


**Figura 5-6. Estaciones identificadas preliminarmente en la unidad mínima de análisis y su entorno regional (10 km a la redonda).**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>42</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>43</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>42</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>43</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

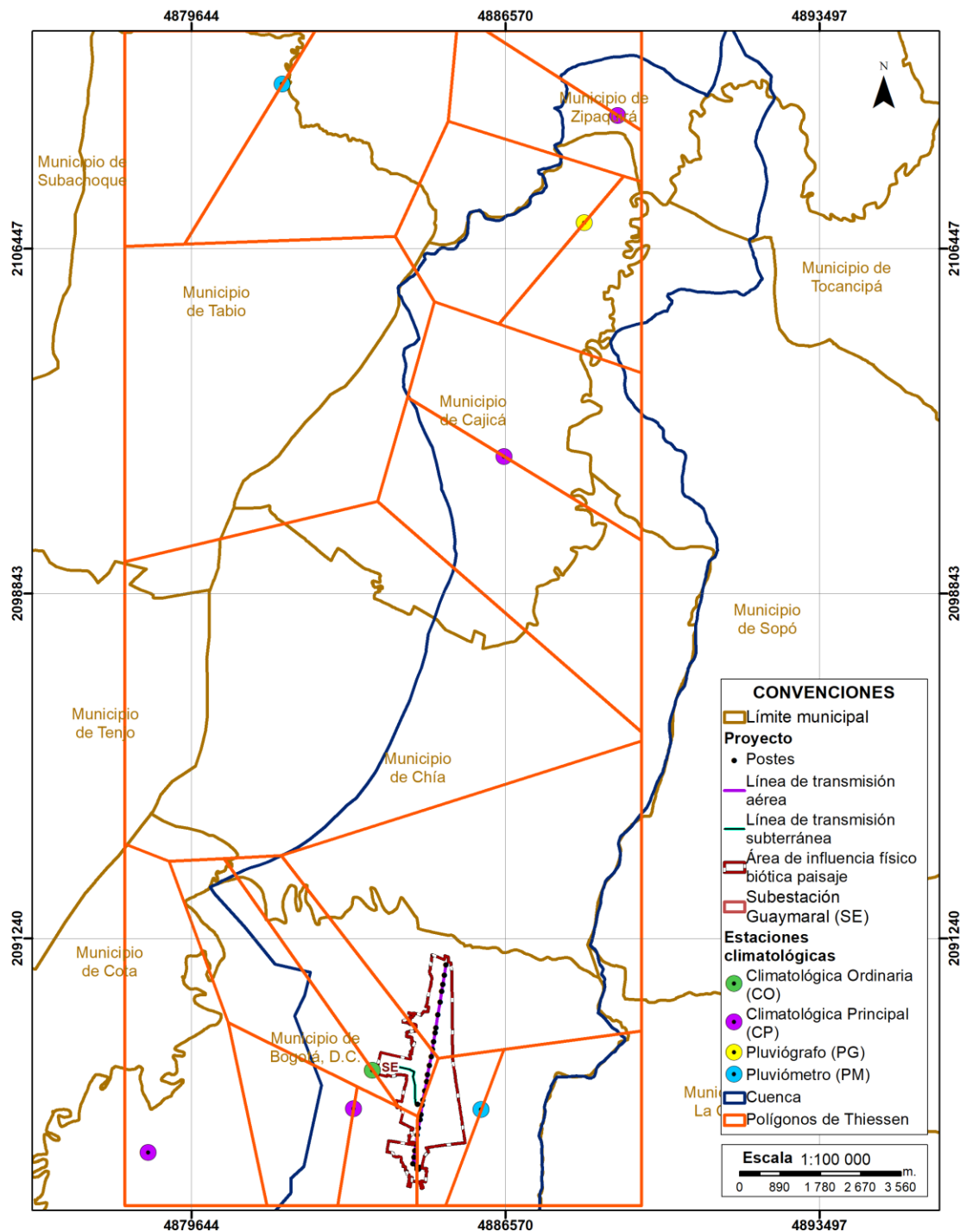
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: CAP 5
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 36

Para la selección de las estaciones sobre las cuales se realizó el análisis climatológico, se empleó la ventana temporal comprendida entre el 1 de enero de 2000 al 31 de diciembre de 2022, con esto le logró tener una serie de datos de 22 años obteniendo una diversidad de combinaciones representativas que al momento de realizar el análisis de eventos extremos de los escenarios de precipitación de los periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100 años, permiten realizar el ajuste a cada una de la series y para cada duración (Organización metereológica mundial, 2011).

Una vez definida las ventanas espaciales (10 km a la redonda de las unidades mínima de análisis) y temporales (2000-2022), se procedió a descartar o no fueron tenidas en cuenta las estaciones que fueron suspendidas o reportaron datos hasta el año 2000, igualmente, las que fueron instalas recientemente (año 2003 en adelante). Para el caso de las estaciones limnimétricas y limnigráficas no se consideraron, debido a que no registran parámetros relacionados con el componente de meteorología. Posteriormente, se recopiló la información disponible de cada una de las entidades mencionadas, y través software ArcGIS se aplica la metodología de polígonos de Thiessen, para delimitar áreas de influencia de estaciones en la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) (ver Figura 5-7).



**Figura 5-7 Polígonos de Thiessen para la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP).**



Fuente: INGEDISA S.A., 2023.

En complemento, en la Tabla 5-17 se presentan los periodos de registro de cada estación y el porcentaje de datos faltantes asociado a esto, los registros de las estaciones identificadas que excedieron el porcentaje de datos faltantes del 30%, fueron descartadas para el análisis de los parámetros de precipitación y temperatura.

**Tabla 5-17 Registro y porcentaje de datos faltantes por estación**

Código	Nombre	registros de prec.	registros de temp.	porcentaje prec. (%)	porcentaje temp. (%)
21206600	NUEVA GENERACIÓN	2002-2002	2002-2002	10,56	10,56
21206260	C.UNIV.AGROP-UDCA	2000-2022	2000-2022	21,72	25,47
21206690	COL MIGUEL A. CARO	2002-2022	2002-2022	34,21	49,26
21206050	ESCUELA COL INGENIERIA	2000-2007	2000-2006	69,31	70,05
21206500	COL ABRAHAM LINCOL	2000-2004	2000-2004	84,00	90,41
21206680	COL NUEVO RETIRO	2002-2005	2002-2005	91,37	91,74
21206670	COL BUCKINGHAM	2002-2008	2002-2007	90,13	94,60
21205910	LA COSECHA - AUT	2001-2022	2001-2022	21,72	89,87
2120077	TORCA	2000-2021	N/A	8,71	N/A
2120159	ALCO	2000-2021	N/A	15,35	N/A
2120176	SANTA ISABEL	2000-2022	N/A	6,64	N/A
2120559	APTO GUAIMARAL-USTA	2000-2021	2000-2021	10,37	15,77
2120565	TABIO	2000-2021	2000-2021	12,45	40,00

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>44</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>45</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

#### 5.1.4.4.1 Inventario de estaciones

Una vez efectuados de los procedimientos para la selección de estaciones se identificaron ocho (8) estaciones de las cuales, solamente tres (3) estaciones registran temperatura, a partir de las estas se analiza temporal y espacialmente las variables de precipitación y temperatura y otras estimadas a partir de estas variables como la evapotranspiración potencial y real. En la Tabla 5-18, se consolidan las principales características de las estaciones definidas para realizar la caracterización hidro climática de la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje.

<sup>44</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>45</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

**Tabla 5-18 Inventario de estaciones climatológicas**

Código	Nombre	Categoría	Entidad	Altitud (msnm)	Longitud (m)	Latitud (m)	Precipitación	Temperatura
21206600	NUEVA GENERACIÓN	CP	IDEAM	2590	4878690,43	2086526,15	X	X
21206260	C.UNIV.AGROP-UDCA	CO	IDEAM	2570	4883639,04	2088332,69	X	X
21205910	LA COSECHA - AUT	CP	IDEAM	2570	4889050,74	2109385,86	X	N/A
2120077	TORCA	PM	CAR	2596	4886036,68	2087469,49	X	N/A
2120159	ALCO	PG	CAR	2603	4888310,9	2107023,48	X	N/A
2120176	SANTA ISABEL	PM	CAR	2729	4881650,41	2110076,14	X	N/A
2120559	APTO GUAIMARAL-USTA	CP	CAR	2603	4883222,01	2087489,12	X	X
2120565	TABIO	CP	CAR	2608	4886541,93	2101869,05	X	N/A

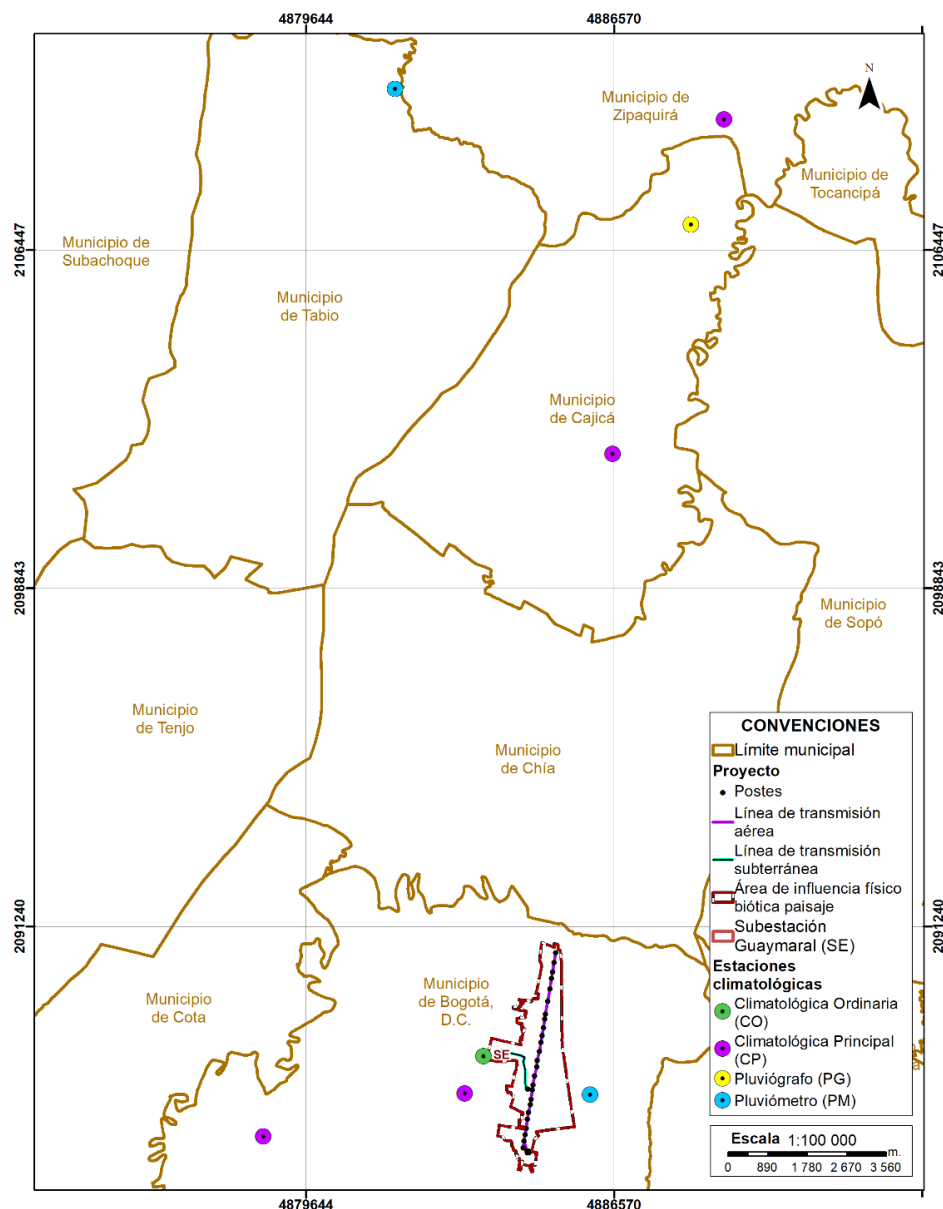
Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>46</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>47</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>46</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>47</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

En la Figura 5-8, se presenta la distribución espacial de las estaciones seleccionadas para realizar el análisis hidro climático de la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje.

**Figura 5-8 Localización de estaciones climatológicas**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>48</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>49</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>48</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>49</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</b>		<b>CÓDIGO: CAP 5</b>
			<b>VERSIÓN: 00</b>
			<b>PÁG. 41</b>

En la Tabla 5-19, se observa los resultados de la estadística descriptiva, permitiendo identificar que parámetros como la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría no tienen un cambio significativo confirmando la similitud de la información, se aclara que las estaciones operadas por el IDEAM entregan registros diarios mientras que las operadas por la CAR reportan datos mensuales.

