METEOROLOGÍA

TABLA DE CONTENIDO

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA 1
5.1 MEDIO ABIÓTICO 1
5.1.8 ATMOSFERA 1
5.1.8.1 METEREOLOGÍA 1

LISTA DE TABLAS

Tabla 5.1.8.1.1 Estaciones utilizadas en la caracterización de temperaturas del área de estudio 2

Tabla 5.1.8.1.2 Temperatura máxima, media y mínima diaria para las estaciones analizadas 3

Tabla 5.1.8.1.3 Ciclos medios mensuales de temperatura para cada una de las estaciones analizadas 4

Tabla 5.1.8.1.4 Promedio de la temperatura máxima, media y mínima a escala multianual para cada una de las estaciones analizadas 4

Tabla 5.1.8.1.5 Estaciones para caracterizar la presión atmosférica 11

Tabla 5.1.8.1.6 Valores medios mensuales y multianuales de presión atmosférica para cada uno de los puntos de valoración empleados 11

Tabla 5.1.8.1.7 Estaciones pluviométricas del IDEAM utilizadas para el análisis de lluvias en el área de caracterización climática 14

Tabla 5.1.8.1.8 Valores medios mensuales de precipitación para cada una de las estaciones IDEAM en el área de caracterización climática 15

Tabla 5.1.8.1.9 Valores de precipitación extrema asociados a los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25, 50, 100 y 500 años para las estaciones IDEAM utilizadas 16

Tabla 5.1.8.1.10 Estaciones IDEAM utilizadas en la caracterización de la humedad relativa sobre el área de estudio 23

Tabla 5.1.8.1.11 Promedio de la humedad relativa máxima, media y mínima a escala multianual anual para cada una de las estaciones IDEAM consultadas 25

Tabla 5.1.8.1.12 Humedad relativa máxima, media y mínima diaria para cada una de las estaciones IDEAM consultadas 25

Tabla 5.1.8.1.13 Ciclos medios mensuales de la humedad relativa para cada una de las estaciones IDEAM consultadas 26

Tabla 5.1.8.1.14 Valores medios mensuales y multianuales de radiación solar para cada uno de los puntos de análisis seleccionados 28

Tabla 5.1.8.1.15 Estaciones utilizadas en la caracterización de la velocidad y dirección del viento sobre el área de estudio 33

Tabla 5.1.8.1.16 Nubosidad según los rangos en octas 43

Tabla 5.1.8.1.17 Estación IDEAM utilizada en la caracterización de la nubosidad 43

Tabla 5.1.8.1.18 Promedio de la nubosidad media a escala anual para la estación Granja Experimental El Nus 45

Tabla 5.1.8.1.19 Nubosidad media diaria en octas para la estación Granja Experimental El Nus..... 45

LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1.8.1.1 Ubicación de estaciones climatológicas para caracterizar la temperatura 3
Figura 5.1.8.1.2 Caracterización de las temperaturas máximas, medias y mínimas en compañía de los ciclos mensuales de las estaciones que se ubican en el área de estudio 5
Figura 5.1.8.1.3 Ráster de temperaturas medias multianuales (5m x 5m) e Isotermas para el área de caracterización climática 6
Figura 5.1.8.1.4 Ráster de temperaturas (5m x 5m) e Isotermas a nivel mensual para el área de caracterización climática. 9
Figura 5.1.8.1.5 Ubicación del sitio con información satelital disponible del ERA5.. 10
Figura 5.1.8.1.6 Series horarias de presión atmosféricas extraídas sobre los puntos de análisis seleccionados..... 12
Figura 5.1.8.1.7 Distribución mensual de la presión atmosféricas sobre los puntos de análisis seleccionados 13
Figura 5.1.8.1.8 Ubicación de estaciones climatológicas para el análisis de la precipitación..... 15
Figura 5.1.8.1.9 Ciclos característicos de la precipitación para cada una de las estaciones IDEAM en el área de caracterización climática..... 16
Figura 5.1.8.1.10 Ajustes probabilísticos asociados a eventos extremos de precipitación para cada una de las estaciones IDEAM en el área de caracterización climática 17
Figura 5.1.8.1.11 Ráster de precipitaciones medias multianuales (5m x 5m) e Isoyetas para el área de caracterización climática 18
Figura 5.1.8.1.12 Ráster de precipitación (5m x 5m) e Isoyetas a nivel mensual para el área de caracterización climática 22
Figura 5.1.8.1.13 Ubicación de estaciones climatológicas para la caracterización de la humedad relativa..... 24
Figura 5.1.8.1.14 Caracterización de la humedad relativa máxima, media y mínima en compañía de los ciclos mensuales de las estaciones que se ubican en el área de estudio 27
Figura 5.1.8.1.15 Series medias diarias diurnas de radiación solar para las fuentes de información consultadas..... 29
Figura 5.1.8.1.16 Distribución mensual de la radiación solar para las fuentes de información consultadas 29
Figura 5.1.8.1.17 Perfil medio mensual a nivel horario obtenido del ERA5 30

Figura 5.1.8.1.18 Perfil medio mensual a nivel horario obtenido para la estación Providencia 31
Figura 5.1.8.1.19 Perfil medio mensual a nivel horario obtenido para la estación Cristales 31
Figura 5.1.8.1.20 Ubicación de las estaciones empleadas para la caracterización de la velocidad y dirección del viento 32
Figura 5.1.8.1.21 Rosas de viento anual, diurna y nocturna para la estación IDEAM Granja. Exp. El Nus [23085081] 34
Figura 5.1.8.1.22 Rosas de viento mensuales para la estación IDEAM Granja. Exp. El Nus [23085081] 36
Figura 5.1.8.1.23 Rosas de viento anual, diurna y nocturna para la estación GRAMALOTE Providencia 36
Figura 5.1.8.1.24 Rosas de viento mensuales para la estación GRAMALOTE Providencia 38
Figura 5.1.8.1.25 Rosas de viento anual, diurna y nocturna para la estación GRAMALOTE Cristales 39
Figura 5.1.8.1.26 Rosas de viento mensuales para la estación GRAMALOTE Cristales 41
Figura 5.1.8.1.27 Descripción de los vientos Catabáticos (literal A) y Anabáticos (literal B) 42
Figura 5.1.8.1.28 Flujo del viento bajo el efecto Fohen 42
Figura 5.1.8.1.29 Ubicación de estación climatológica para la caracterización de la nubosidad 44
Figura 5.1.8.1.30 Registros horarios histórico de Nubosidad (7:00 a.m., 1:00 p.m. y 6:00 p.m.) 44
Figura 5.1.8.1.31 Serie media diaria de la nubosidad para el área de caracterización45
Figura 5.1.8.1.32 Distribución mensual de la nubosidad para el área de la caracterización 46
Figura 5.1.8.1.35 Histogramas de comparación temperatura vs precipitación 48

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.8 ATMOSFERA

5.1.8.1 METEREOLOGÍA

5.1.8.1.1 Análisis de variables climatológicas

En este numeral se presenta la caracterización climatológica del área de influencia del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, el cual consiste en el análisis de las siguientes variables atmosféricas: (1) Temperatura, (2) Presión, (3) Precipitación, (4) Humedad relativa, (5) Radiación solar, (6) Vientos y (7) Nubosidad. Vale la pena destacar que lo anterior se efectúa con el propósito de identificar las tendencias y variaciones presentes sobre el área de influencia definida para la segunda modificación de licencia ambiental.

Respecto a la información utilizada se debe aclarar que en mayor medida las series temporales fueron obtenidas del Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), recurriendo a la consulta de fuentes secundarias solo para aquellas variables que no contaban con instrumentos de medida cercanos a la zona de interés (p. ej. presión atmosférica y radiación solar). Sobre este último aspecto acatando las recomendaciones expuestas en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales MGEPEA 2018 (MinAmbiente, 2018), dichos datos fueron extraídos de la misión espacial ERA 5 (ECMWF, s.f.)-ver información recopilada en ANEXOS_CARACTERIZACION_CLIMATOLOGÍA. La distribución espacial de las estaciones utilizadas se presenta en el mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-CAI-05-EST.

Adicionalmente, se debe resaltar que se contaron con los registros de las estaciones climatológicas Providencia y Cristales (ver Figura 5.1.8.1.1), las cuales pertenecen a la red de monitoreo instalada por GRAMALOTE en las inmediaciones del proyecto minero. Es importante aclarar que las series asociadas a dichos instrumentos solo cuentan con tres (3) años de observaciones, por lo que no cumplen con la longitud mínima establecida por los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Proyectos de Explotación Minera 2016 (MinAmbiente, 2016); razón por la cual estos datos solo serán utilizados para validar y corroborar las tendencias que son reflejadas por las mediciones del IDEAM.

Así mismo, teniendo en cuenta que el análisis de precipitaciones fue presentado a detalle en el numeral 5.1.1.2.6 del capítulo de hidrología., se opta en este capítulo en exponer una breve síntesis de los resultados previamente obtenidos, procediendo a ilustrar desde el comportamiento diario, mensual y multianual de las lluvias, hasta la distribución espacial anual de este parámetro sobre el área de influencia. Es de señalar que los criterios que fueron asumidos para valorar el comportamiento estadístico de esta variable son retomados y aplicados a su vez sobre los demás registros climatológicos que serán utilizados para la elaboración de la presente caracterización (ver en numeral 5.1.1.2.1 del capítulo de hidrología las medidas para evaluar los meses y años que pueden categorizarse como "completos"). Bajo el anterior contexto se presentan a continuación los análisis que fueron realizados para las variables atmosféricas inicialmente citadas.

5.1.8.1.2 Temperatura

La temperatura es una medida de la cantidad de calor presente en una muestra de aire, la cual es expresada en el Sistema Internacional de medida en grados Celsius (°C). Esta variable está altamente relacionada con la altura sobre el nivel del mar e influye a su vez sobre la densidad del aire, la presión atmosférica, la humedad relativa y otros fenómenos climáticos. Para la caracterización de este parámetro sobre el área de influencia se recurrió a las estaciones meteorológicas IDEAM, mientras que para corroborar sus tendencias se utilizó la instrumentación perteneciente a la red de monitoreo de GRAMALOTE (ver características en la Tabla 5.1.8.1.1 y ubicación en la Figura 5.1.8.1.1).

Los datos descargados de cada estación se presentan de manera detallada en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_00_Temp.

Es de precisar que mediante las series de tiempo (extraídas de las estaciones antes citadas), fueron valoradas para el área de influencia las temperaturas máximas, medias y mínimas a escala diaria, mensual y anual, así como los ciclos medios interanuales asociados a los puntos de monitoreo (ver Figura 5.1.8.1.2). A forma de resumen se exponen desde la Tabla 5.1.8.1.2 hasta la Tabla 5.1.8.1.4 los principales resultados de la caracterización estadística realizada.