**Tabla 5-19 Comparación estadística descriptiva de las estaciones que registran precipitación.**

Estadística	Estaciones IDEAM			Estaciones CAR				
	C.UNIV.AG ROP-UDCA	LA COSECHA - AUT	NUEVA GENERACIÓN	TORCA	ALCO	SANTA ISABEL	APTO GUAIMARAL- USTA	TABIO
Media	2,86	2,41	1,54	57,83	26,90	21,90	38,46	23,22
Error típico	0,08	0,07	0,05	11,94	5,44	4,45	6,04	5,55
Mediana	0,20	0,00	0,00	42,45	25,80	15,15	27,85	14,10
Moda	0,00	0,00	0,00	76,50	0,00	8,40	38,40	22,00
Desviación estándar	6,10	5,65	4,03	53,42	21,05	20,89	28,31	22,90
Varianza de la muestra	37,16	31,89	16,28	2853,46	443,19	436,56	801,61	524,29
Curtosis	19,83	31,00	26,92	2,07	2,48	-0,12	2,33	-0,99
Coeficiente de asimetría	3,85	4,59	4,43	1,53	1,26	0,97	1,51	0,68
Rango	69,40	80,00	40,50	203,60	83,10	65,10	117,20	67,50
Mínimo	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	4,10	0,00
Máximo	69,40	80,00	40,50	204,80	83,10	65,10	121,30	67,50
Suma	18822,80	15842,10	10117,80	1156,50	403,50	481,70	846,10	394,80
Cuenta	6576,00	6576,00	6576,00	20,00	15,00	22,00	22,00	17,00
Nivel de confianza (95.0%)	0,15	0,14	0,10	25,00	11,66	9,26	12,55	11,77

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>50</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>51</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>50</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>51</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5



**Tabla 5-20 Comparación estadística descriptiva de las estaciones que registran temperatura.**

Estadística	Estaciones IDEAM		Estaciones CAR
	C.UNIV.AGROP-UDCA	LA COSECHA - AUT	APTO GUAIMARAL-USTA
Media	19.78	7.91	13.54
Error típico	0.02	0.02	0.44
Mediana	19.60	8.00	13.90
Moda	19.60	8.00	8.50
Desviación estándar	1.59	1.61	1.90
Varianza de la muestra	2.53	2.60	3.62
Curtosis	0.23	3.40	4.38
Coeficiente de asimetría	0.09	-0.97	-2.09
Rango	12.80	13.40	7.50
Mínimo	13.00	-0.40	8.50
Máximo	25.80	13.00	16.00
Suma	123860.30	52032.00	257.30
Cuenta	6261.00	6576.00	19.00
Nivel de confianza (95.0%)	0.04	0.04	0.92

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>52</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>53</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

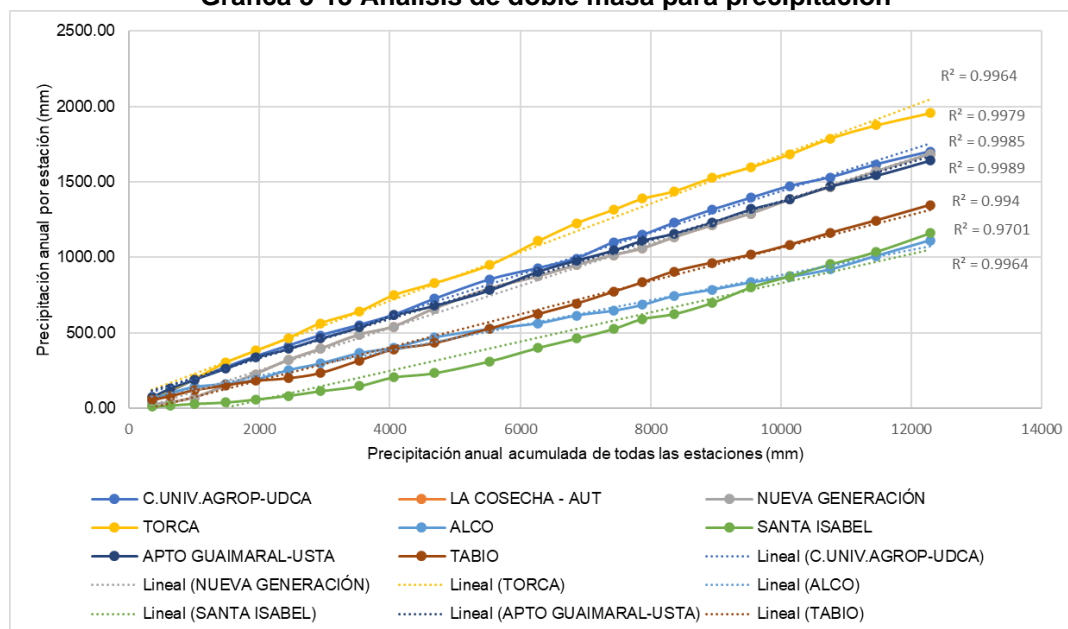
#### 5.1.4.4.2 Análisis de consistencia y homogeneidad

Para el desarrollo del análisis se utilizaron las estaciones que registraron la variable de precipitación, el método de doubles masas fue empleado para analizar la consistencia y homogeneidad de la serie de valores, en donde, se comparó la precipitación anual acumulada del grupo de estaciones evaluadas, con la precipitación anual acumulada de cada una de la estaciones, en la Gráfica 5-13 se muestran los resultados obtenidos, en donde, se puede observar que la dispersión es muy baja y que los datos se agrupan con respecto a la línea de tendencia, lo que implica que los registros son consistentes entre sí.

<sup>52</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>53</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

**Gráfica 5-13 Análisis de doble masa para precipitación**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>54</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>55</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

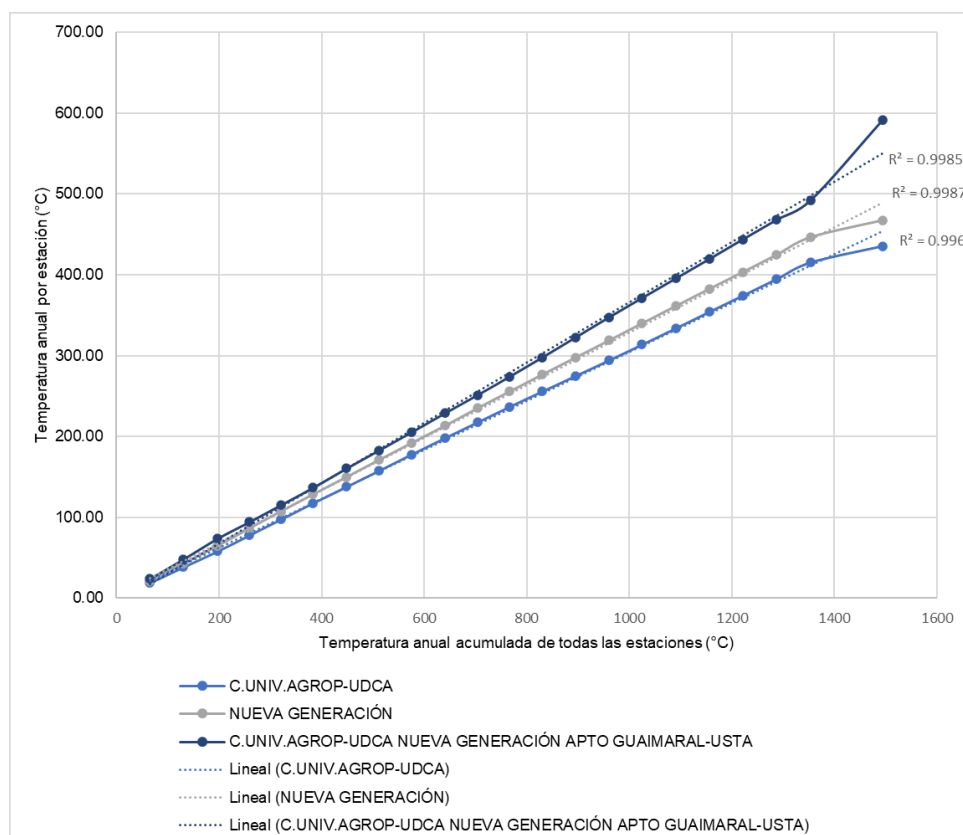
En la Gráfica 5-14, se presentan los resultados de la estimación del análisis de consistencia de la variable de temperatura, en donde, se reitera que solo se tomaron tres estaciones que registraron esta variable, los resultados obtenidos sugieren una consistencia entre los datos superior al 0,9 R2, lo que implica que los datos obtenidos presentan una alta relación y el error no es significativo respecto a los resultados obtenidos, ya que en climatología R2 superiores a 0,7 tienen un buen ajuste<sup>56</sup>.

<sup>54</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>55</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit., p.5

<sup>56</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ADECUACIÓN DE TIERRAS (HIMAT). Técnicas estadísticas aplicadas en el manejo de datos hidrológicos y meteorológicos. Bogotá D.C.1990

**Gráfica 5-14 Análisis de doble masa para temperatura**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>57</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>58</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

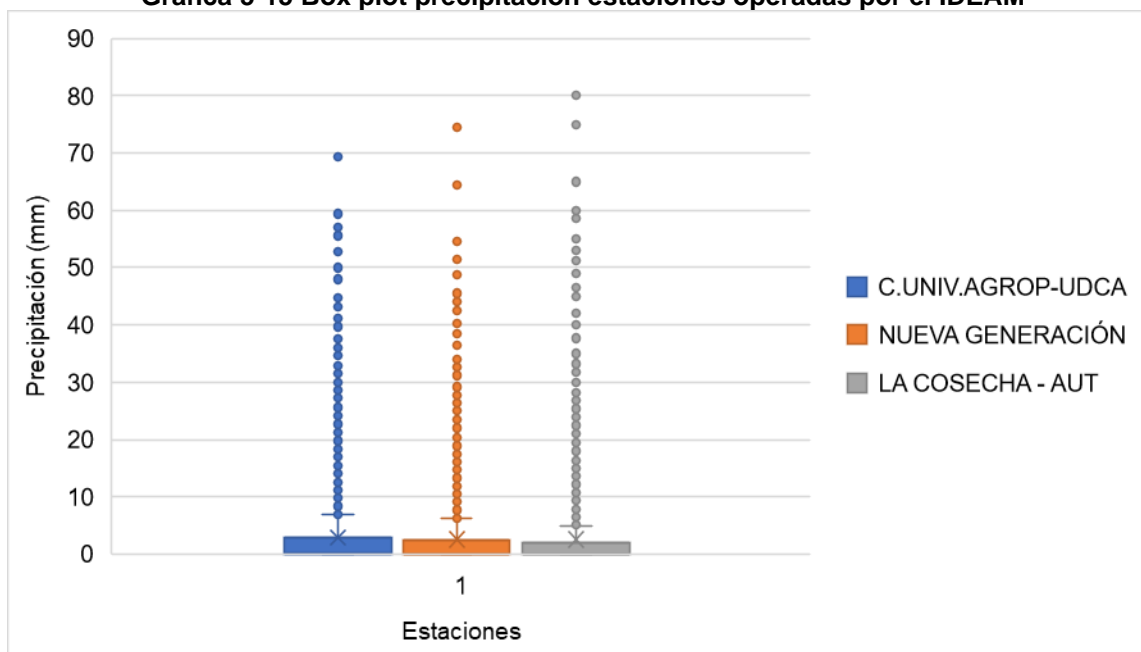
#### 5.1.4.4.3 Identificación de datos anómalos

El análisis de Box Plot, se realizó con el objetivo de identificar los datos atípicos de las variables de precipitación y temperatura en cada una de las estaciones que tienen injerencia sobre el área de influencia físico - biótica paisaje (FBP). En la Gráfica 5-15, se presenta el resultado de la identificación de datos anómalos de la variable de precipitación para las estaciones operadas por el IDEAM y en la Gráfica 5-16 se presenta el análisis para las estaciones operadas por la CAR.

<sup>57</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

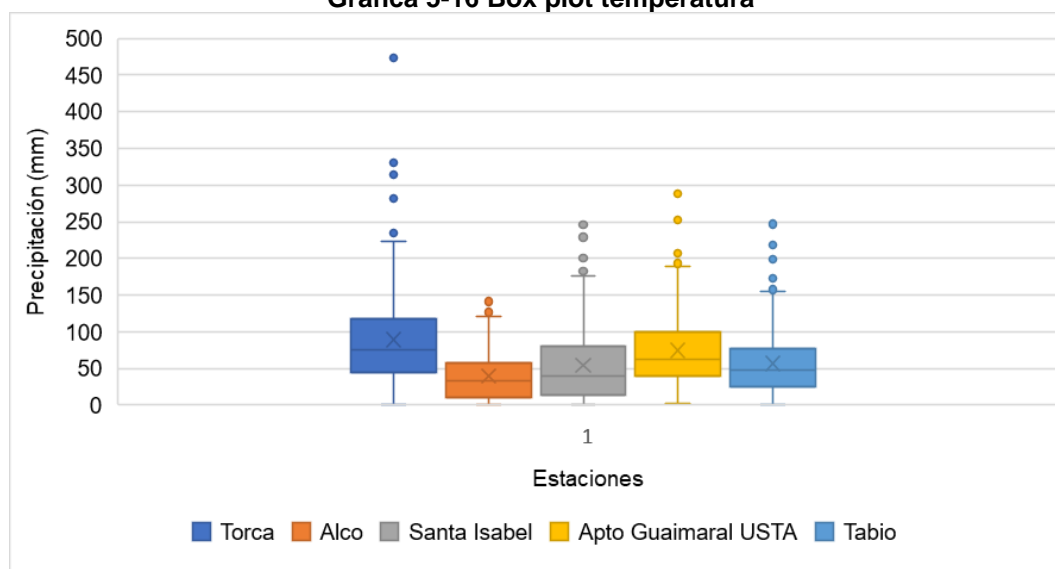
<sup>58</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

Gráfica 5-15 Box plot precipitación estaciones operadas por el IDEAM



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>59</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>60</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

Gráfica 5-16 Box plot temperatura



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>61</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>62</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>59</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>60</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

<sup>61</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>62</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

Los outliers identificados con valores máximos de la variable de precipitación, se presentaron durante periodos de eventos macro climáticos principalmente los registrados durante los años 2010 – 2011, donde se observó un aumento considerable de las precipitaciones y una disminución de las temperaturas, finalmente se pudo evaluar que estos registros máximos no son datos atípicos.

#### 5.1.4.4.4 Imputación de datos

La imputación de datos consistió en realizar la estimación de datos faltantes o aquellos datos identificados como datos atípicos a través de una técnica informática o estadística, que de acuerdo con las características de los registros se utilizó el método estadístico de distribución normal para la asignación de registros faltantes.

Para la estimación de la imputación múltiple se utilizó el programa RStudio, usando la librería Mice, generando series sintéticas a partir de los valores observados para los parámetros de precipitación y temperatura en cada estación analizada mediante la imputación sencilla, manteniendo los parámetros estadísticos de la muestra original, de tal forma que no se altere el comportamiento de las variables.

#### 5.1.4.4.5 Precipitación

La precipitación es una de las variables predominantes para el clima de una región, además es el principal factor controlador del ciclo hidrológico, así como del paisaje y usos del suelo. Para la caracterización del comportamiento de la precipitación media anual y mensual en el área de influencia físico - biótica paisaje (FBP), se emplearon ocho (8) estaciones con un periodo de registro de datos del año 2000 al 2022, el consolidado de valores medios multianuales de la información disponible se puede observar en la Tabla 5-21.

**Tabla 5-21 Precipitación media anual**

Código	Nombre	Precipitación (mm)
21206260	C.Univ.Agrop-UDCA	77,86
21205910	La Cosecha - AUT	73,73
21206600	Nueva generación	77,28
2120077	Torca	89,05
2120159	Alco	45,90
2120176	Santa Isabel	54,63
2120559	Apto Guaimaral USTA	75,15
2120565	Tabio	57,08

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>63</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>64</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

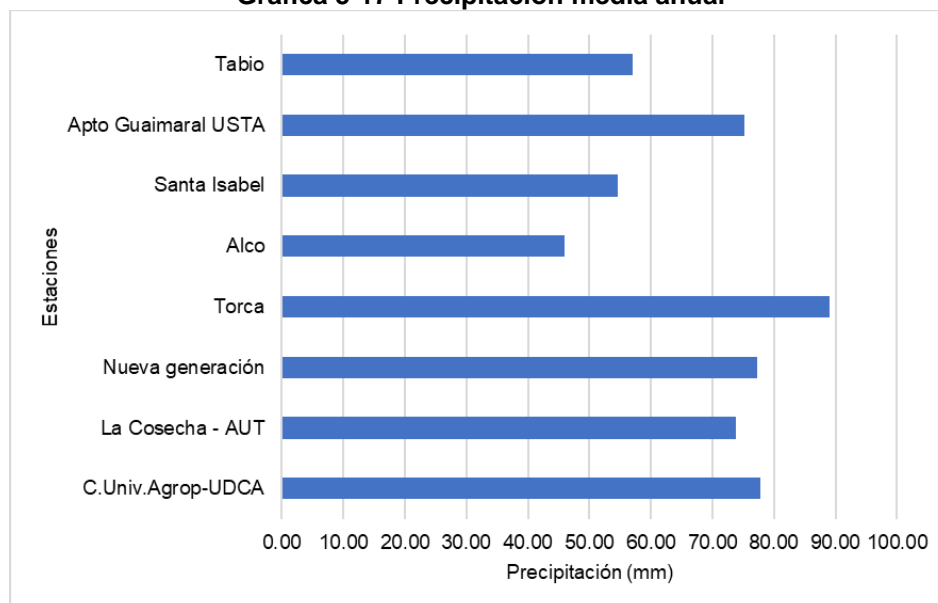
De acuerdo con la información presentada anteriormente, se calculó el histograma con los

<sup>63</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>64</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

valores de precipitación media anual multianual de las estaciones seleccionadas para el análisis de esta variable en el área de influencia físico - biótica paisaje (FBP) (ver Gráfica 5-17). Los registros multianuales de las estaciones estudiadas permiten establecer que el valor mínimo de precipitación media corresponde a la estación Alco (2120159) con un valor de 45,90 mm, mientras que el valor máximo es de 89,05 mm para la estación Torca (2120077). En cuanto a los valores mensuales de precipitación de calcularon de acuerdo con los registros de las estaciones seleccionadas y se presentan en la Tabla 5-22.

**Gráfica 5-17 Precipitación media anual**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>65</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>66</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>65</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>66</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5



**Tabla 5-22 Precipitación media multianual**

Código	Nombre	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
21206260	C.Univ.Agrop-UDCA	40,56	62,32	85,29	114,32	119,05	65,40	55,26	48,48	57,42	105,14	132,54	48,51
21205910	La Cosecha - AUT	33,57	58,04	73,65	105,56	99,05	70,60	58,75	58,18	61,17	114,43	107,13	44,61
21206600	Nueva generación	36,43	69,90	95,05	106,81	97,63	71,05	58,70	48,82	58,64	106,44	120,77	57,11
2120077	Torca	54,66	78,78	98,56	122,10	108,54	78,75	56,07	55,70	69,87	129,38	157,30	58,85
2120159	Alco	24,03	38,30	59,24	62,32	62,52	40,33	34,74	35,10	32,97	62,12	66,82	32,34
2120176	Santa Isabel	21,18	30,34	65,08	80,33	73,06	62,02	42,89	51,58	42,95	73,22	85,57	27,33
2120559	Apto Guaimaral USTA	39,08	60,71	87,87	109,83	92,65	66,83	49,12	48,05	64,27	109,81	126,74	48,33
2120565	Tabio	23,66	45,24	66,90	96,99	76,30	38,33	51,56	46,98	49,39	89,99	63,18	36,43

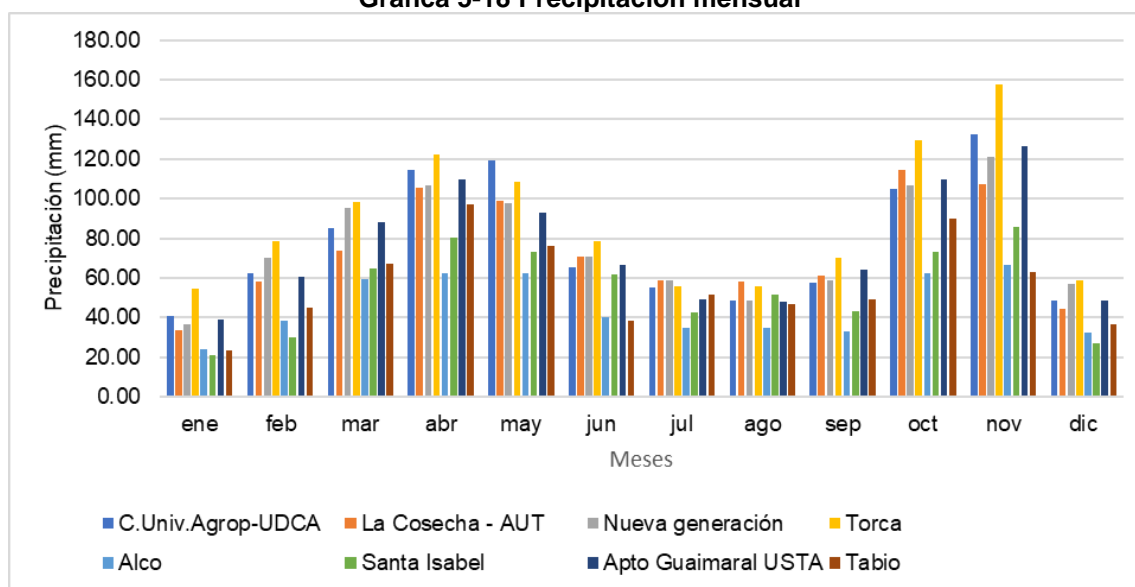
Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>67</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>68</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>67</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>68</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

El régimen de lluvias predominante en el área de influencia físico - biótica paisaje (FBP) del proyecto se caracteriza por tener un comportamiento bimodal del régimen de precipitaciones, con dos épocas lluviosas y dos secas al año. La primera época seca entre diciembre y febrero, la primera época lluviosa va de marzo a mayo, la segunda época seca de junio a septiembre y la segunda época lluviosa de octubre a noviembre, en esta última es donde mayor volumen de precipitación se presenta con valores máximos de 126,74 mm. Los valores obtenidos para en los registros determinan la distribución espacial de la precipitación en el área de influencia físico-biótica (ver Gráfica 5-18).

**Gráfica 5-18 Precipitación mensual**



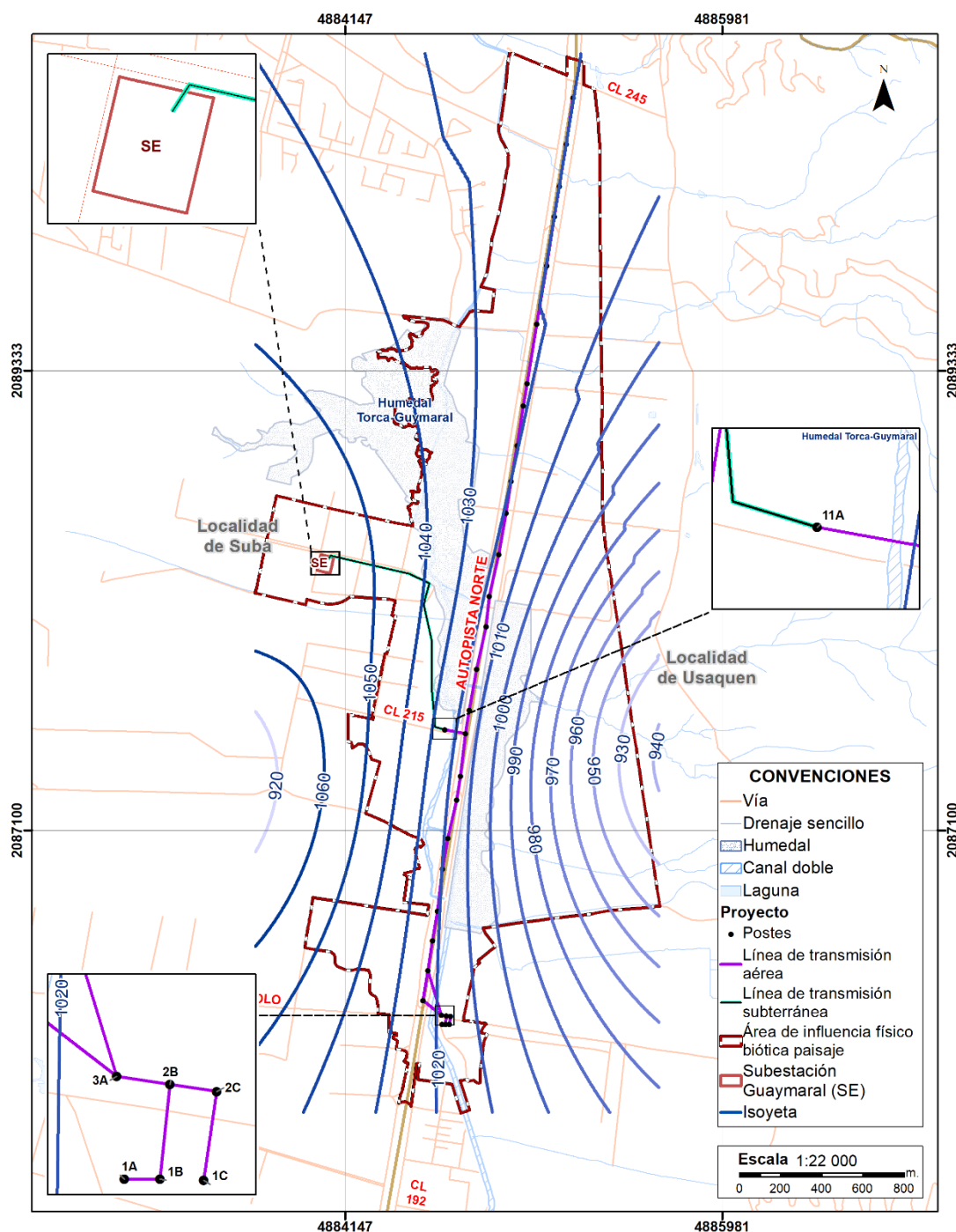
Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>69</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>70</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

A partir de los registros de precipitación mensual para cada estación se hace una interpolación de datos por el método IDW (Distancia Inversa ponderada) del centro de recursos de ArcGIS con el cual se construye el mapa de isoyetas, el cual se presenta en la Figura 5-9.

<sup>69</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>70</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

Figura 5-9 Distribución de precipitación mensual multianual



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>71</sup> e INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES<sup>72</sup>, ajustado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>71</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>72</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op.cit.,p.5

#### 5.1.4.4.6 Temperatura

La temperatura es uno de los factores más importantes en el análisis climático, pues este parámetro incide directamente en los procesos de evapotranspiración y condicionan la existencia de determinadas especies vegetales. En este numeral se hace una caracterización de la distribución temporal y espacial que tiene la temperatura máxima, media y mínima a escala anual y mensual en las unidades mínimas de análisis definidas para la elaboración del estudio de impacto ambiental proyecto “Construcción de la Subestación y líneas de transmisión a 115 kV”, para el periodo comprendido entre los años de 2000 a 2022, con los registros de las estaciones Nueva generación, C.Univ.Agrop-UDCA y Apto Guaimaral USTA, a partir de las cuales se determinaron los valores de temperatura máxima, media y mínima multianual presentados en la Tabla 5-23.

**Tabla 5-23 Temperatura máxima, media y mínima multianual**

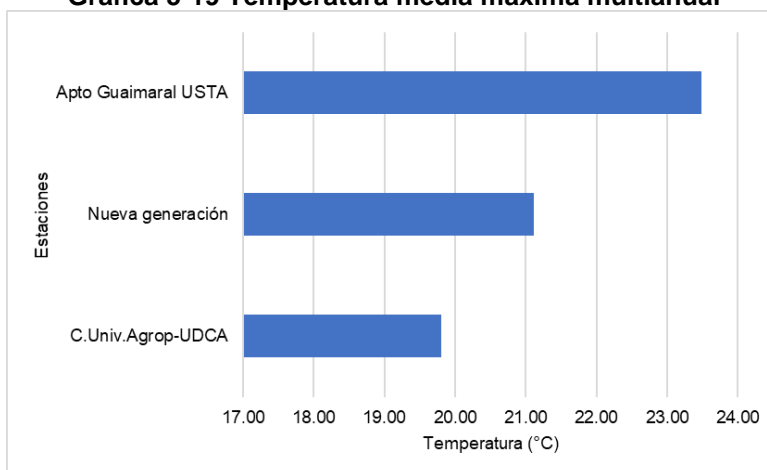
Código	Nombre	Parámetro	Valor
21206260	C.Univ.Agrop-UDCA	Máxima	19,81
		Media	13,74
		Mínima	7,67
21206600	Nueva generación	Máxima	21,12
		Media	15,80
		Mínima	10,47
2120559	Apto Guaimaral USTA	Máxima	23,48
		Media	14,24
		Mínima	5,00

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>73</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

En la Gráfica 5-19, Gráfica 5-20 y Gráfica 5-21 se presentan los histogramas anuales correspondientes a los valores de la temperatura media, máxima y mínima multianual de las estaciones previamente mencionadas, en donde el área de influencia físico – biótica paisaje registra una temperatura máxima de 23,48 °C, una mínima de 5,00°C y finalmente una temperatura media de 14,59 °C.