Adicionalmente, en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_01_C_Temp. se presenta el procesamiento de la información que sustenta los resultados obtenidos.

Tabla 5.1.8.1.1 Estaciones utilizadas en la caracterización de temperaturas del área de estudio

Nombre	Código	Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)	Rango de años analizado	Años de registro	Datos faltantes
Granja. Exp. El Nus (IDEAM)	23085080	4.796.966,92	2.274.793,56	859	1.978-2.024	46	48,5%
Alejandría (IDEAM)	23085030	4.762.999,44	2.263.061,87	1.712	1.990-2.024	35	20,0%
Guayabito (IDEAM)	27015190	4.762.699,84	2.281.208,96	1.440	1.979-2.024	46	20,2%
Providencia (GRAMALOTE)	N/A	4.788.946,70	2.278.327,98	978	2.021-2.024	3	7,0%
Cristales (GRAMALOTE)	N/A	4.787.561,92	2.274.918,12	1278	2.021-2.024	3	4,6%

Fuente: Integral S.A., 2025

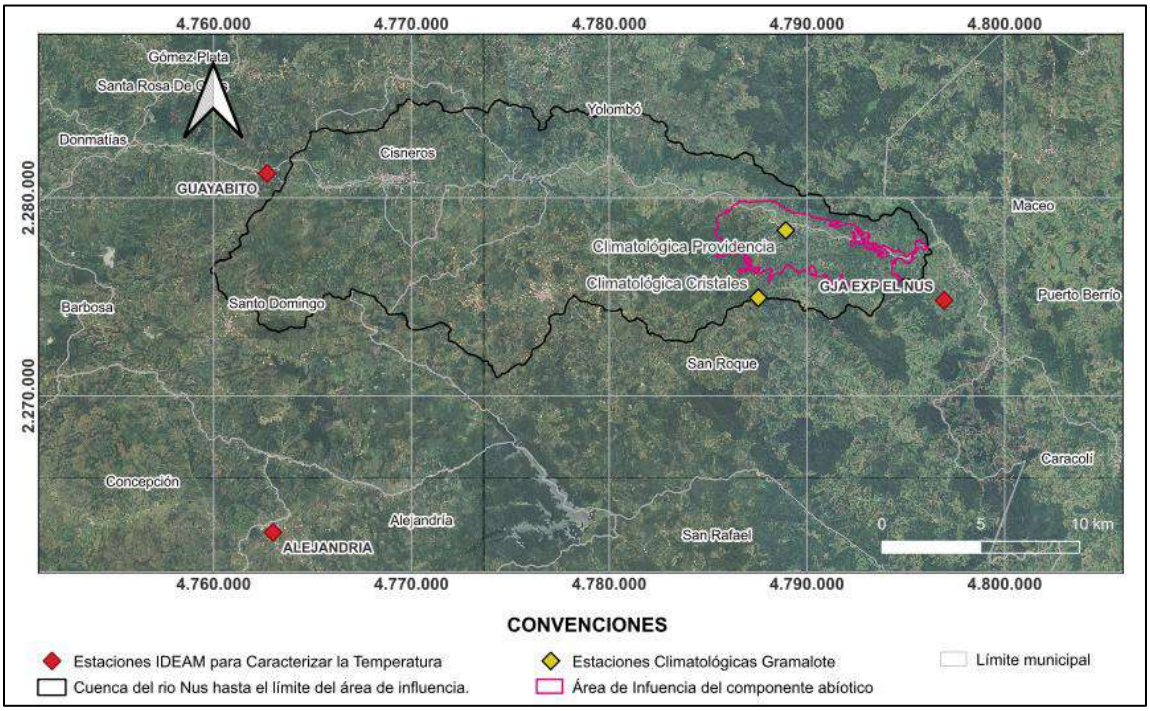


Figura 5.1.8.1.1 Ubicación de estaciones climatológicas para caracterizar la temperatura

Fuente: Integral S.A., 2025

Tabla 5.1.8.1.2 Temperatura máxima, media y mínima diaria para las estaciones analizadas

Temperatura Máxima diaria												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja Exp. Nus	34,2	36	35,2	34,2	35	35	32,8	33,2	32,4	32,2	33	38,4
Alejandría	28,6	28,6	28,6	28,4	28,6	28,8	28,4	28,8	28	28	27,4	27
Guayabito	32,4	34	35,6	33	34,2	34	33	33,4	34	32	32,6	32,6
Providencia	31,7	33,2	34,2	32,4	32,1	31,7	33,3	33,9	32,1	31	31	29,7
Cristales	28,7	30,5	31,3	30,1	30	29,8	30,1	29,8	29,5	28,5	28,5	28
Temperatura Media diaria												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja Exp. Nus	23,2	23,4	23,6	23,9	23,7	23,8	23,4	23,6	23,4	23,5	23,1	23,1
Alejandría	19,8	19,8	19,9	20,2	20,4	20,2	20	20,1	20	19,8	19,7	19,6
Guayabito	21,5	21,9	22	22,1	22,1	22	22,1	22,2	21,9	21,5	21,2	21,5
Providencia	22,6	23,5	23,9	23,6	23,8	23,5	23,7	23,6	23,6	23,2	22,9	23
Cristales	20,7	21,6	21,8	21,6	22,1	21,5	22,1	22	22,6	21,1	21	21
Temperatura Mínima diaria												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja Exp. Nus	12	11,6	15	15	15	11,2	11	11,2	13,2	12,4	13	10
Alejandría	11	10,2	11,4	12	11,2	10,4	9,6	11,8	10	12,4	12	11
Guayabito	12,8	11,6	15	15	15	11,2	11	11,2	13,2	12,4	13	10
Providencia	15,9	15,1	16,1	18	18,2	16,4	17	16,6	17,6	18,6	17,7	15,7
Cristales	16,1	16,4	16,4	16,2	16,1	15,9	16,1	16,2	16,4	16,5	16,5	15,5

Fuente: Integral S.A., 2025

Tabla 5.1.8.1.3 Ciclos medios mensuales de temperatura para cada una de las estaciones analizadas

Temperatura Máxima mensual												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja Exp. Nus	30,8	31,2	31,0	30,8	30,3	30,9	30,8	31,0	30,5	30,2	29,4	29,7
Alejandría	26,3	26,5	26,8	26,6	26,9	26,7	26,7	26,7	26,6	26,3	25,8	25,9
Guayabito	29,3	34,0	35,6	33,0	34,2	34,0	33,0	33,4	34,0	32,0	32,6	32,6
Providencia	31,2	31,7	32,1	31,3	31,4	30,7	31,5	32,2	30,8	30,6	29,9	29,7
Cristales	28,4	29,6	29,7	29,1	29,6	29,3	29,7	29,3	29,5	28,4	28,1	27,7
Temperatura Media mensual												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja Exp. Nus	23,2	23,4	23,6	23,9	23,7	23,8	23,4	23,6	23,4	23,5	23,1	23,1
Alejandría	19,8	19,8	19,9	20,2	20,4	20,2	20,0	20,1	20,0	19,8	19,7	19,6
Guayabito	21,5	21,9	22,0	22,1	22,1	22,0	22,1	22,2	21,9	21,5	21,2	21,5
Providencia	22,6	23,5	23,9	23,6	23,8	23,5	23,7	23,6	23,6	23,2	22,9	23,0
Cristales	20,7	21,6	21,8	21,6	22,1	21,5	22,1	22,0	22,6	21,1	21,0	21,0
Temperatura Mínima mensual												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja Exp. Nus	15,6	16,1	16,8	17,1	17,5	16,6	16,4	16,1	16,8	17,1	17,2	16,2
Alejandría	12,6	12,5	13,2	13,7	14,0	13,5	13,1	13,3	13,6	13,7	13,5	13,0
Guayabito	14,2	14,4	14,5	14,8	14,9	14,9	14,6	14,6	14,7	14,8	14,7	14,4
Providencia	16,1	16,1	16,2	18,4	18,5	16,9	17,6	17,6	18,1	18,8	18,2	16,2
Cristales	16,3	16,7	17,2	17,2	17,1	16,9	17,1	16,6	16,4	16,8	17,0	15,7

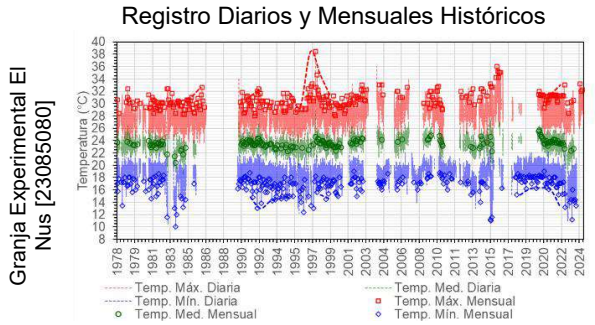
Nota: Para los análisis realizados solo se tomaron aquellos meses que son considerados como “completos”, es decir, aquellos periodos que poseían un porcentaje de datos faltantes inferior al 10% (3 días).

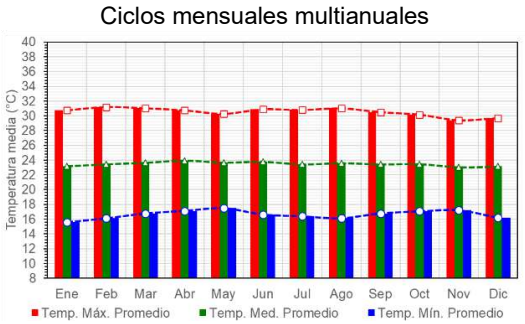
Fuente: Integral S.A., 2025

Tabla 5.1.8.1.4 Promedio de la temperatura máxima, media y mínima a escala multianual para cada una de las estaciones analizadas

Temperatura	Gja Exp. El Nus	Alejandría	Guayabito	Providencia	Cristales
Máxima	32,2	27,4	31,6	32,8	29,7
Media	23,5	19,9	21,8	23,3	21,4
Mínima	13,0	9,6	11,0	15,1	15,9