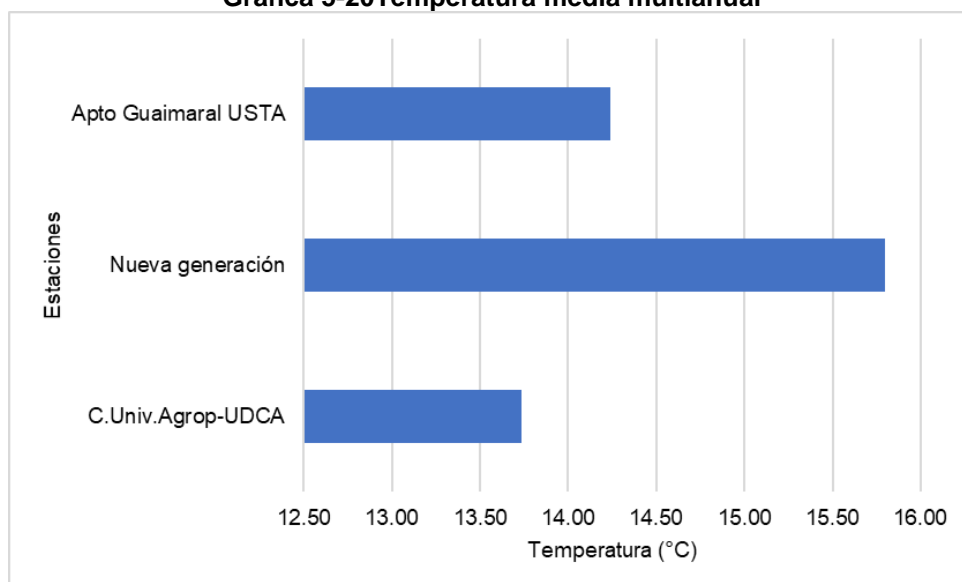
<sup>73</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

**Gráfica 5-19 Temperatura media máxima multianual**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>74</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

**Gráfica 5-20 Temperatura media multianual**

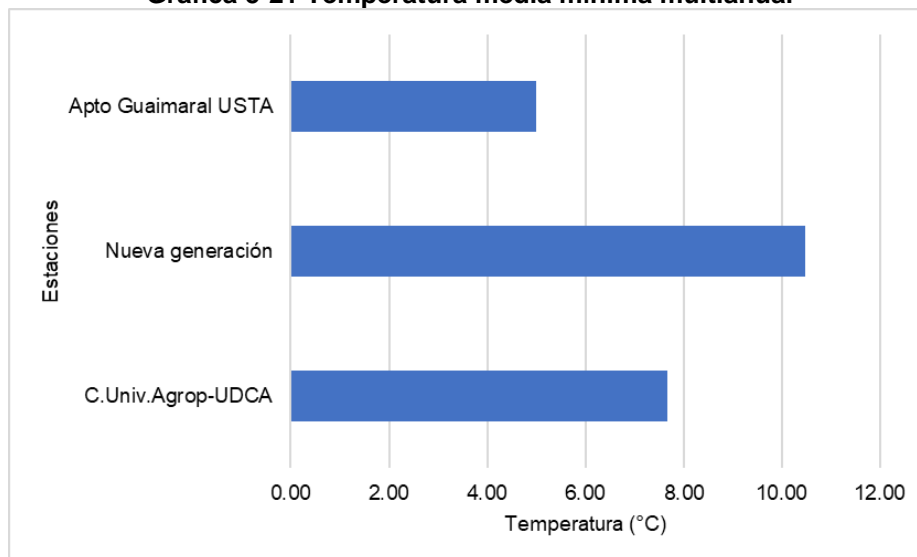


Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>75</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>74</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>75</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

**Gráfica 5-21 Temperatura media mínima multianual**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>76</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

Los valores obtenidos de temperatura media multianual para las estaciones estudiadas oscilan entre 14.1°C para la estación Checua (2120540) y 12.4°C para La Iberia (2120548, lo cual permite inferir una distribución de temperatura con variaciones de hasta 1.7°C para el área de influencia físico-biótica. Por su parte, los registros de temperatura máxima, media y mínima mensual para las estaciones seleccionadas se presentan en la Tabla 5-24.

<sup>76</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5



**Tabla 5-24 Temperatura media, máxima y mínima mensual**

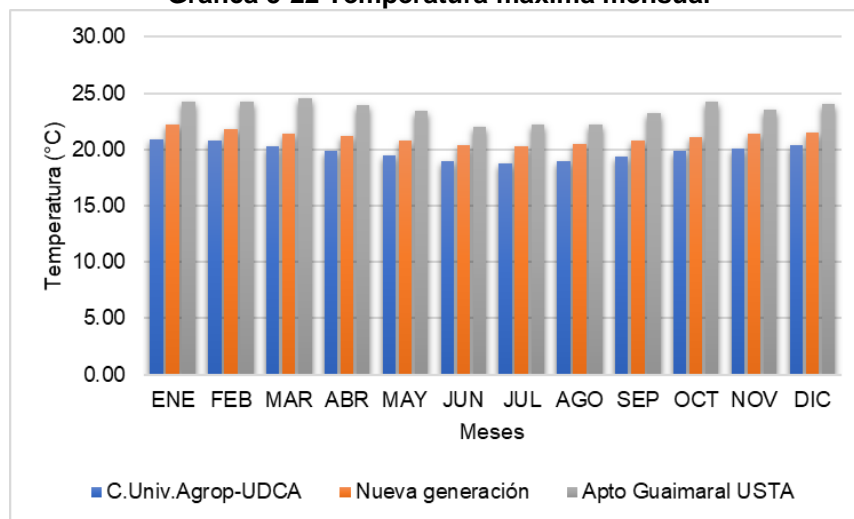
Código	Nombre	Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
21206260	C.Univ.Agrop-UDCA	Máxima	20,86	20,79	20,30	19,92	19,51	18,98	18,74	18,96	19,35	19,86	20,04	20,37
		Media	13,30	13,76	14,11	14,26	14,20	13,63	13,36	13,36	13,34	13,87	14,10	13,55
		Mínima	5,73	6,72	7,93	8,61	8,88	8,29	7,98	7,76	7,33	7,87	8,15	6,74
21206600	Nueva generación	Máxima	22,21	21,84	21,42	21,15	20,83	20,43	20,26	20,49	20,80	21,11	21,42	21,49
		Media	16,50	16,15	15,88	16,26	15,87	14,94	14,96	14,98	15,46	15,96	16,55	16,05
		Mínima	10,78	10,46	10,35	11,38	10,91	9,46	9,66	9,47	10,12	10,81	11,67	10,61
2120559	Apto Guaimaral USTA	Máxima	24,28	24,25	24,55	23,94	23,47	21,97	22,19	22,22	23,21	24,19	23,49	24,01
		Media	13,49	14,23	14,29	14,57	14,98	13,64	13,14	13,51	14,53	14,68	14,94	14,87
		Mínima	2,71	4,20	4,02	5,21	6,48	5,31	4,09	4,80	5,84	5,18	6,40	5,72

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>77</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>77</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

En la Gráfica 5-22, Gráfica 5-23 y Gráfica 5-24 se presentan los histogramas mensuales correspondientes con los valores de la temperatura media, máxima y mínima mensual de las estaciones previamente mencionadas. Por otra parte, variables como la nubosidad o las precipitaciones marcan variaciones ligeras en la temperatura de tal forma que el patrón anual de esta suele seguir un comportamiento inverso a las precipitaciones.

**Gráfica 5-22 Temperatura máxima mensual**

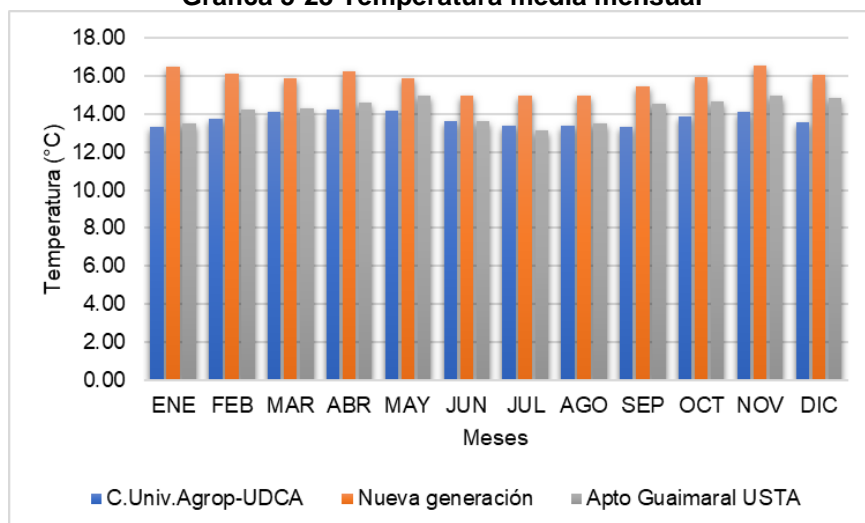


Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>78</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

Como se puede apreciar en la Gráfica 5-23, en el primer trimestre del año se presentan temperaturas medias de 13,8 °C, posteriormente desde el mes de mayo hasta el mes de julio se presenta una disminución en la temperatura hasta obtener un valor promedio de 13 °C, y en el mes de agosto, comienza a aumentar la temperatura paulatinamente hasta el mes de diciembre.

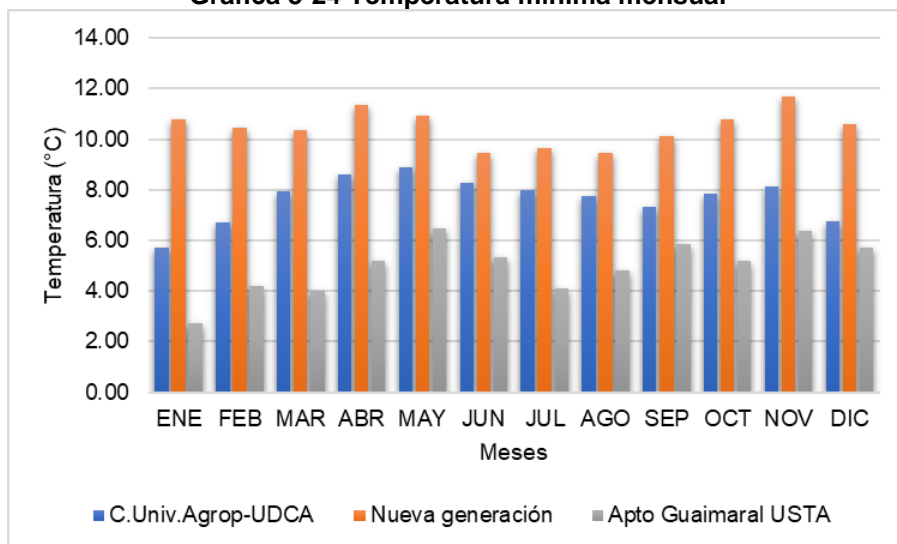
<sup>78</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

**Gráfica 5-23 Temperatura media mensual**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>79</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

**Gráfica 5-24 Temperatura mínima mensual**



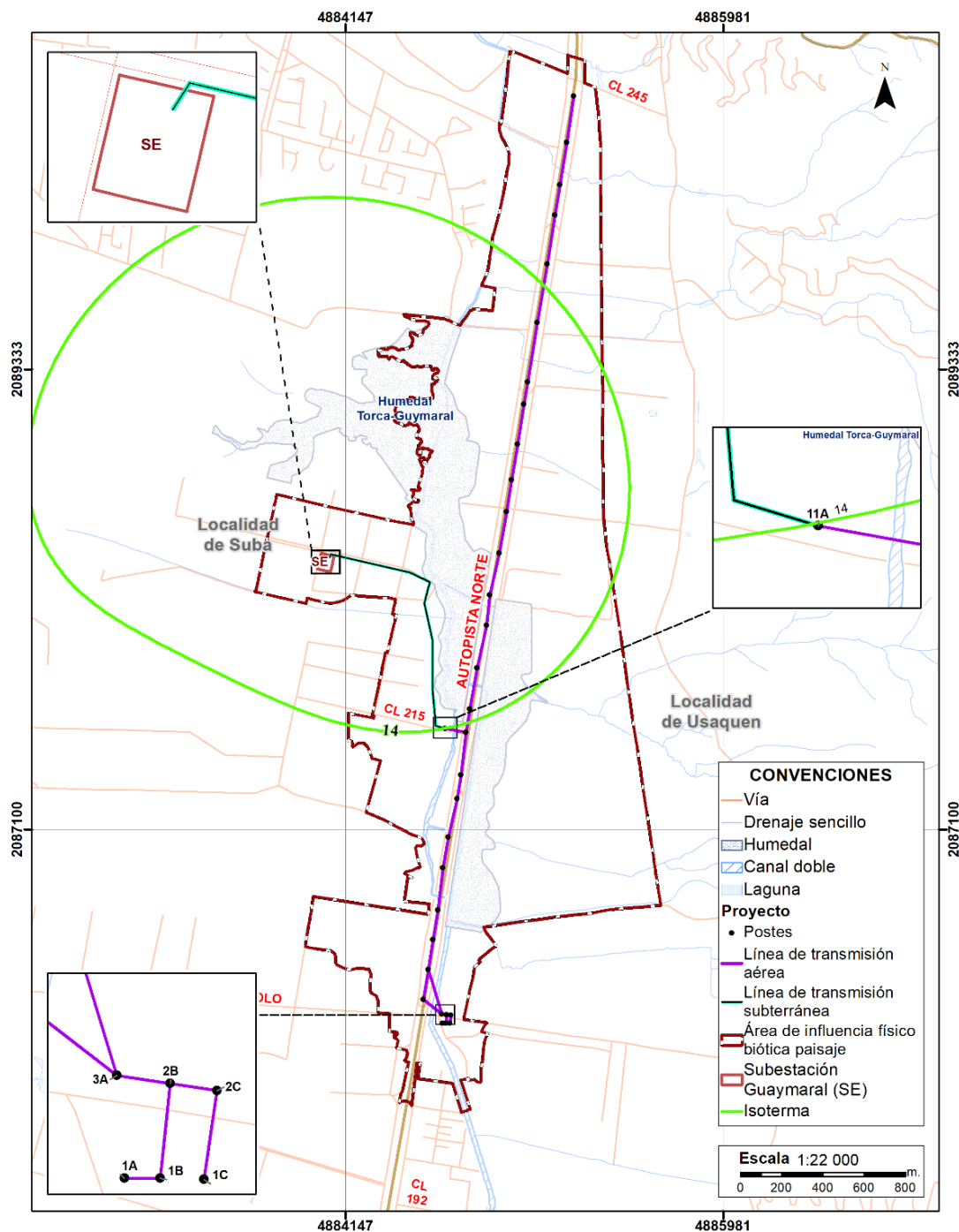
Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>80</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

De acuerdo con los registros de las estaciones evaluadas, se identificó que la temperatura promedio de la región fluctúa entre los 13,30 y 16,50 °C, que corresponde al piso térmico frío, correspondiente al rango altitudinal que está entre los 2000 y 3000 m.s.n.m (Ver Figura 5-10).