Fuente: Integral S.A., 2025





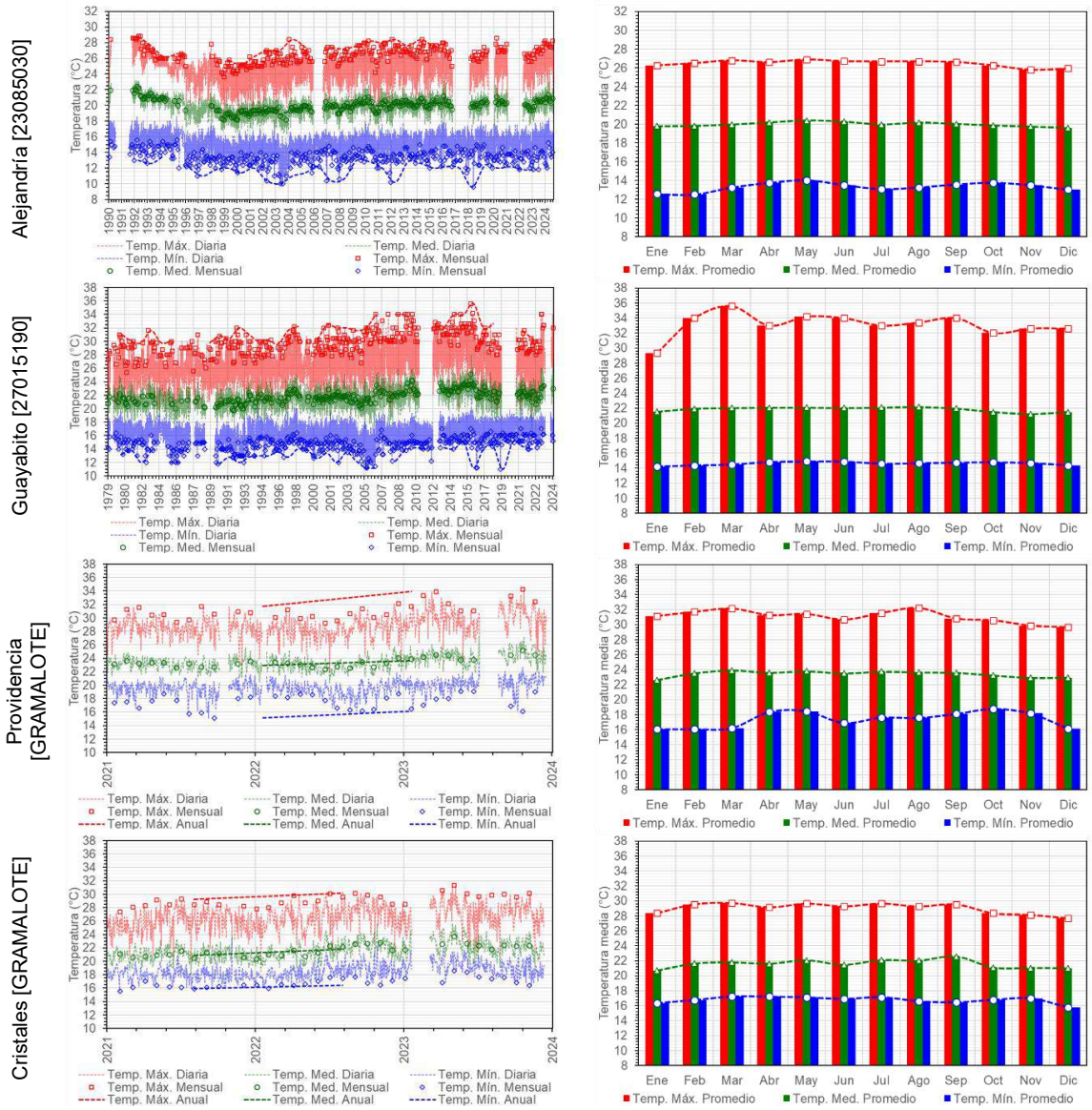


Figura 5.1.8.1.2 Caracterización de las temperaturas máximas, medias y mínimas en compañía de los ciclos mensuales de las estaciones que se ubican en el área de estudio

Fuente: Integral S.A., 2025

Al analizar los datos anteriormente presentados se logra observar un comportamiento térmico estable en lo referente a su variabilidad media interanual, hecho que a priori imposibilita la identificación de los periodos cálidos y húmedos que se relacionan con los veranos e inviernos dentro del área de influencia.

En este sentido al valorar el comportamiento exhibido por las estaciones Granja Experimental El Nus [23085080], Alejandría [23085030] y Guayabito [27015190]; se observa que sus temperaturas promedio mensuales presentan variaciones que se encuentran por debajo de 1°C. Este fenómeno puede ser atribuido a la poca oscilación que

manifiesta la radiación solar sobre la zona de caracterización climática (ver análisis en numeral 5.1.8.1.6), la nubosidad y las coberturas vegetales existentes sobre el sector.

Bajo el anterior contexto se logra identificar que la temperatura media multianual puede oscilar sobre los anteriores puntos de monitoreo entre los 19,9°C y los 23,5°C (ver Tabla 5.1.8.1.4), llegando a alcanzar valores extremos intradiarios que probablemente se encuentren en el rango de los 10°C y los 38°C (ver Tabla 5.1.8.1.2).

Respecto a la distribución espacial de esta variable, debe aclararse que fueron retomados y utilizados los valores medios mensuales y multianuales presentados en la Tabla 5.1.8.1.3 y la Tabla 5.1.8.1.4. Con base en estos datos se aplicó el método de interpolación geoespacial conocido como “Kriging Universal”, lo que permitió generar los rásters e isolíneas de temperatura que son ilustrados en la Figura 5.1.8.1.3 y la Figura 5.1.8.1.4. Este procedimiento se realizó en el software SAGA GIS v9.3, empleando como parámetro predictor la cartografía base en escala 1:25.000 disponible para el área de influencia, junto con un ajuste del tipo lineal para correlacionar ambas variables.

Los resultados obtenidos a partir del análisis SIG se presentan en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_CAL_ESPACIALES y el mapa de distribución de temperaturas se presenta en I-M-10719-GCLMEIA2-V1-CAI-05-PP-TEM.

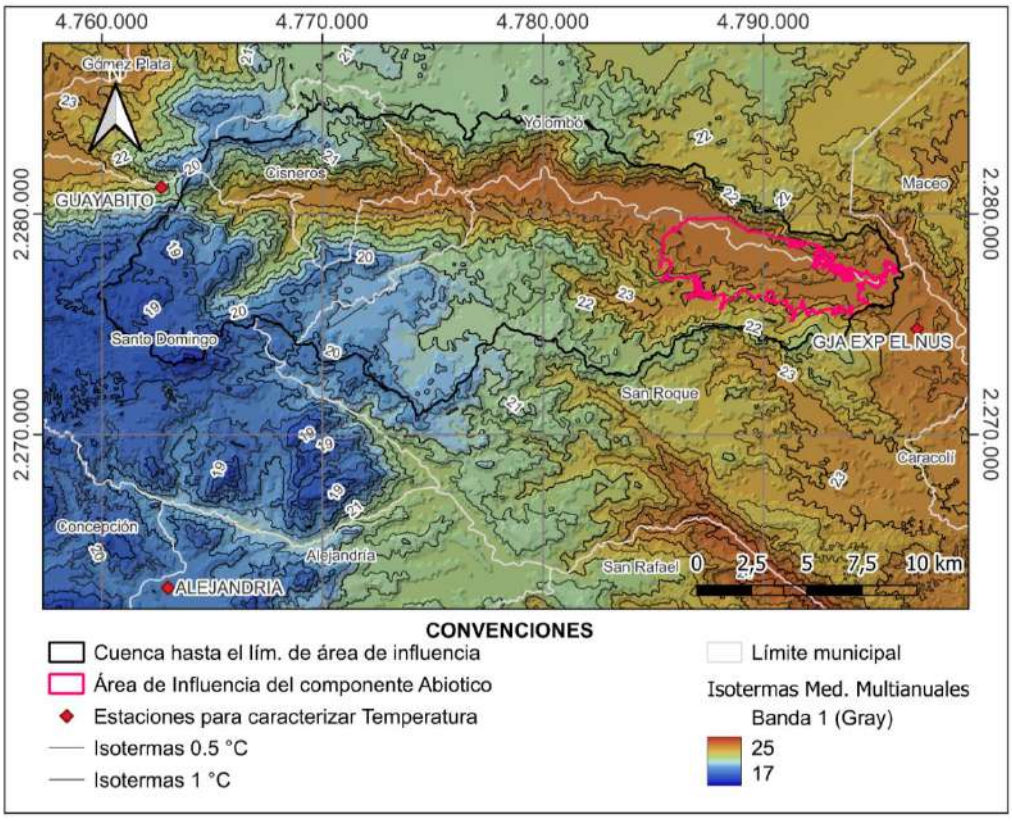
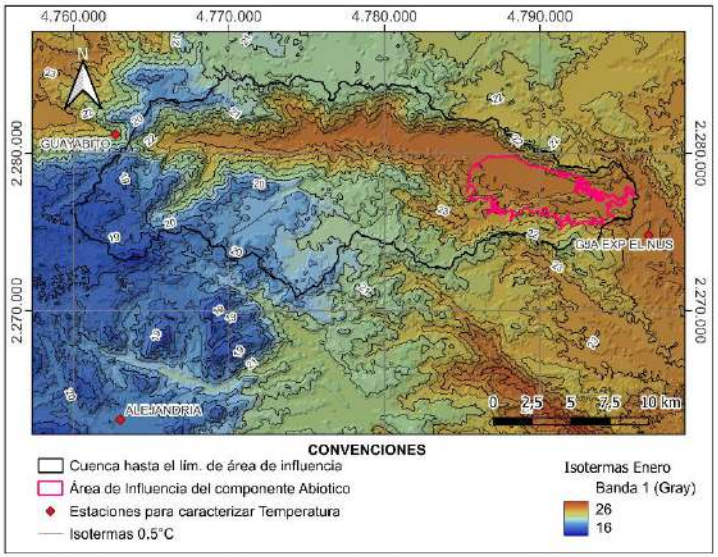
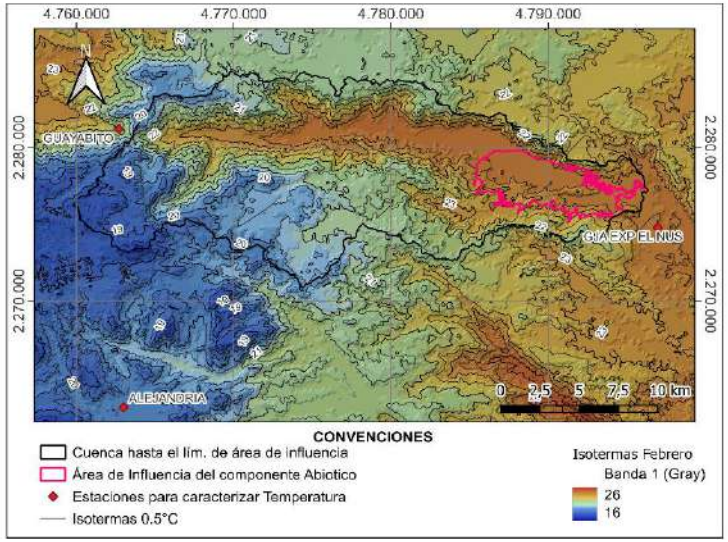
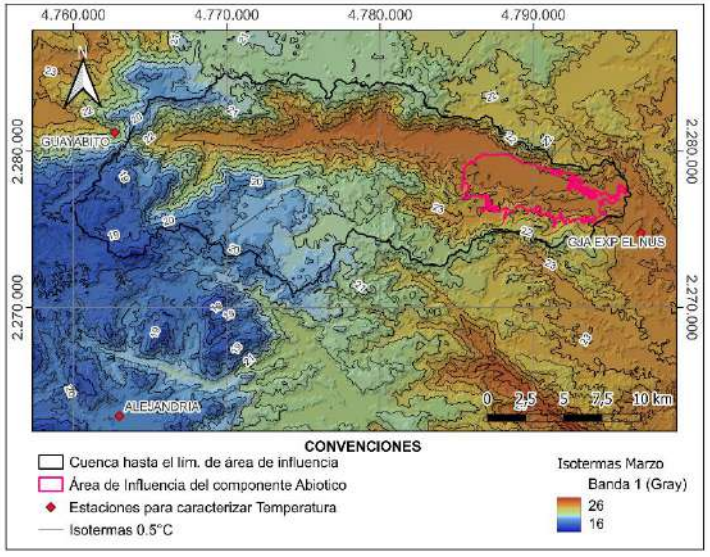


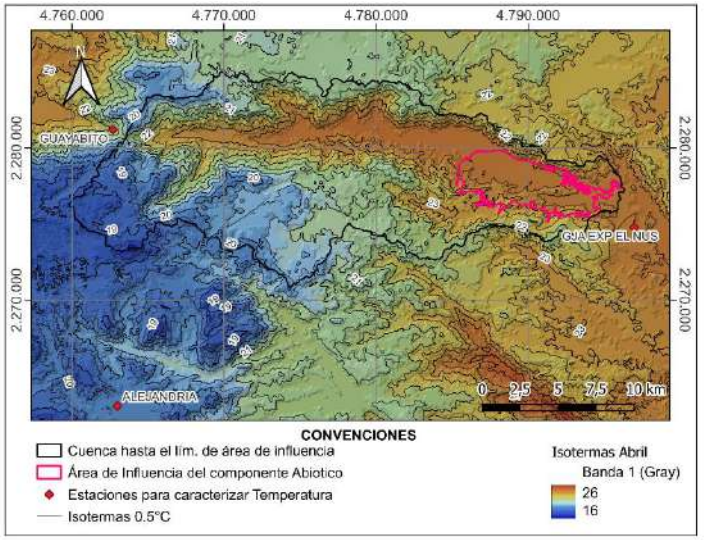
Figura 5.1.8.1.3 Ráster de temperaturas medias multianuales (5m x 5m) e Isotermas para el área de caracterización climática

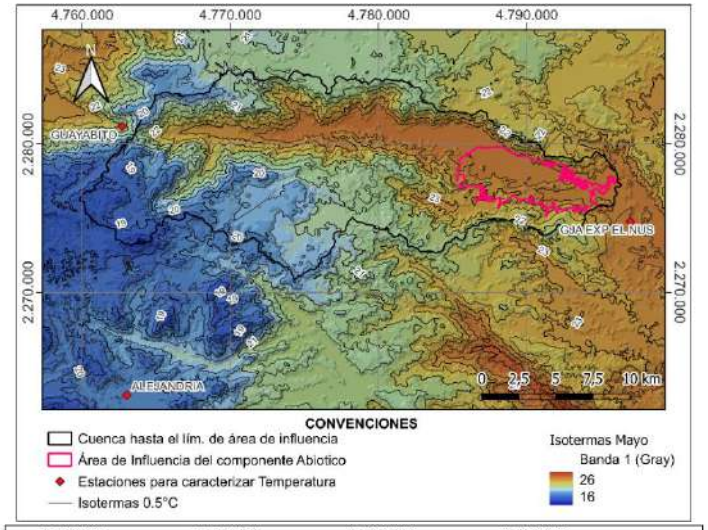
Fuente: Integral S.A., 2025

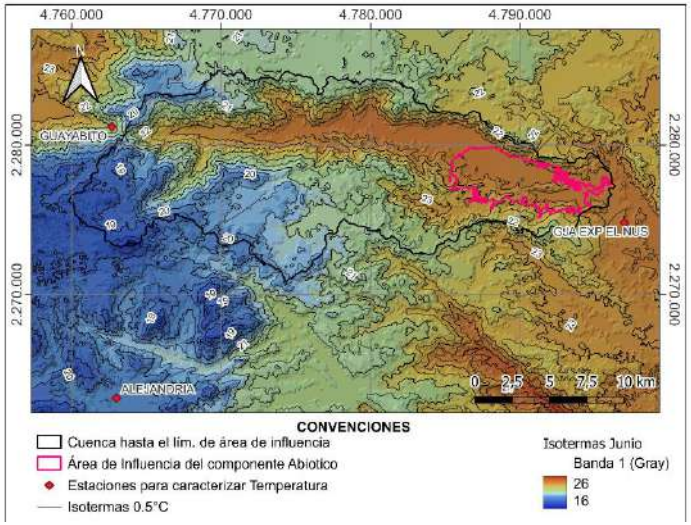

4.760.000
4.770.000
4.780.000
4.790.000
2.280.000
2.270.000
N
GUAYABITO
CUA EXP EL NUS
ALEJANDRIA
0 2,5 5 7,5 10 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar Temperatura
Isotermas 0.5°C
Isotermas Enero
Banda 1 (Gray)
26
16

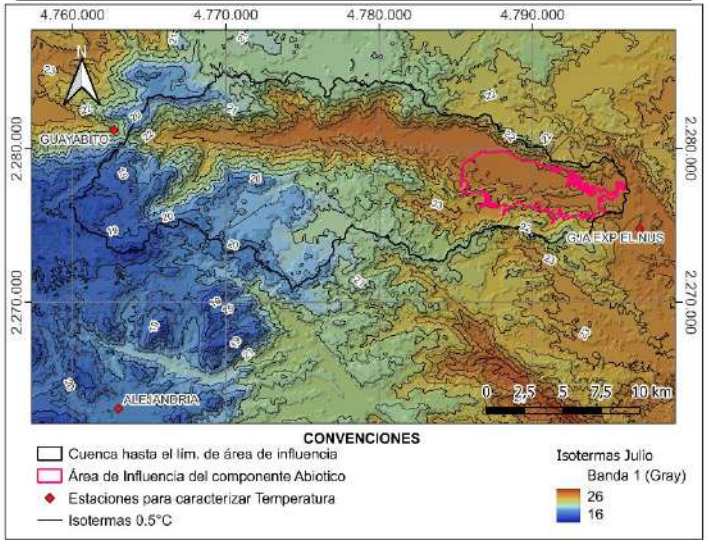

4.760.000
4.770.000
4.780.000
4.790.000
2.280.000
2.270.000
N
GUAYABITO
CUA EXP EL NUS
ALEJANDRIA
0 2,5 5 7,5 10 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar Temperatura
Isotermas 0.5°C
Isotermas Febrero
Banda 1 (Gray)
26
16

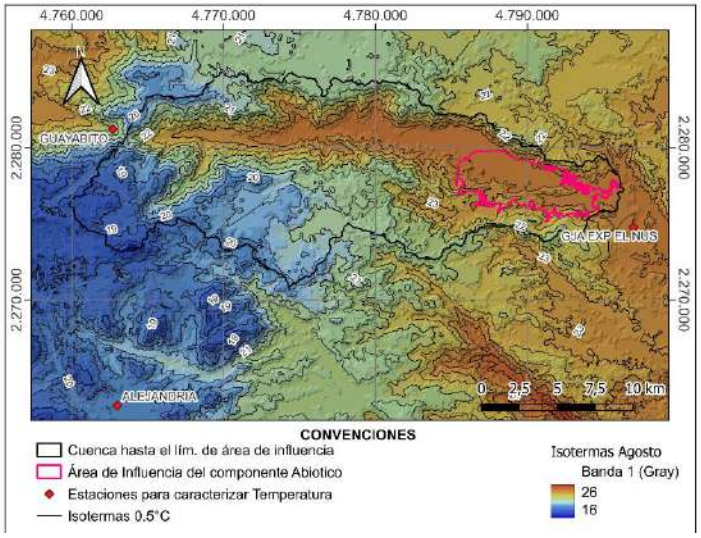

4.760.000
4.770.000
4.780.000
4.790.000
2.280.000
2.270.000
N
GUAYABITO
CUA EXP EL NUS
ALEJANDRIA
0 2,5 5 7,5 10 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar Temperatura
Isotermas 0.5°C
Isotermas Marzo
Banda 1 (Gray)
26
16


4.760.000
4.770.000
4.780.000
4.790.000
2.280.000
2.270.000
N
GUAYABITO
CUA EXP EL NUS
ALEJANDRIA
0 2,5 5 7,5 10 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar Temperatura
Isotermas 0.5°C
Isotermas Abril
Banda 1 (Gray)
26
16


4.760.000
4.770.000
4.780.000
4.790.000
2.280.000
2.270.000
GUAYABITO
GJA EXP ELNUS
ALEJANDRIA
0 2,5 5 7,5 10 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar Temperatura
Isotermas 0.5°C
Isotermas Mayo
Banda 1 (Gray)
26
16


4.760.000
4.770.000
4.780.000
4.790.000
2.280.000
2.270.000
GUAYABITO
GJA EXP ELNUS
ALEJANDRIA
0 2,5 5 7,5 10 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar Temperatura
Isotermas 0.5°C
Isotermas Junio
Banda 1 (Gray)
26
16


4.760.000
4.770.000
4.780.000
4.790.000
2.280.000
2.270.000
GUAYABITO
GJA EXP ELNUS
ALEJANDRIA
0 2,5 5 7,5 10 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar Temperatura
Isotermas 0.5°C
Isotermas Julio
Banda 1 (Gray)
26
16


4.760.000
4.770.000
4.780.000
4.790.000
2.280.000
2.270.000
GUAYABITO
GJA EXP ELNUS
ALEJANDRIA
0 2,5 5 7,5 10 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar Temperatura
Isotermas 0.5°C
Isotermas Agosto
Banda 1 (Gray)
26
16