<sup>79</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5


<sup>80</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

**Figura 5-10 Distribución de temperatura media mensual multianual**



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>81</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>81</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: CAP 5
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 59

#### 5.1.4.4.7 Balance hídrico

El balance hídrico, es una forma de estimar la cantidad de agua que puede presentar una región en un periodo de tiempo determinado. Usando un método numérico, se comparan las entradas de agua lluvia con las salidas (evaporación y escorrentía), con los valores de las precipitaciones y temperatura media mensual se estimó la evapotranspiración; el balance hídrico de las cuencas se calculó a nivel mensual multianual a partir del cálculo de la ecuación de evapotranspiración potencial (ETP) y real (ETR). En la Tabla 5-25 y Gráfica 5-25, se presentan los resultados de la estimación del balance hídrico para la Cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje, se evidencia que durante los meses de mayo y junio se excede la capacidad de almacenamiento producto de las altas precipitaciones que se registran en estos meses, lo que puede generar procesos de inundación y/o encharcamiento, de las zonas aledañas a ecosistemas hídricos de otra parte, se identificó que en ningún mes se genera déficit esto en relación al índice de retención y regulación hídrica “alta”, el cual guarda relación con las características morfométricas asociadas al relieve en donde las condiciones de baja pendiente facilita la retención de altos volúmenes de agua asociados a la presencia de ecosistemas lenticos, que actúan como vasos reguladores de los pulsos de inundación.

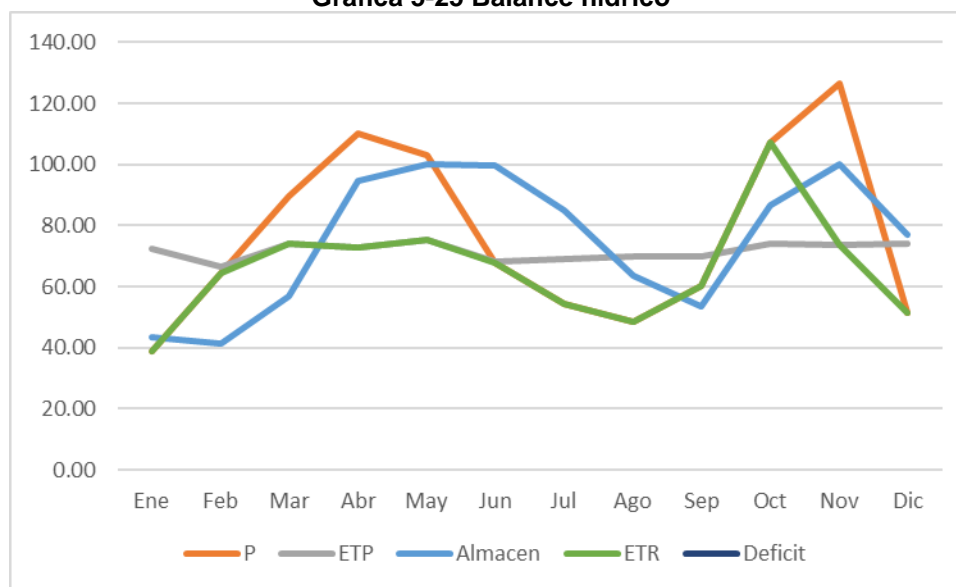
**Tabla 5-25 Balance hídrico**

Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T	14.43	14.71	14.76	15.03	15.02	14.07	13.82	13.95	14.44	14.84	15.20	14.82
Precipitación (mm)	38.69	64.31	89.40	110.32	103.11	67.76	54.36	48.45	60.11	107.13	126.68	51.32
ETP (mm)	72.22	66.51	73.87	72.80	75.16	68.15	69.17	69.82	69.96	74.26	73.61	74.19
Cambio alm (mm)	-33.53	-2.20	15.53	37.52	5.56	-0.39	-14.81	-21.37	-9.85	32.87	13.54	-22.87
Almacén (mm)	43.59	41.39	56.92	94.44	100	99.61	84.80	63.43	53.58	86.46	100	77.13
ETR (mm)	38.69	64.31	73.87	72.80	75.16	67.76	54.36	48.45	60.11	107.13	73.61	51.32
Déficit (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
escorrentía (mm)	-	-	-	-	23.39	-	-	-	-	-	39.53	-

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>82</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>82</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

Gráfica 5-25 Balance hídrico



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>83</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

#### 5.1.4.5 Características morfométricas


Las características morfométricas permiten describir el comportamiento del caudal y de las crecidas dentro de la cuenca, estas se componen de rasgos morfológicos y geomorfológicos propios que sometidos a ecuaciones puede caracterizar cuantitativa y cualitativamente la cuenca hidrográfica de estudio; además, estos resultan estar relacionados con el régimen hidrológico de la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) en todas sus escalas, como consecuencia de numerosos factores, entre los que predomina el clima y la forma del terreno dentro de la cuenca.

Por esta razón, resulta fundamental establecer las características morfométricas de la cuenca presente en el área de influencia físico-biótica paisaje (FBP) (Ver **Anexos, Cap5, 5\_1 medio\_abiotico, 5\_1\_4 hidrologia, morfometria**, En la Tabla 5-26, se consolidan los resultados de las estimaciones de los parámetros morfométricos asociados al tamaño, forma y drenaje de la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP), la cual no requiere la intervención de drenajes ya sea por captación o vertimientos.

En los parámetros relacionados al tamaño de la Cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) se identificó que es una cuenca de nivel 4 denominada Río Bogotá (sector Tbitoc – Chia), de acuerdo con el área ( 172,49 km<sup>2</sup>), con un perímetro de 89,82 km lo que genera un factor forma con una clasificación “muy poco achatada” (0,04), teniendo en cuenta estos resultados se identificó que la cuenca tiene una baja susceptibilidad ante la ocurrencia de crecientes súbitas así mismo, el coeficiente de compacidad reflejó que es una cuenca clasificada como “De oval oblonga a rectangular oblonga”, lo que permite interpretar que la cuenca tiene una alta capacidad de concentrar

<sup>83</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: CAP 5
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 62

fuerres volúmenes de aguas de escurrimiento provenientes de eventos hidrológicos con recurrencia anual o mayor, durante los cuales es posible la ocurrencia de desbordes desde los el canal de aguas mínimas que fluye de hacia el norte y de manera paralela a la Autopista Norte, para el caso de la mayor cuenca de aporte proveniente de la zona sur, así como de los aportes de los eventos hidrológicos puntuales a través de los escasos cauces existentes para las quebradas que confluyen desde la zona oriental hacia este sector del Humedal

**Tabla 5-26 Características morfométricas**


Características tamaño		Características forma		Características drenaje	
Área (km <sup>2</sup> )	172,49	Factor forma	0,01	Densidad de corriente.	0,62
			muy poco achatada	Densidad de drenaje	0,83
Perímetro (km)	89,82	Coeficiente de compacidad	1,93	Patrón de drenaje	Dendrítico
Longitud (km)	31,51		De oval oblonga a rectangular oblonga	Índice de sinuosidad	1,66
Ancho (km)	5,75	Índice de asimetría	0,91		Regular
			Recargada a la izquierda		
		Índice de alargamiento	9,11		
			Muy Alargada		

Fuente: INGEDISA S.A., 2023

En cuanto al índice de alargamiento se estimó que la cuenca es muy alargada, lo que implica que las lluvias no se encuentran localizadas en forma centralizada en la cuenca, al contrario, pueden ocurrir diferentes eventos a lo largo de ella, lo que lleva a que el agua escurrida tenga diferentes tiempos de llegada al drenaje principal, permitiéndole evacuar el agua ya drenada y entrante de forma paulatina, sin generar crecidas repentinas en la cuenca. El índice de asimetría evidencia que la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) presenta una simetría marcada hacia la vertiente (izquierda), zona donde se presentan las mayores densidades de drenaje y por tanto el mayor aporte de agua hacia el drenaje principal con un área pobremente drenada, presentando una respuesta muy lenta ante un evento de precipitación.

Una de las particularidades fisiográficas más importantes es la relacionada con la red de drenaje siendo así, uno de los índices que se estimaron fue la densidad de drenaje (0,83) la cual, refleja que la cuenca pobremente drenada y debería responder, relativamente lento a un evento de precipitación, otro aspecto importante de la densidad de drenaje es la relación que se mantiene con los caudales máximos y las avenidas; a grandes valores de densidad de la red hidrográfica, corresponde velocidades mayores de movimiento de las aguas, lo que refleja en valores mayores de caudales máximos, subidas rápidas y duraciones totales de las avenidas, generalmente más reducidas por consiguiente la cuenca aferente al área de influencia no tiene tendencia a la ocurrencia de crecientes súbitas y avenidas torrenciales

En cuanto a la densidad de corrientes se observó que al ser un valor pequeño (0,62) los

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: CAP 5
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 63

suelos son muy resistentes a la erosión o muy permeables; donde este indicador es elevado los suelos se erosionan fácilmente o son relativamente impermeables, las pendientes son altas y la cobertura vegetal escasa<sup>84</sup>, caso contrario del que se presenta en la cuenca en donde la parte central continua a los cerros Orientales tiene una baja pendiente que permite la acumulación de altos volúmenes de agua de escorrentía y precipitación. La cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) posee un patrón de drenaje dendrítico el cual, es el más común de los patrones de drenaje y está formado por una corriente principal con sus afluentes uniéndose en todas las direcciones; está caracterizado por los ramales irregulares de las corrientes tributarias, en complemento se estimó el índice de sinuosidad que refleja que los drenajes son regulares, lo que permite analizar que en la cuenca no existe una red de fallas que modifica el trazado del cauce (Senciales, s.f).

Como resultado de la clasificación del modelo digital de terreno con precisión de 12.5 metros, se obtuvo que en cuenca Río Bogotá (sector Tbitoc – Chia) el 31,21% del área total tiene un pendiente ligeramente inclinado seguida por el 19,69% Moderadamente inclinada (ver Tabla 5-27), así mismo se observa que se presentan altas pendientes asociadas a la zona oriental de la cuenca, lo que aumenta la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa que se generan en este tipo de terrenos, sumado a la acción de la fuerza de la gravedad, bajo la influencia de ciertos factores como son el agua, los eventos sísmicos, la aplicación de carga excesiva, las excavaciones para la adecuación de viviendas o la apertura de senderos y vías, entre otros, igualmente se estimó la elevación media de la cuenca en donde se obtuvo una elevación de 2667,26 msnm.


**Tabla 5-27 Pendiente y elevación media de la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP)**

Rangos	Área (ha)	Área (%)	Elevación media
Ligeramente plano (0-3%)	1775,04	10,30	2667,26
ligeramente inclinado (3-7%)	5376,34	31,21	
Moderadamente inclinada (7-12%)	3392,54	19,69	
Fuertemente ondulado (12-25%)	2856,25	16,58	
Ligeramente escarpada (25-50%)	2849,92	16,54	
Moderadamente escarpada (50-75%)	751,33	4,36	
Fuertemente escarpada (>75%)	225,51	1,31	
Total	17226,92	100	

Fuente:: INGEDISA S.A., 2023

En la Tabla 5-28, se presenta el tiempo de concentración estimado para la cuenca identificadas y los tiempos seleccionados. El tiempo de concentración adoptado se estimó a partir del intervalo de confianza definido por la media aritmética ( $\mu$ ) y la desviación estándar ( $\sigma$ ), descartando los valores fuera del rango  $[\mu - \sigma, \mu + \sigma]$  y hallando el promedio con los valores dentro de dicho rango. Los valores señalados en color rojo corresponden a aquellos que no encuentran dentro del rango de aceptación, por lo cual no fueron tenidos en cuenta para estimar el tiempo de concentración de la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP). Los tiempos de concentración dependen del área

<sup>84</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: CAP 5</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 64</b>


de drenaje, pendiente y longitud del drenaje que es quien se encarga de descargar el agua; una vez evaluada las pendientes de la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) se determinó la influencia que esta ejerce en los tiempos de concentración estimados, bajo la perspectiva de que en la Cuenca predomina el rango de pendiente denominado ligeramente inclinado (3-7%) ocupando un 31,21 % del área total se determinó un tiempo de concentración de 1618,68 minutos que convertido a horas registra un valor de 26 horas reflejando un tiempo alto en la evacuación de flujos de agua sumado a la existencia de números ecosistemas lenticos que almacenan los pulsos hídricos provenientes de las zonas con altas pendientes.

En cuanto al análisis morfométrico de la cuenca asociada al Drenaje Canal Guaymaral, es presentada en detalle en el Capítulo 7. Demanda recursos naturales, Numeral 7.4.4.2 Análisis morfométrico y Numeral 7.4.4.3 Tiempo de concentración.