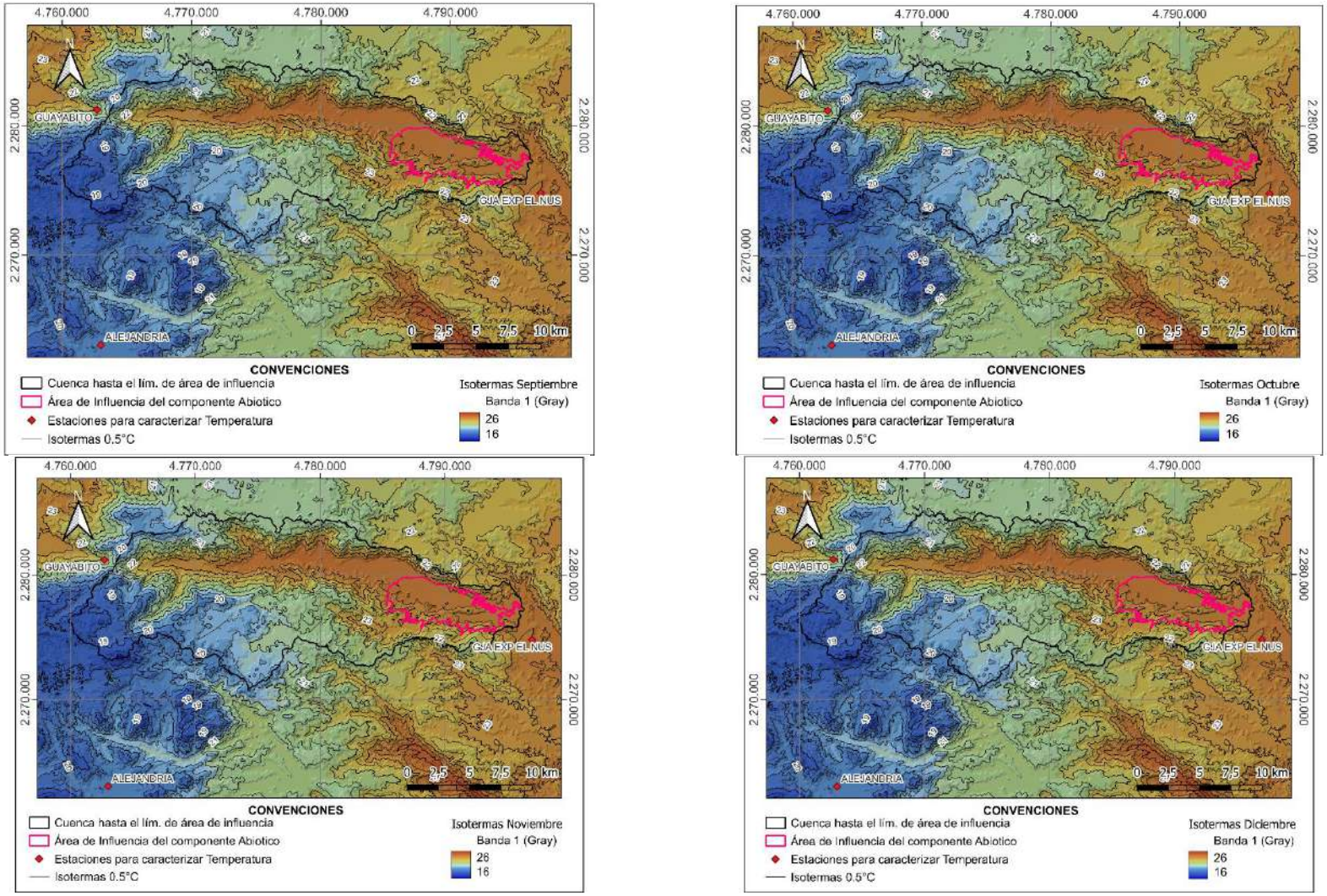


Figura 5.1.8.1.4 Ráster de temperaturas (5m x 5m) e Isotermas a nivel mensual para el área de caracterización climática.
Fuente: Integral S.A., 2025

5.1.8.1.3 Presión Atmosférica

La presión atmosférica se define como la fuerza por unidad de área que ejerce la columna de aire sobre la superficie terrestre. En el Sistema Internacional de Unidades, este parámetro se expresa en Pascales (Pa). Sus valores máximos se encuentran sobre el nivel del mar, mientras que los mínimos se presentan a grandes altitudes. Otro elemento por destacar es que esta variable está altamente relacionada con la temperatura del aire, influyendo a su vez en la formación de los vientos y las nubes.

Para caracterizar este parámetro se recurrió a fuentes secundarias de información, extrayendo del reanálisis satelital ERA 5 (ECMWF, s.f.) los datos horarios disponibles desde 2014 hasta el 2024 (11 años) (Ver su información en la Tabla 5.1.8.1.5 y su ubicación en la Figura 5.1.8.1.5). La información fue descargada de la página de la ECMWF (Centro Europeo para pronostico del clima a mediano rango por sus siglas en ingles) y se presenta en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_00_Era5.

Es necesario aclarar que esta decisión fue tomada considerando los siguientes hechos: (1) Las estaciones climatológicas del IDEAM ubicadas en la zona no cuentan con mediciones disponibles de esta variable, y (2) Las estaciones climatológicas propiedad de GRAMALOTE no cuentan con la longitud de registro exigida por los términos de referencia para evaluar impactos ambientales en proyectos de explotación minera.

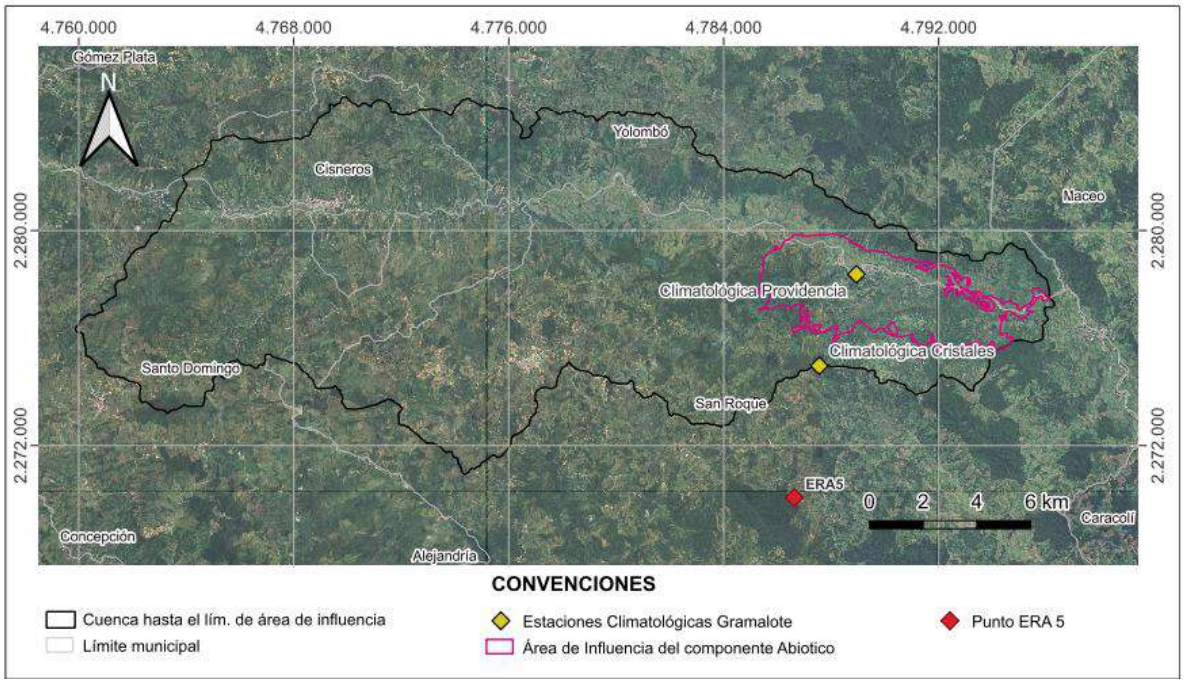


Figura 5.1.8.1.5 Ubicación del sitio con información satelital disponible del ERA5

Fuente: Integral S.A., 2025

Tabla 5.1.8.1.5 Estaciones para caracterizar la presión atmosférica

Estación	Este (m)	Norte (m)	Periodo analizado	Años de registro	Datos faltantes
ERA5	4.786.631,30	2.270.011,39	2.010-2.024	11	0,00%
Providencia (GRAMALOTE)	4.788.946,70	2.278.327,98	2.021-2.024	4	6,12%
Cristales (GRAMALOTE)	4.787.561,92	2.274.918,12	2.021-2.024	4	4,65%

Nota: La ubicación de los puntos de análisis se encuentra en coordenadas Magna-Sirgas Origen Nacional

Fuente: Integral S.A., 2025

Con base en la serie horaria satelital y las estaciones ubicadas en tierra (pertenecientes a la red de monitoreo GRAMALOTE) fueron valoradas las presiones medias a escala mensual y multianual, obteniendo así los resultados que son caracterizados en la Tabla 5.1.8.1.6, la Figura 5.1.8.1.6 y la Figura 5.1.8.1.7. Se debe señalar que los datos expuestos revelan que al igual que la temperatura, esta variable presenta un comportamiento estable en lo referente a sus medias interanuales, en las que los registros del ERA5 indican magnitudes típicas que tienden a 79.000 Pa, mientras que los instrumentos ubicados en las cercanías del proyecto reflejan un rango de oscilación que se encuentra entre los 87.000 Pa y los 92.000 Pa (ver estaciones Cristales y Providencia).

Es necesario establecer que la diferencia existente entre los productos satelitales y aquellos instrumentos ubicados en tierra (Δ=13.000 Pa ≈ 1,3 metros columna de agua) se debe principalmente a la naturaleza de estos, es decir, el primero de ellos se basa en inferencias indirectas mientras que el segundo obtiene sus datos a partir de lecturas hechas en campo. Esta diferencia de presiones indica que, para efectos prácticos los dos instrumentos (Satelital y estación en tierra) reflejan la misma tendencia. En este sentido y pese a su corta longitud de registro se consideran como datos “validos” aquellos que se encuentran asociados a la red de monitoreo GRAMALOTE, los cuales reflejan una media multianual de presión atmosférica para el proyecto minero de 89.404 Pa (promedio obtenido de las estaciones Cristales y Providencia).

Adicionalmente en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_01_Era5. se presenta el procesamiento de la información que sustenta los resultados obtenidos.

Tabla 5.1.8.1.6 Valores medios mensuales y multianuales de presión atmosférica para cada uno de los puntos de valoración empleados

Periodo	Presión atmosférica ERA5 (Pa)	Presión atmosférica Providencia (Pa)	Presión atmosférica Cristales (Pa)
Enero	79.147	91.794	87.073
Febrero	79.143	91.746	87.037
Marzo	79.165	91.76	87.042
Abril	79.158	91.726	87.015
Mayo	79.201	91.759	87.051
Junio	79.202	91.808	87.088
Julio	79.196	91.801	87.083

Periodo	Presión atmosférica ERA5 (Pa)	Presión atmosférica Providencia (Pa)	Presión atmosférica Cristales (Pa)
Agosto	79.191	91.808	87.084
Septiembre	79.169	91.763	87.006
Octubre	79.153	91.769	87.043
Noviembre	79.114	91.738	87.013
Diciembre	79.116	91.713	87.001
Prom. Multianual	79.160	91.764	87.044

Fuente: Integral S.A., 2025

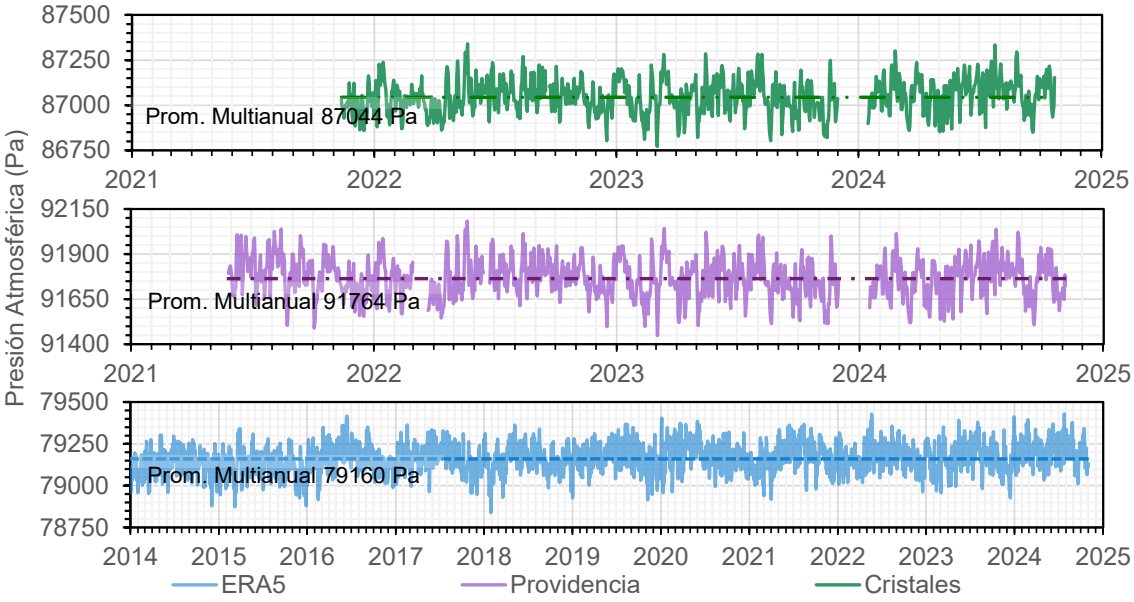


Figura 5.1.8.1.6 Series horarias de presión atmosféricas extraídas sobre los puntos de análisis seleccionados

Fuente: Integral S.A., 2025

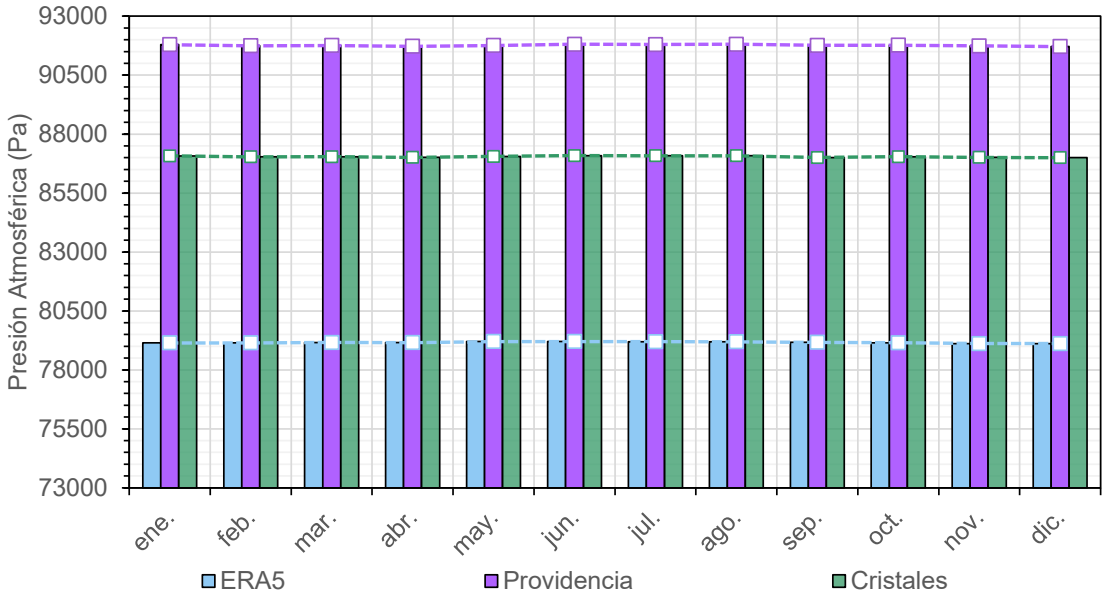


Figura 5.1.8.1.7 Distribución mensual de la presión atmosféricas sobre los puntos de análisis seleccionados

Fuente: Integral S.A., 2025

5.1.8.1.4 Precipitación

El análisis estadístico y espacial de la precipitación se basó en los registros diarios obtenidos de las estaciones pluviométricas del IDEAM disponibles en la zona de caracterización climática (ver información en la Tabla 5.1.8.1.7 y su ubicación en la Figura 5.1.8.1.8). Cabe señalar que, según lo descrito en el capítulo de Hidrología, estas series fueron sometidas a pruebas no paramétricas de homogeneidad, tendencia y de detección de valores atípicos (Outliers), esto con el fin de asegurar la calidad de la información utilizada. Así mismo, es importante destacar que se adoptó el umbral de análisis recomendado en la Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales MGEPEA 2018 (MinAmbiente, 2018) en los que se indica que en lo posible se deben emplear dentro del proceso de caracterización longitudes temporales que superen los 10 años de observaciones.

Los datos descargados de cada estación se presentan de manera detallada en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_00_Precip.

Tabla 5.1.8.1.7 Estaciones pluviométricas del IDEAM utilizadas para el análisis de lluvias en el área de caracterización climática

Nombre	Código	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m.)	Periodo analizado	Años de registro	Datos faltantes	Pmed multi-anual
San Roque	23080760	4.777.030,13	2.275.300,52	1.435	1.995-2.024	30	0,06%	3.945
Gja Exp Nus	23085080	4.796.966,92	2.274.793,56	859	1.995-2.024	30	10,88%	2.325
Alejandría	23085030	4.762.999,44	2.263.061,87	1.712	1.998-2.024	27	0,02%	4.806
El Morro	23080660	4.764.158,38	2.273.053,21	2.210	1.973-2.024	13	0,45%	3.684
Guayabito	27015190	4.762.699,84	2.281.208,96	1.440	1.970-2.024	54	1,79%	3.868
Las Violetas	23085210	4.778.540,60	2.259.969,85	1.016	1.999-2.024	13	0,54%	3.952
San Antonio	27011230	4.762.196,24	2.290.101,65	1.029	2.004-2.024	21	0,55%	2.216
Sto. Domingo	23080390	4.760.785,72	2.273.244,39	1.944	1.988-2.024	37	3,24%	3.468
Yolombo	23100040	4.777.751,96	2.287.106,39	1.442	2.005-2.024	20	4,01%	3.183

Nota 1: La ubicación de los puntos de análisis se encuentra en coordenadas Magna-Sirgas Origen Nacional.
Nota 2: Las longitudes de las series, así como los porcentajes de datos faltantes se obtienen luego de aplicar las pruebas no paramétricas para valorar la calidad de los datos utilizados.
Nota 3: Las unidades de precipitación se encuentran dadas en milímetros (mm).
Nota 4: Para obtener el promedio multianual se usaron aquellos años que son considerados como “completos”, es decir, aquellos que poseen un porcentaje de datos faltantes inferior al 10% (37 días).
Fuente: Integral S.A., 2025

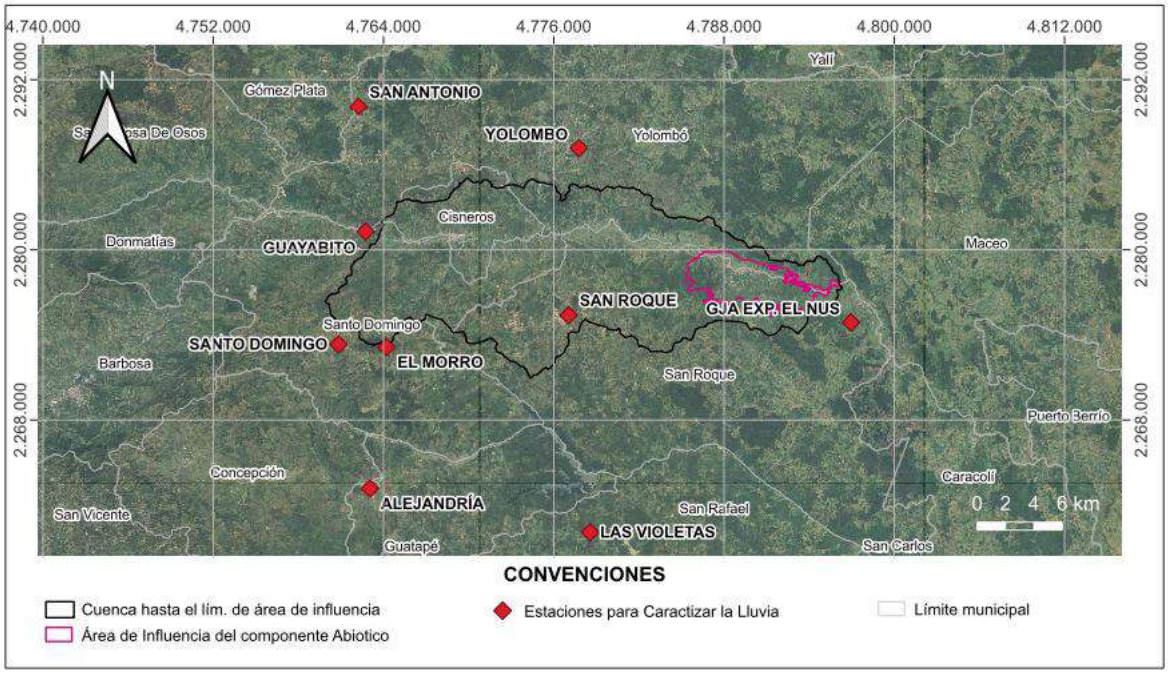


Figura 5.1.8.1.8 Ubicación de estaciones climatológicas para el análisis de la precipitación

Fuente: Integral S.A., 2025

Bajo el anterior contexto fueron valoradas para el área de interés las lluvias medias a escala mensual y anual (ver promedio multianual en Tabla 5.1.8.1.7 y ciclos característicos en Tabla 5.1.8.1.8 y Figura 5.1.8.1.9), así como los eventos diarios máximos que permitieron obtener las magnitudes extremas asociadas a los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25, 50, 100 y 500 años (ver resultados en Tabla 5.1.8.1.9 y Figura 5.1.8.1.10).

Adicionalmente en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_00_Precip. se presenta el procesamiento de la información que sustenta los resultados obtenidos.