**Tabla 5-28 Tiempo de concentración**

Kirpich (min)	Temez (min)	Cuerpo de ingenieros (min)	Williams (min)	SCS-Ranser (min)	Ventura-Heras (min)	California (min)	Clark (min)	Bransby-Williams (min)	Pilgrim-McDermott (min)	$\mu-\sigma$	$\mu+\sigma$	Prom (min)
1485,79	599,47	1406,37	2014,80	1486,12	599,47	1488,03	65,05	8102,14	10,52	893,25	3785,41	1618,68

Fuente: INGEDISA S.A., 2023

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: CAP 5
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 66

#### 5.1.4.6 Dinámica fluvial

En la Tabla 5-29, se presenta el análisis multitemporal de la dinámica fluvial, a partir de fotografías aéreas, sensores remotos y otra información secundaria de diferentes épocas para la fuente que fueron identificadas de acuerdo con la evaluación de impactos, así como las posibles alteraciones de su régimen natural, en donde se tomó el año 2010 como el inicio del análisis, seguido por 2014, 2017 y 2022. Se identifica el aumento de la ocupación por actividades antrópicas sobre el costado occidental del área de influencia físico – biótica paisaje principalmente del desde el año 2017, lo que ejerce una alta presión sobre los ecosistemas hídricos presente en el área de influencia, para el caso del año 2010 se presenta un ligero aumento del área de los ecosistemas hídricos tenido en cuenta las alteraciones sobre el régimen hidrológico por la ocurrencia del fenómeno de la Niña, en el cual se presentaron fuertes inundaciones producto de rebosamiento de los sistemas lenticos, quienes vieron superada su capacidad de retención de flujos y/o pulsos de inundación; se aclara el estudio de impacto ambiental proyecto “Subestación eléctrica Guaymaral y sus líneas de transmisión a 115 kv”, no contempla que se vean afectadas fuentes hídricas por el proyecto de manera directa por consiguiente el análisis de dinámica fluvial se realizó de manera general para el área de influencia físico – biótica paisaje.

**Tabla 5-29 Análisis multitemporal del área de influencia físico, biótica y paisaje.**

2022	2017
	






Fuente: INGEDISA S.A., 2023.

#### 5.1.4.6.1 Amenaza por inundaciones

Una vez consultada la información de la evaluación de amenaza por inundaciones realizada



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: CAP 5
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 69

en el Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá<sup>85</sup>, se identificó que la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) no cuenta con la estimación de amenaza por consiguiente se procedió a realizar la estimación a través de la aplicación de la metodología de evaluación de geoformas y eventos amenazantes, como se enuncia en el capítulo 2 generalidades.

Una vez consultada la información de la evaluación de amenaza por inundaciones realizada en el Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá<sup>86</sup>, se identificó que la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) no cuenta con la estimación de este fenómeno amenazante por consiguiente, se procedió a realizar la estimación de amenaza por inundaciones para el área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) a través de un análisis geomorfológico - histórico, donde se efectuó una interpretación de las geoformas y relieves de ambiente fluvial, aluvial y lacustrino a partir de imágenes satelitales, DEM, modelos de sombras y pendientes y análisis de la información histórica, como se enuncia en el capítulo 2 “Generalidades”.

Para dar inicio al proceso de evaluación se realizó un análisis de las subunidades geomorfológicas, las cuales corresponden a geoformas generadas a lo largo de un sistema fluvial como resultado de los procesos erosivos y de acumulación que varían en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos. Cada subunidad se identifica según el material del depósito, morfogénesis, pendientes, contrastes morfológicos (rugosidad, curvatura, etc.) y cronología<sup>87</sup> siendo esta última característica la que permite determinar las áreas susceptibles a inundarse según la temporalidad de procesos (activos, intermitentes o antiguos). Este parámetro fue analizado con base en las unidades geomorfológicas según Carvajal.

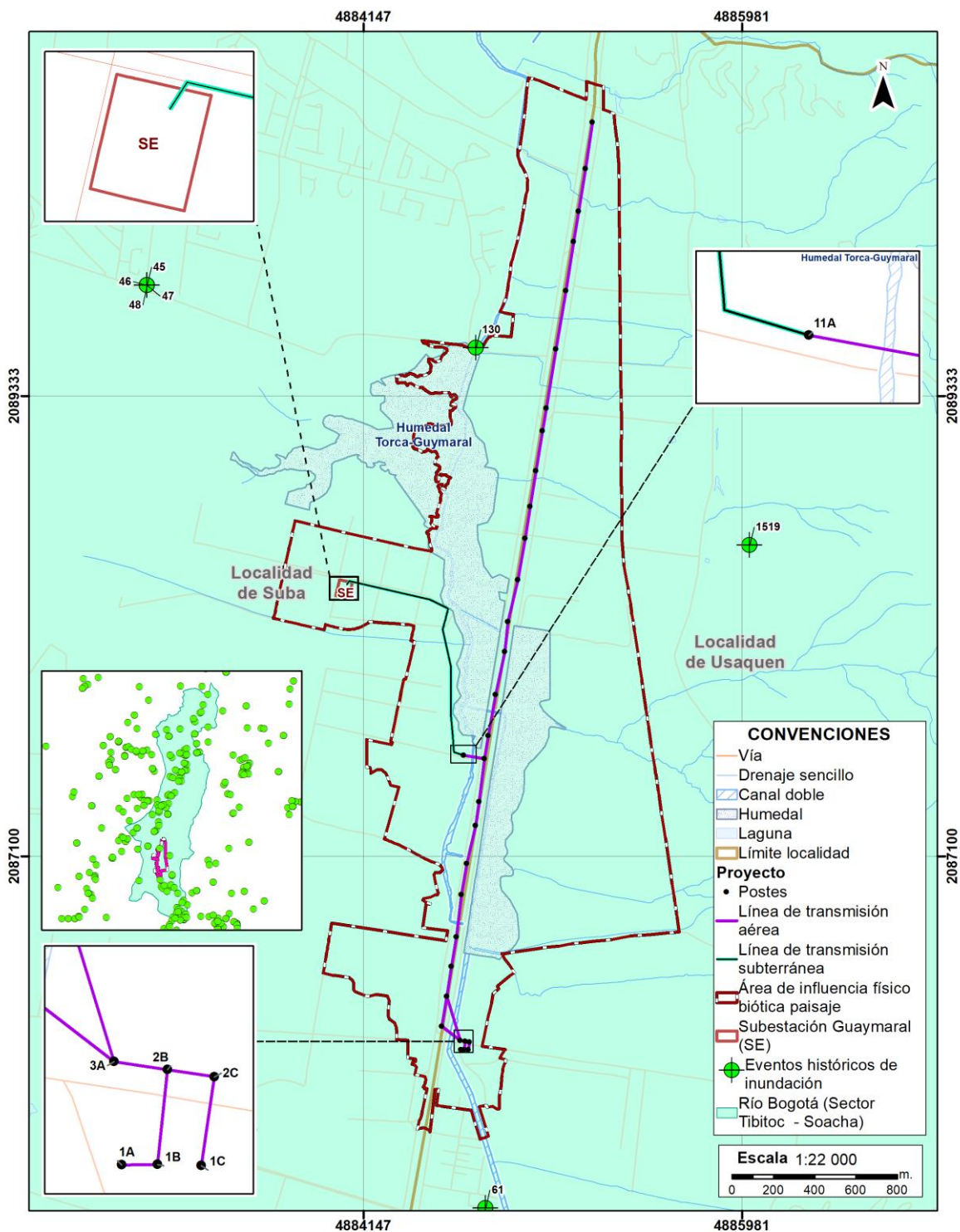
Las subunidades como los deltas desborde, generalmente son susceptibles a inundarse por las bajas pendientes y están ligadas en su desarrollo a un sistema fluvial relacionadas con la inundación de zonas con un bajo índice de relieve durante la época de alta pluviosidad asociadas al desborde temporal del río sobre terrazas o planos de inundación; estas unidades, al estar asociadas a las corrientes hídricas y estar constituidas por materiales finos arcillosos aumentan su cota de nivel, durante las temporadas de lluvias y afectan planos anegadizos, constituyéndolos como depósitos fluvio-lacustres (limosos y arcillosos) de encharcamiento temporal, que de manera general bordean las cuencas de decantación, generados por el desbordamiento y dinámica natural del río. Posteriormente los fenómenos localizados y evaluados son todos aquellos que hacen parte del inventario de inundaciones en el área de influencia físico – biótica paisaje (FBP). Estos registros son fundamentales, pues a partir de ellos se castigan las Subunidades Geomorfológicas que participan en el modelamiento de la amenaza por inundaciones. Dentro de la base de datos de eventos amenazantes han ocurrido dentro de los últimos quince años, lo que los califica con una recurrencia alta (ver Figura 5-11).

<sup>85</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>86</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>87</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA ET AL. Actualización Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Recio y Venadillo [en línea]. Ibagué. 2018.

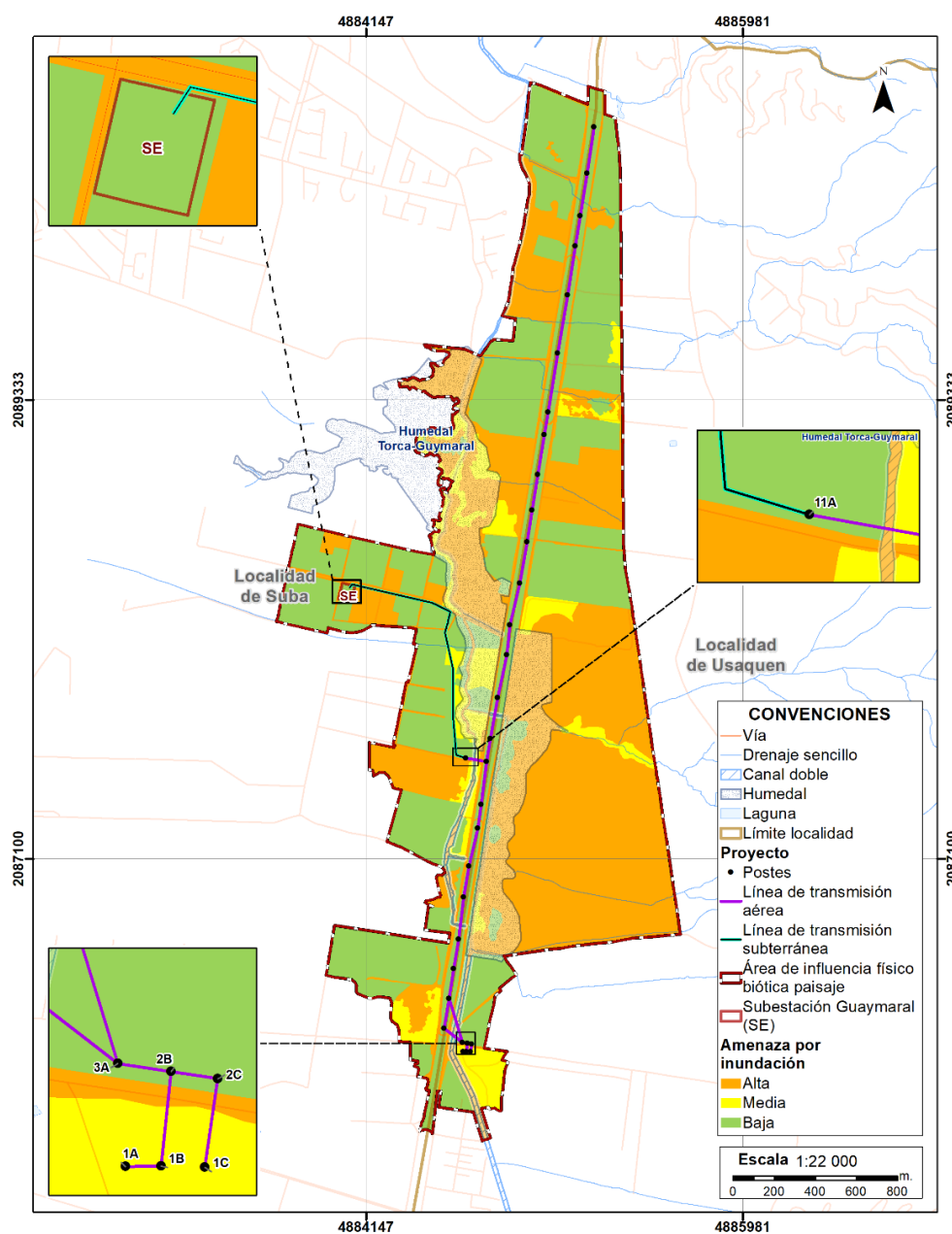
Figura 5-11 Recurrencia de inundaciones




Fuente: INGEDISA S.A., 2023.

Finalmente considerando la evaluación de las geoformas y la recurrencia de los eventos amenazantes, se estimó la amenaza por inundaciones en el área de influencia físico – biótica paisaje (FBP), en donde 226,41 ha son clasificadas con amenaza alta (ver Figura 5-12).

**Figura 5-12 Amenaza por inundaciones**



Fuente: INGEDISA S.A., 2023.