Tabla 5.1.8.1.8 Valores medios mensuales de precipitación para cada una de las estaciones IDEAM en el área de caracterización climática

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
San Roque	124	162	297	420	498	361	294	345	423	450	363	189
Gja Exp El Nus	56	85	162	238	288	218	224	232	281	278	191	84
Alejandría	181	193	348	458	600	458	407	466	540	543	366	225
El Morro	89	147	226	421	503	305	321	350	416	418	300	161
Guayabito	122	147	248	399	509	365	353	393	428	441	328	175
Las Violetas	119	142	264	390	456	350	325	369	448	532	382	216
San Antonio	55	67	175	264	292	201	153	232	231	268	188	86

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sto. Domingo	108	131	237	347	438	346	301	366	382	386	293	140
Yolombo	88	95	273	346	429	296	228	322	320	381	307	103

Nota: Para los análisis realizados solo se tomaron aquellos meses que son considerados como "completos", es decir, aquellos periodos que poseían un porcentaje de datos faltantes inferior al 10% (3 días).

Fuente: Integral S.A., 2025

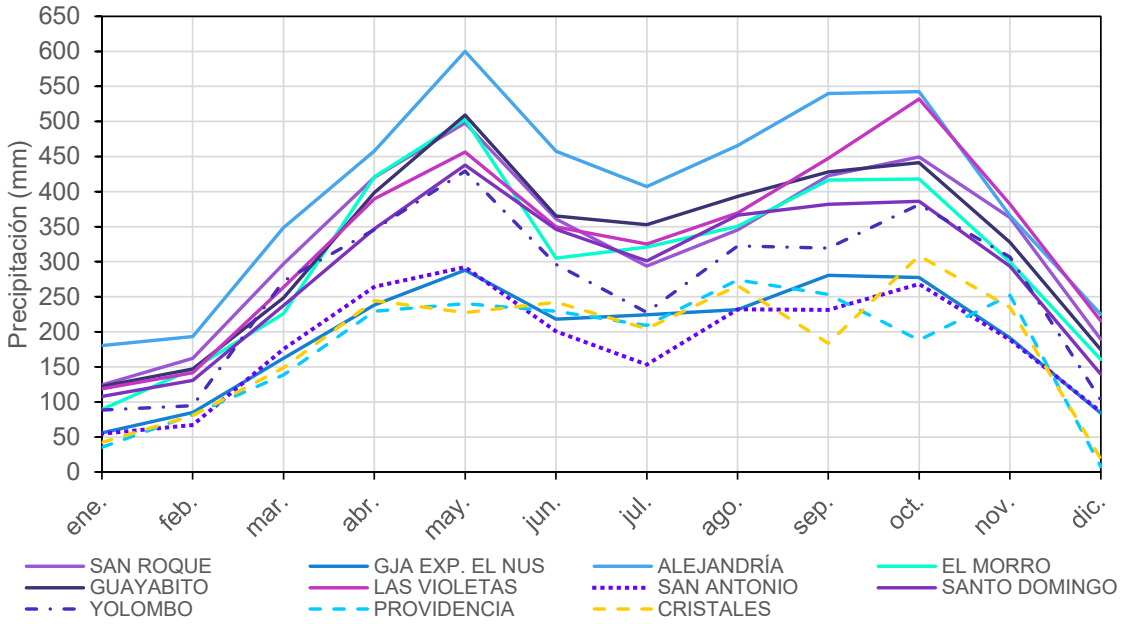


Figura 5.1.8.1.9 Ciclos característicos de la precipitación para cada una de las estaciones IDEAM en el área de caracterización climática

Fuente: Integral S.A., 2025

Tabla 5.1.8.1.9 Valores de precipitación extrema asociados a los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25, 50, 100 y 500 años para las estaciones IDEAM utilizadas

Estación	Ajuste	Periodo de retorno en años							
		2,33	5	10	15	25	50	100	500
San Roque	Log Pearson	116	128	136	141	146	153	159	173
Gja Exp El Nus	Gumbel	84	101	115	123	133	146	159	189
Alejandría	Gumbel	110	122	132	137	144	153	162	183
El Morro	Log Normal	114	135	150	158	168	181	194	222
Guayabito	Gumbel	114	131	146	154	164	177	190	221
Las Violetas	Log Normal	118	133	144	150	157	166	174	192
San Antonio	Log Pearson	56	85	113	132	156	194	136	358

Estación	Ajuste	Periodo de retorno en años							
		2,33	5	10	15	25	50	100	500
Sto. Domingo	Gumbel	99	116	130	137	147	160	173	203
Yolombo	Gumbel	98	117	132	141	151	166	180	213

Nota: Para los análisis realizados solo se tomaron aquellos años que son considerados como "completos", es decir, aquellos periodos que poseían un porcentaje de datos faltantes inferior al 10% (37 días).

Fuente: Integral S.A., 2025

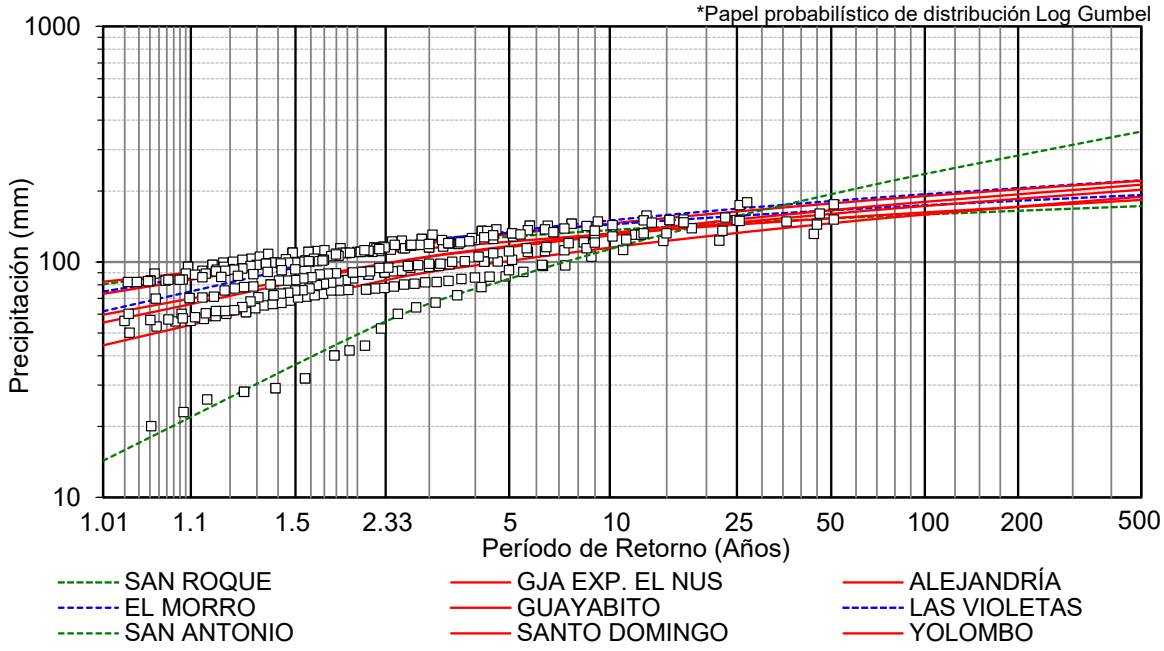


Figura 5.1.8.1.10 Ajustes probabilísticos asociados a eventos extremos de precipitación para cada una de las estaciones IDEAM en el área de caracterización climática

Nota 1: Las distribuciones estadísticas típicas (Normal, Pearson y Gumbel) son denotadas mediante líneas continuas, mientras que sus versiones logarítmicas se representan con líneas punteadas. Las observaciones máximas diarias de cada estación se ilustran haciendo uso de viñetas rectangulares (□).

Nota 2: Las distribuciones Normal, Pearson y Gumbel se representan mediante el color azul, verde y rojo respectivamente.

Fuente: Integral S.A., 2025

Al analizar los datos relacionados con los ciclos de la precipitación se logra observar sobre esta variable el efecto de la ZCIT (zona de convergencia intertropical), la cual genera el comportamiento bimodal que es ilustrado en la Figura 5.1.8.1.9. En este sentido se puede identificar que los periodos de lluvias más intensas se ubican entre los meses de marzo-mayo y septiembre-noviembre, mientras que las épocas secas se presentan entre diciembre-febrero y junio-agosto. Respecto al área de influencia, tomando las dos (2) estaciones más próximas al Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote: Granja

Experimental El Nus [23085080] y San Roque [23080760]; se estima que la precipitación media multianual puede oscilar sobre este sector entre los 3.945 mm y los 2.325 mm.

En relación con su distribución espacial se debe señalar que tomando como base los valores medios mensuales y multianuales presentados en la Tabla 5.1.8.1.7 y la Tabla 5.1.8.1.8, se opta por aplicar el método de interpolación geoespacial denominado como “Kriging Universal”, obteniendo así los ráster y las isoyetas que son ilustradas mediante la Figura 5.1.8.1.11 y la Figura 5.1.8.1.12. Se debe señalar que el proceso utilizado es el mismo que fue expuesto en el numeral 5.1.8.1.2 para determinar las isotermas sobre el área de influencia, destacando que tanto el mapa de lluvias como el de temperaturas fueron utilizados para realizar el balance hídrico a largo plazo que permite finalmente inferir los caudales medios sobre las cuencas que son objeto de análisis.

Los resultados obtenidos a partir del análisis SIG se presentan en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_CAL_ESPACIALES.