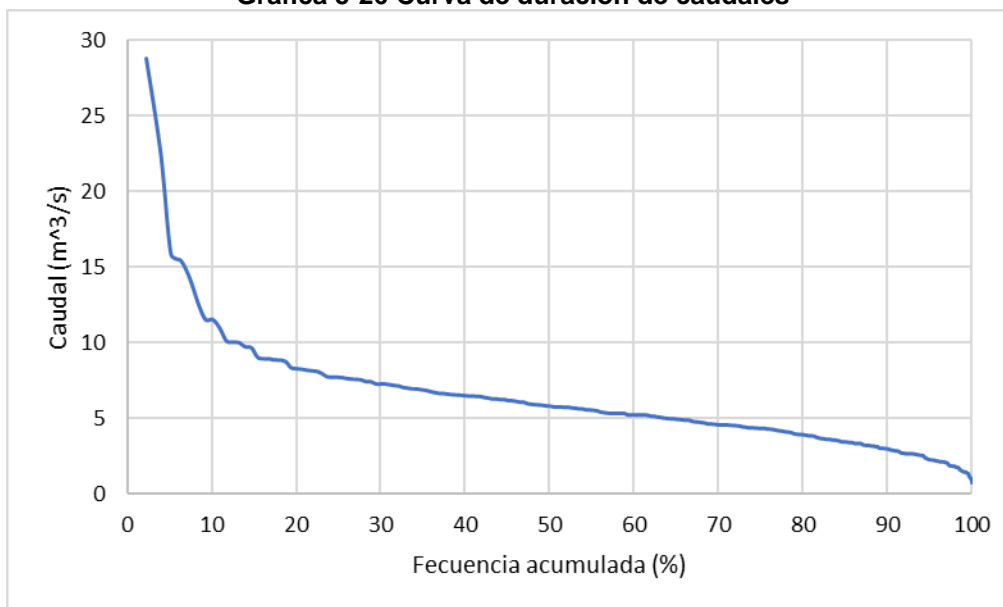
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: CAP 5</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 72</b>

En general, las zonas de amenaza media abarcan 33,48 ha, en estas zonas no se cuenta con la ocurrencia de eventos amenazantes adicionalmente, en donde no hay un aumento en el índice de relieve, se catalogaron como zonas de amenaza baja finalmente con 192,65 ha y que están principalmente relacionadas con laderas de pendiente y estructurales.

#### 5.1.4.7 Curva de duración de caudales

La curva de duración de caudales se utiliza para medir la proporción de ocurrencia de los caudales altos y bajos, demostrando el porcentaje de tiempo en que el flujo (caudal) de una corriente es superior o igual a un valor dado, sin tener en cuenta la información de las secuencias temporales de los flujos en un sitio, de la misma forma son empleadas en estudios de aprovechamiento hidráulico, de regionalización y en la definición de caudal ecológico y ambiental (IDEAM, 2014). Para complementar el análisis hidrológico, se desarrolló para la cuenca del proyecto la curva de duración de caudales para conocer los resultados de la frecuencia de los caudales medios mensuales, lo que demuestra una aproximación de la probabilidad de ocurrencia de que dichos caudales, puedan ser igualados o excedidos (ver Gráfica 5-26).

**Gráfica 5-26 Curva de duración de caudales**

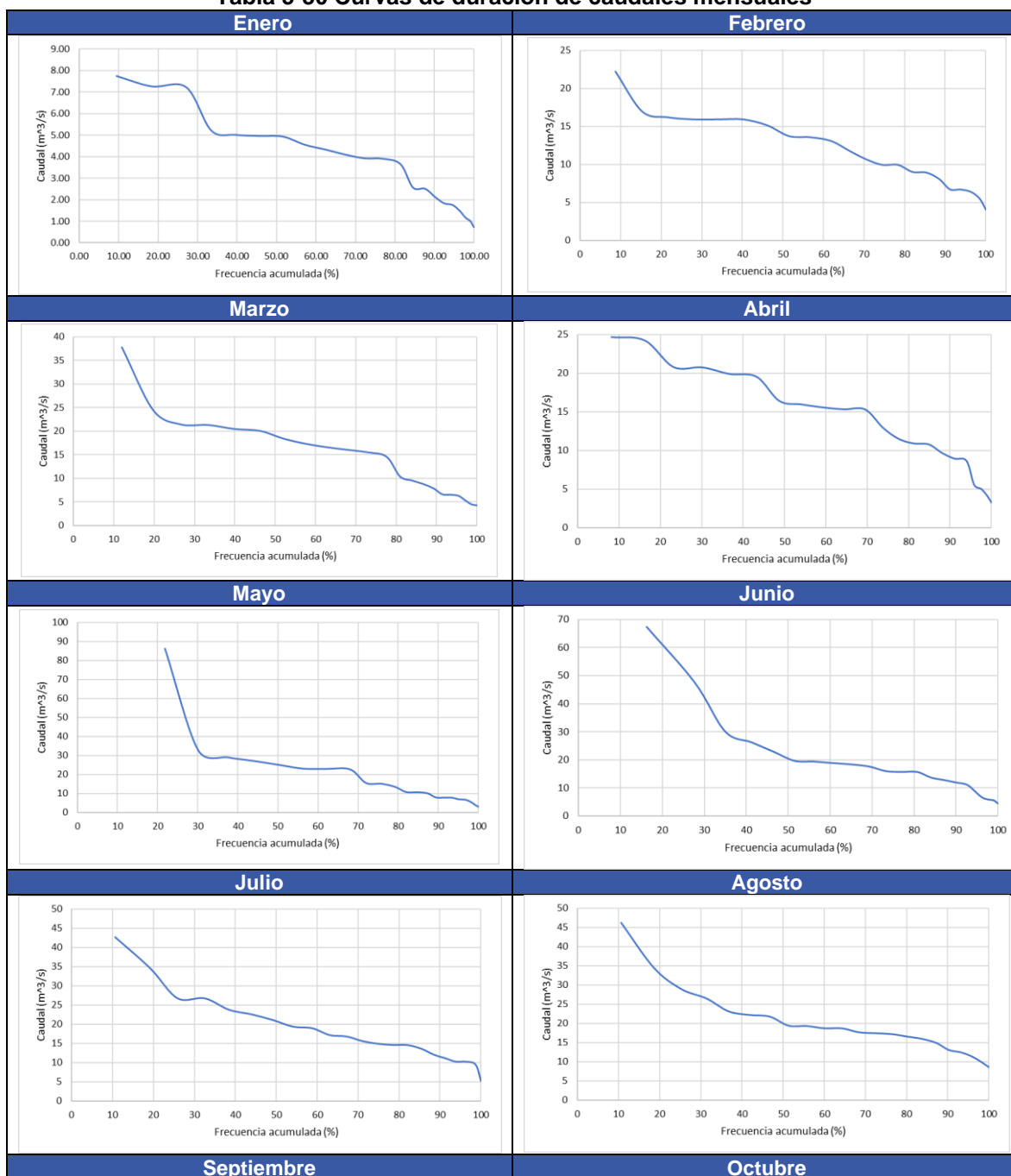


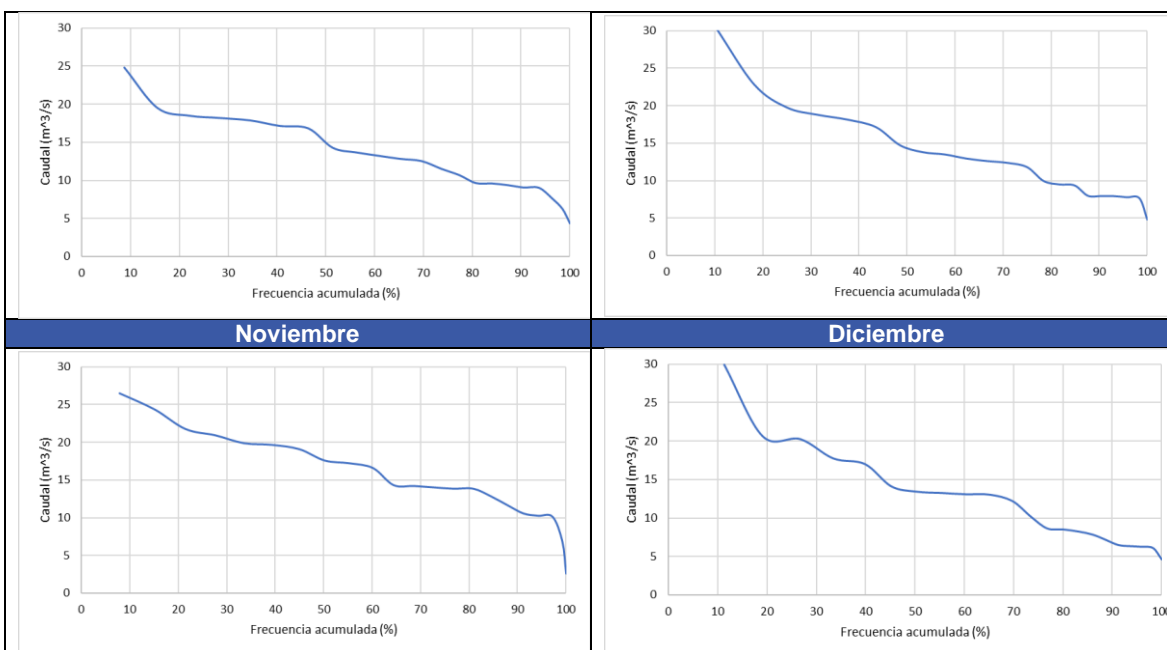
Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>88</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

En la Tabla 5-30 se puede observar las curvas de duración de caudal a escala mensual estimadas para cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje, estas fueron diseñadas a partir de caudal medio de las estaciones Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino, de los resultados gráficos se identifica que los valores mayores tienen una menor probabilidad de ocurrencia, mientras que los caudales con valores menores tienden a presentarse con mayor frecuencia.

<sup>88</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

**Tabla 5-30 Curvas de duración de caudales mensuales**





Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>89</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

En cuanto a la cuenca asociada al Drenaje Canal Guaymaral, al tratarse de un canal artificial cuya función es conducir las aguas lluvias cuando se registren eventos de precipitación en la zona, no es aplicable realizar un análisis de curva de duración de caudales.

#### 5.1.4.8 Índice de aridez

Para establecer el índice de aridez se tuvo en cuenta el ejercicio del balance hídrico, en donde se seleccionó los resultados de las estaciones más próximas a la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica paisaje (FBP) para posteriormente realizar una interpolación con dicha variable, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5-31.

**Tabla 5-31 Índice de aridez**

ETP	ETR	Descripción
71,64	65,63	Moderado

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>90</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

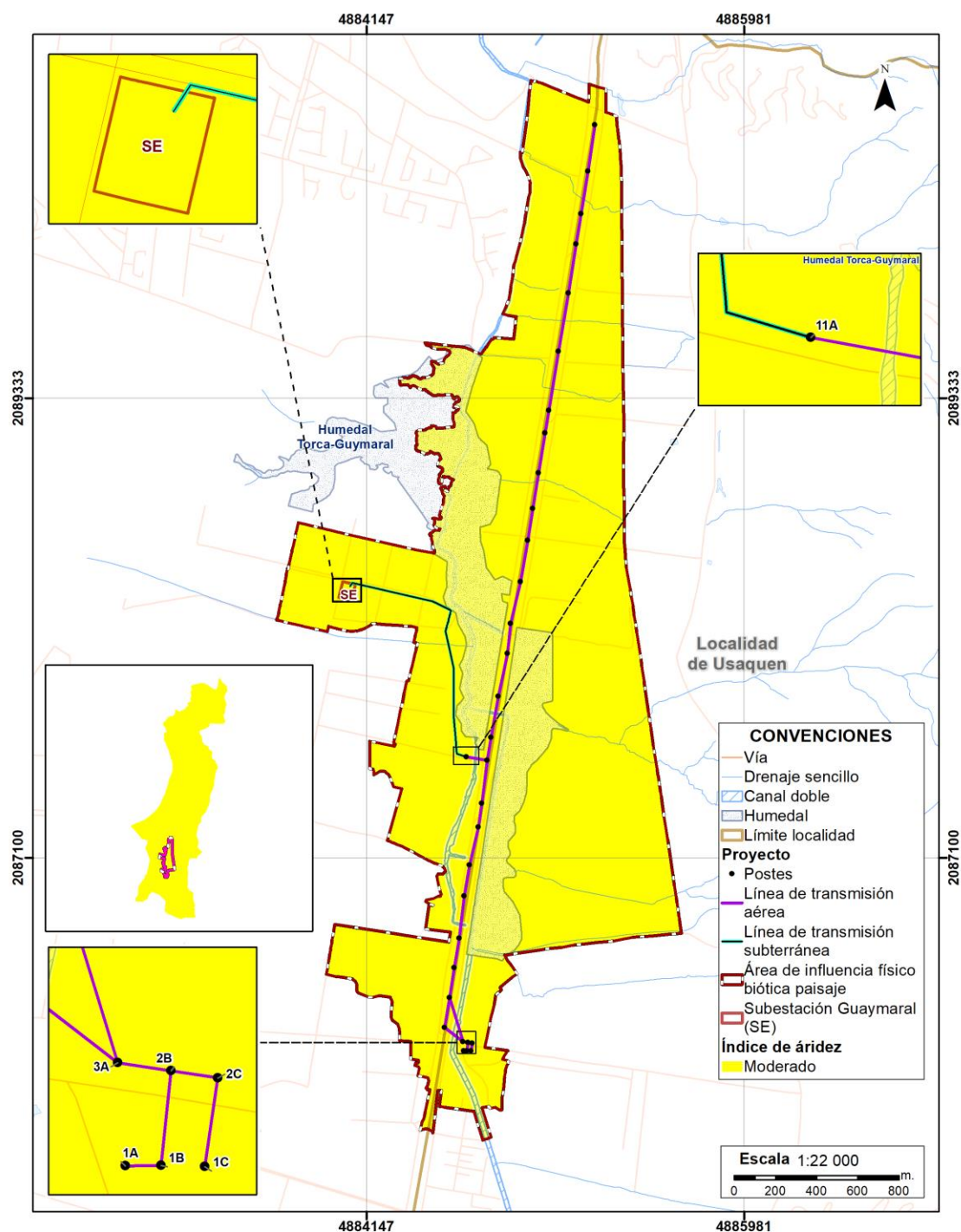
De este modo, el índice de aridez para la cuenca aferente al área de influencia físico – biótica del proyecto se encuentra entre las categorías de Moderado, esta información se puede visualizar en la Figura 5-13, lo cual refleja el grado de suficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de la cuenca.

<sup>89</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

<sup>90</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5



Figura 5-13 Índice de aridez en el área físico-biótica paisaje (FBP)



Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>91</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

<sup>91</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5



En cuanto a la cuenca asociada al Drenaje Canal Guaymaral, al tratarse de un canal artificial cuya función es conducir las aguas lluvias cuando se registren eventos de precipitación en la zona, no es aplicable realizar un análisis de índice de aridez.

#### 5.1.4.9 Índice retención y regulación hídrica

El IDEAM<sup>92</sup>, define como el índice que mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas hidrográficas, teniendo como base la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios, puede tomar valores entre cero y uno, siendo valores mayores correspondiente a una capacidad alta de regulación. A partir de la descripción anterior, se definió el índice de regulación hídrica para la cuenca aferente al área de influencia físico-biótica paisaje (FBP), obteniendo los resultados generales presentados en la Tabla 5-32.

**Tabla 5-32 Índice de retención y regulación en el área físico-biótica**

VP (m³/s)	VT (m³/s)	IRH	DESCRIPCIÓN
20,24	25,79	0,78	Alta retención y regulación de humedad

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>93</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la estimación del índice de retención y regulación hídrica, se observa que la cuenca aferente al área influencia físico-biótica paisaje (FBP) posee una “alta”, este índice guarda una amplia relación con los parámetros morfométricos bajo la perspectiva de que en la Cuenca predomina el rango de pendiente denominado ligeramente inclinado (3-7%) ocupando un 31,21 % del área total se determinó un tiempo de concentración de 1618,68 minutos que convertido a horas registra un valor de 26 horas reflejando un tiempo alto en la evacuación de flujos de agua sumado a la existencia de números ecosistemas lenticos que almacenan los pulsos hídricos provenientes de las zonas con altas pendientes.

En cuanto a la cuenca asociada al Drenaje Canal Guaymaral, al tratarse de un canal artificial cuya función es conducir las aguas lluvias cuando se registren eventos de precipitación en la zona, no es aplicable realizar un análisis de índice de retención y regulación hídrica.

#### 5.1.4.10 Caudal ambiental

Teniendo en cuenta la ausencia de registros de caudales medios mínimos diarios, se realizó la estimación de los caudales ambientales a partir caudales medios mensuales. Para ello se consideró la totalidad del registro mensual homogéneo, consistente y casi completo en las estaciones Puente Vargas, La Balsa Chía y El Espino. Seguidamente, se efectuó un análisis de frecuencias de eventos mínimos extremos para la serie anual antes construida, para la distribución de probabilidad de mejor ajuste y se seleccionó el caudal

<sup>92</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Op.cit.,p.5

<sup>93</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit.,p.5

correspondiente al período de retorno de 10 años, que resulta ser el 7Q10<sup>94</sup>. En la Tabla 5-33, se consolidan los resultados de la estimación del caudal ambiental a escala mensual, siendo el mes de marzo el que presenta menor valor (1,66 m<sup>3</sup>/s) y en el mes de julio se estimó el valor pico (9,25 m<sup>3</sup>/s), estos valores están relacionados con las necesidades mínimas en cuanto a disponibilidad del recurso hídrico para el funcionamiento de estos.

**Tabla 5-33 Caudales ambientales (7Q10) mensuales.**

Caudal ambiental (m <sup>3</sup> /s)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	3,54	5,62	1,66	5,49	3,73	6,39	9,25	11,21	6,91	6,72	7,97	5,46

Fuente: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA<sup>95</sup>, adaptado por INGEDISA S.A., 2023.

En cuanto a la cuenca asociada al Drenaje Canal Guaymaral, al tratarse de un canal artificial cuya función es conducir las aguas lluvias cuando se registren eventos de precipitación en la zona, no es aplicable realizar un análisis de caudales ambientales.

#### 5.1.4.11 Oferta hídrica

La oferta hídrica total corresponde al volumen de agua que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Es el agua que fluye por la superficie de suelo, que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cauces de los ríos y/o en los cuerpos de agua lénticos (IDEAM, 2014).

Por su parte la oferta hídrica disponible obedece al volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la oferta hídrica total superficial (OHTS) el volumen de agua que garantizaría el uso para el funcionamiento de los ecosistemas y de los sistemas fluviales. y -en alguna medida- un caudal mínimo para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas a estos ecosistemas (IDEAM, 2014).

Este volumen que garantiza el funcionamiento de los ecosistemas y de los sistemas fluviales se conoce como caudal ambiental, el cual se estimó a partir del análisis de frecuencias de eventos mínimos extremos para la serie anual antes construida, para la distribución de probabilidad de mejor ajuste y se seleccionó el caudal correspondiente al período de retorno de 10 años, que resulta ser el 7Q10<sup>96</sup>. En la Tabla 5-34, se consolidan los valores de la oferta hídrica total, disponible y caudal ambiental a escala mensual, de estos resultados se destaca que durante los meses de mayo y junio se tiene la mayor oferta

<sup>94</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL. Metodología para la estimación y evaluación del caudal ambiental en proyectos que requieren licencia ambiental. [en línea]. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2013. Disponible en: [https://www.anla.gov.co/documentos/ciudadania/03\\_partic\\_ciudadana/con-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.anla.gov.co/documentos/ciudadania/03\\_partic\\_ciudadana/con-pub/Metodologia\\_Caudal\\_Ambiental.pdf](https://www.anla.gov.co/documentos/ciudadania/03_partic_ciudadana/con-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.anla.gov.co/documentos/ciudadania/03_partic_ciudadana/con-pub/Metodologia_Caudal_Ambiental.pdf)

<sup>95</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit., p.5

<sup>96</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL. Metodología para la estimación y evaluación del caudal ambiental en proyectos que requieren licencia ambiental. [en línea]. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2013. Disponible en: [https://www.anla.gov.co/documentos/ciudadania/03\\_partic\\_ciudadana/con-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.anla.gov.co/documentos/ciudadania/03\\_partic\\_ciudadana/con-pub/Metodologia\\_Caudal\\_Ambiental.pdf](https://www.anla.gov.co/documentos/ciudadania/03_partic_ciudadana/con-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.anla.gov.co/documentos/ciudadania/03_partic_ciudadana/con-pub/Metodologia_Caudal_Ambiental.pdf)

hídrica disponible, esto en relación con la ocurrencia de altas precipitaciones mientras que, durante el primer trimestre del año se posee la menor oferta.

**Tabla 5-34 Oferta hídrica total y disponible**

Variables (m³/s)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Oferta total	11,16	11,66	14,33	13,66	17,99	18,85	18,29	19,75	13,00	13,26	15,40	12,06
Caudal ambiental	3,54	5,62	1,66	5,49	3,73	6,39	9,25	11,21	6,91	6,72	7,97	5,46
Oferta disponible	7,62	6,04	12,67	8,17	14,26	12,46	9,04	8,54	6,09	6,54	7,43	6,60

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2022), adaptado por INGEDISA S.A., 2022

En cuanto a la cuenca asociada al Drenaje Canal Guaymaral, al tratarse de un canal artificial cuya función es conducir las aguas lluvias cuando se registren eventos de precipitación en la zona, no es aplicable realizar un análisis de oferta hídrica total y disponible, considerando también que este cuerpo de agua artificial no presta ningún servicio ecosistémico de aprovisionamiento.


#### 5.1.4.12 Conclusiones

De acuerdo con la zonificación hidrográfica establecida por el IDEAM en el informe de “Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia”<sup>97</sup> y Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá<sup>98</sup>, el área de influencia físico - biótica paisaje (FBP) se localiza en el área hidrográfica del Magdalena – Cauca (2), zona hidrográfica Alto Magdalena (21), en la subzona hidrográfica del Río Bogotá (2120), en Río Bogotá (Sector Tibitoc - Soacha) (2120-07), específicamente en la microcuenca de la Río Bogotá (sector Tibitoc – Chía) (2120-0704). El régimen hidrológico presenta un comportamiento bimodal con dos periodos de caudales altos, el primero se presenta entre los meses de mayo a julio y nuevamente entre octubre a noviembre, es en este último es donde se presenta el caudal pico (9,74m³/s) de la cuenca registrado por la estación La Balsa Chía mientras que, las estaciones Puente Vargas y El Espino registran sus valores pico en el mes de mayo. Durante el primer trimestre del año se presenta el primer periodo de estiaje producto de las bajas precipitaciones presentes en estos meses; mientras que los otros meses presentan caudales relativamente altos comparados con el primer trimestre del año.

En la estación La Balsa Chía (2120742) se registra una media mensual multianual de 7,26 m³/s siendo esta la más alta de las tres estaciones así mismo, el caudal que se registra con mayor frecuencia (moda) en esta estación es de 3,37 m³/s, a 2011. Para el caso de la estación Puente Vargas (2120734), se tiene un valor medio de 5,92 m³/s y una moda de 4,48 m³/s; en la estación de registra un valor medio de 3,11 m³/s. Finalmente, los valores extremos identificados en las tres estaciones corresponden a los registros de eventos de crecientes máximas presentados durante la ocurrencia del fenómeno de la “niña” entre los años 2010.


<sup>97</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia [en línea]. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Metrología y Estudios Ambientales. 2013. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/MEMORIAS-MAPA-ZONIFICACION-HIDROGRAFICA.pdf>

<sup>98</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Op.cit., p.5

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: CAP 5</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 79</b>

El régimen de lluvias predominante en el área de influencia físico - biótica paisaje (FBP) del proyecto se caracteriza por tener un comportamiento bimodal del régimen de precipitaciones, con dos épocas lluviosas y dos secas al año. La primera época seca entre diciembre y febrero, la primera época lluviosa va de marzo a mayo, la segunda época seca de junio a septiembre y la segunda época lluviosa de octubre a noviembre, en esta última es donde mayor volumen de precipitación se presenta con valores máximos de 126,74 mm. Los valores obtenidos para en los registros determinan la distribución espacial de la precipitación en el área de influencia físico-biótica. En el primer trimestre del año se presentan temperaturas medias de 13,8 °C, posteriormente desde el mes de mayo hasta el mes de julio se presenta una disminución en la temperatura hasta obtener un valor promedio de 13 °C, y en el mes de agosto, comienza a aumentar la temperatura paulatinamente hasta el mes de diciembre. Se identificó que la cuenca tiene una baja susceptibilidad ante la ocurrencia de crecientes súbitas así mismo, el coeficiente de compacidad reflejó que es una cuenca clasificada como “De oval oblonga a rectangular oblonga”, lo que permite interpretar que la cuenca tiene una alta capacidad de concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento provenientes de eventos hidrológicos con recurrencia anual o mayor, durante los cuales es posible la ocurrencia de desbordes desde los el canal de aguas mínimas que fluye de hacia el norte y de manera paralela a la Autopista Norte, para el caso de la mayor cuenca de aporte proveniente de la zona sur, así como de los aportes de los eventos hidrológicos puntuales a través de los escasos cauces existentes para las quebradas que confluyen desde la zona oriental hacia este sector del Humedal.

Se obtuvo que en cuenca Río Bogotá (sector Tbitoc – Chia) el 31,21% del área total tiene un pendiente ligeramente inclinado seguida por el 19,69% Moderadamente inclinada, así mismo se observa que se presentan altas pendientes asociadas a la zona oriental de la cuenca, lo que aumenta la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa que se generan en este tipo de terrenos, sumado a la acción de la fuerza de la gravedad, bajo la influencia de ciertos factores como son el agua, los eventos sísmicos, la aplicación de carga excesiva, las excavaciones para la adecuación de viviendas o la apertura de senderos y vías, entre otros, igualmente se estimó la elevación media de la cuenca en donde se obtuvo una elevación de 2667,26 msnm. Bajo la perspectiva de que en la Cuenca predomina el rango de pendiente denominado ligeramente inclinado (3-7%) ocupando un 31,21 % del área total se determinó un tiempo de concentración de 1618,68 minutos que convertido a horas registra un valor de 26 horas reflejando un tiempo alto en la evacuación de flujos de agua sumado a la existencia de números ecosistemas lenticos que almacenan los pulsos hídricos provenientes de las zonas con altas pendientes. se destaca que durante los meses de mayo y junio se tiene la mayor oferta hídrica disponible, esto en relación con la ocurrencia de altas precipitaciones mientras que, durante el primer trimestre del año se posee la menor oferta.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: CAP 5
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 80

## BIBLIOGRAFÍA

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Histórico de series hidrometeorológicas [sitio web]. Bogotá D.C. (consultado 03 de octubre de 2023). Disponible en: <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>

INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Descarga de datos [sitio web]. Bogotá D.C. (consultado 03 de octubre de 2023). Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Geo portal [sitio web]. Bogotá D.C. (consultado 03 de octubre de 2023). Disponible en: <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, et al. Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá. Bogotá D.C, 2017.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Decreto 555 (29, diciembre, 2021). Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá [en línea]. En: Secretaría Distrital de Planeación Bogotá D.C, diciembre 30 de 2021. Disponible en: [https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/generales/pot\\_digital.pdf](https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/generales/pot_digital.pdf)

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental - EIA para proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17 [en línea]. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2018. Disponible en:

[https://www.anla.gov.co/documentos/normativa/terminos\\_referencia/tdr\\_eia\\_sist\\_trans.pdf](https://www.anla.gov.co/documentos/normativa/terminos_referencia/tdr_eia_sist_trans.pdf)  
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia [en línea]. Bogotá D.C: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2013. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/MEMORIAS-MAPA-ZONIFICACION-HIDROGRAFICA.pdf>

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA ET AL. Actualización Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Recio y Venadillo [en línea]. Ibagué. 2018.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL. Metodología para la estimación y evaluación del caudal ambiental en proyectos que requieren licencia ambiental. [en línea]. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2013. Disponible en:

[chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.anla.gov.co/documentos/ciudadania/03\\_partic\\_ciudadana/con-pub/Metodologia\\_Caudal\\_Ambiental.pdf](chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.anla.gov.co/documentos/ciudadania/03_partic_ciudadana/con-pub/Metodologia_Caudal_Ambiental.pdf)

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES.

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</b>	<b>CÓDIGO: CAP 5</b>
		<b>VERSIÓN: 00</b>
		<b>PÁG. 81</b>

Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia [en línea]. Bogotá D.C: Instituto de Hidrología, Metrología y Estudios Ambientales.2013. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/MEMORIAS-MAPA-ZONIFICACION-HIDROGRAFICA.pdf>