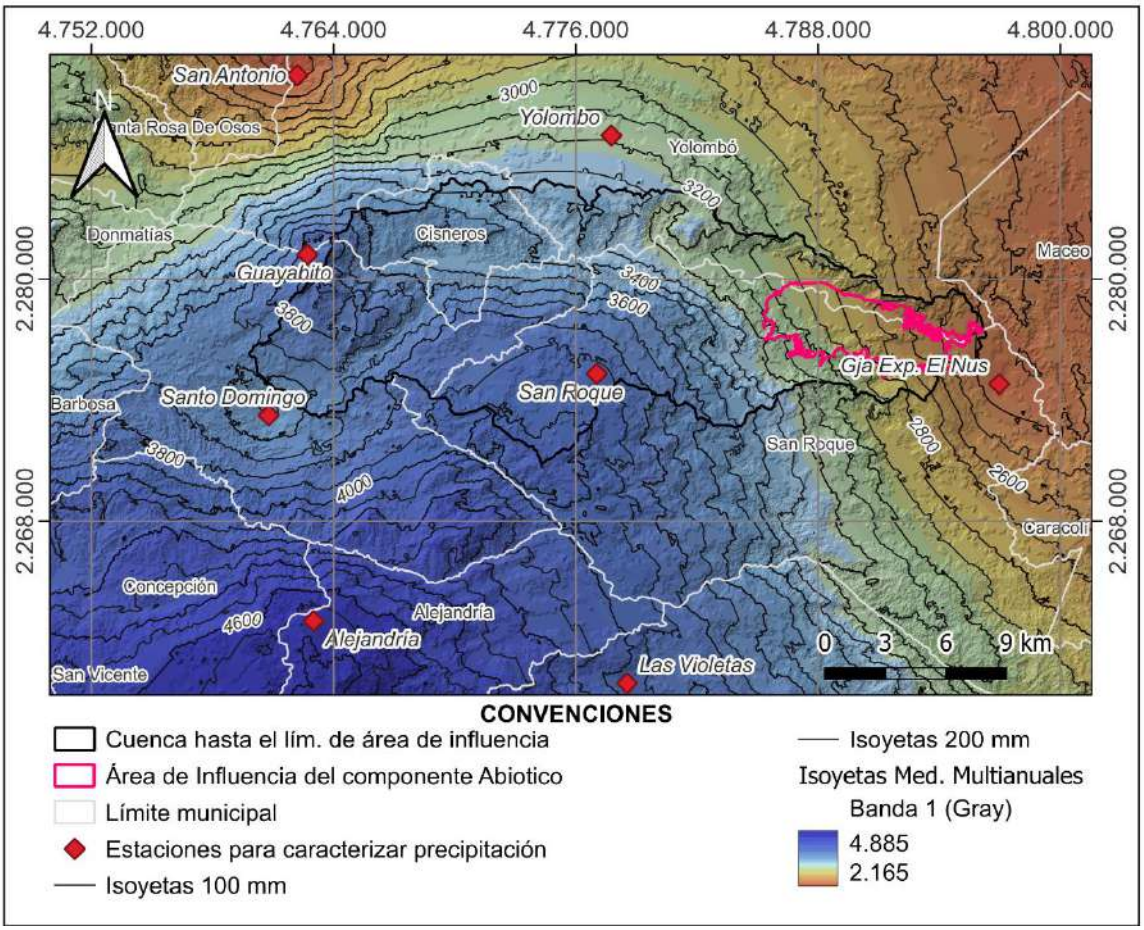
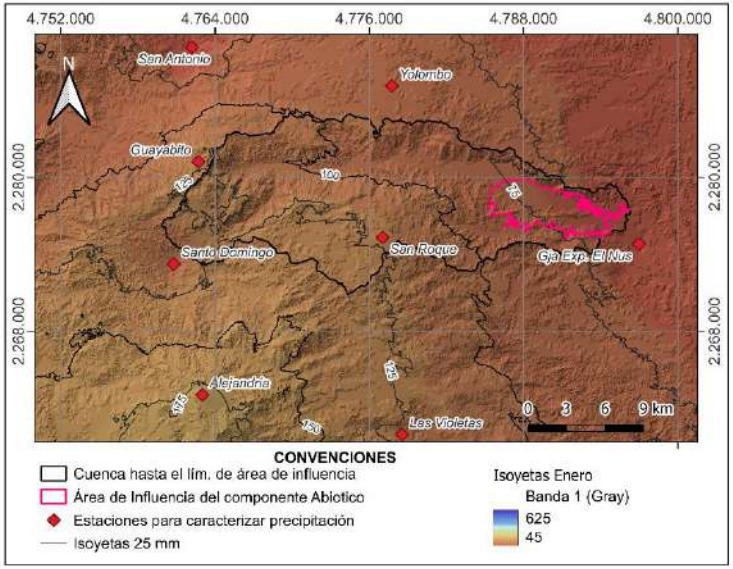
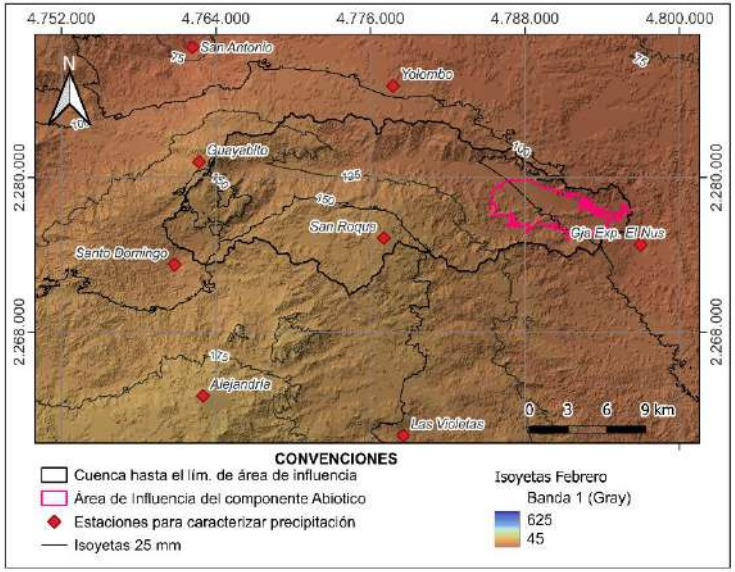
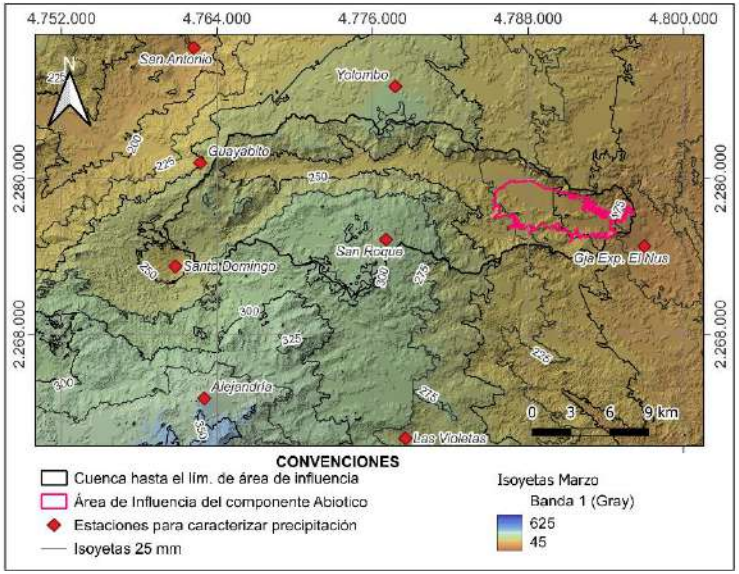


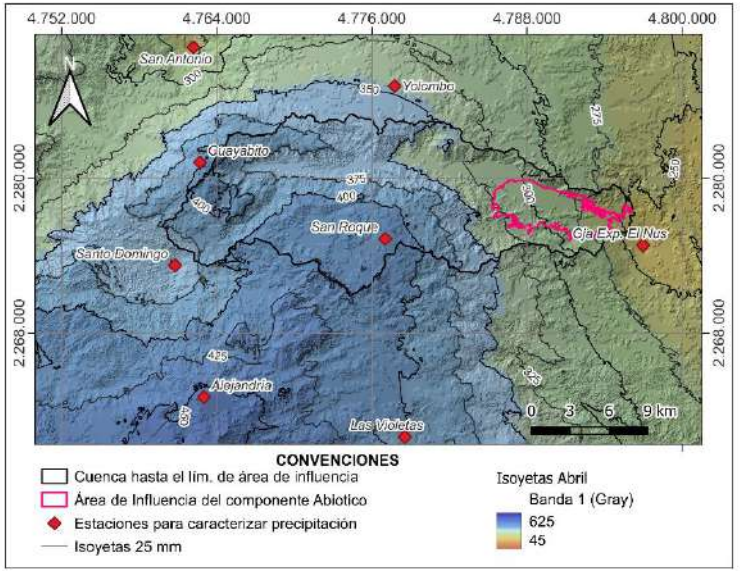
Figura 5.1.8.1.11 Ráster de precipitaciones medias multianuales (5m x 5m) e Isoyetas para el área de caracterización climática

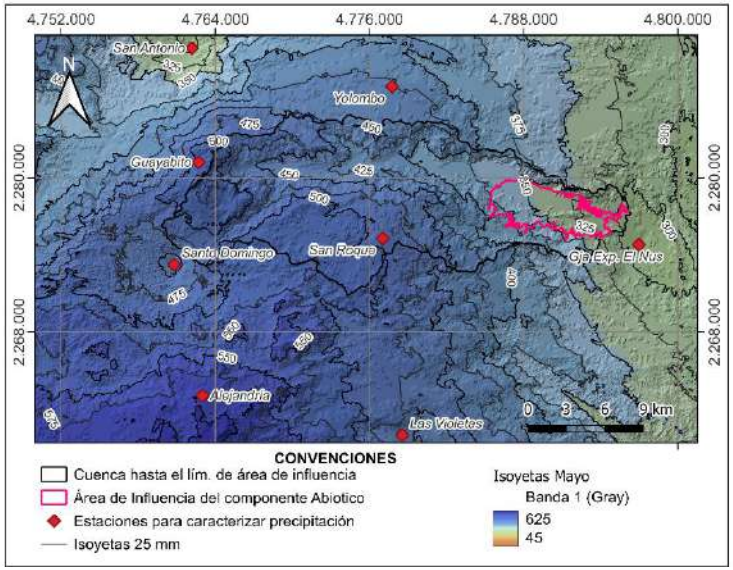
Fuente: Integral S.A., 2025

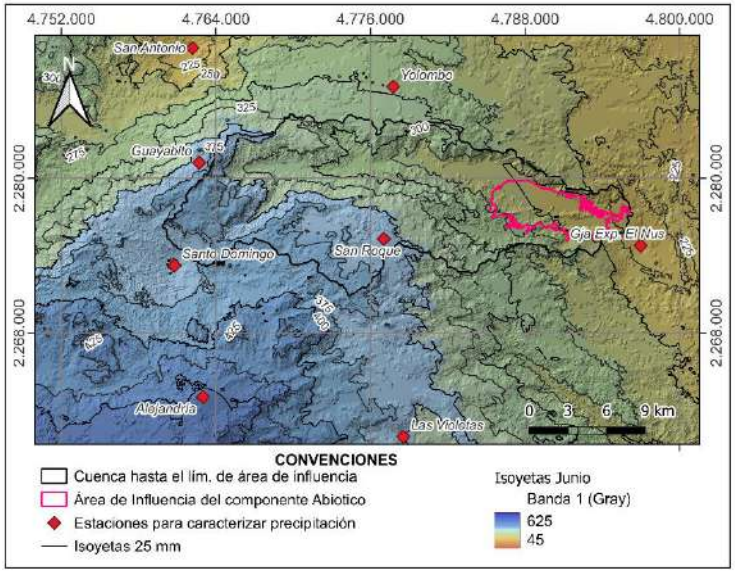

4.752.000
4.764.000
4.776.000
4.788.000
4.800.000
2.280.000
2.268.000
N
San Antonio
Yolombo
Guayabito
Santo Domingo
San Roque
Gja Exp. El Nus
Alejandria
Las Violetas
0 3 6 9 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar precipitación
Isoyetas 25 mm
Isoyetas Enero
Banda 1 (Gray)
625
45

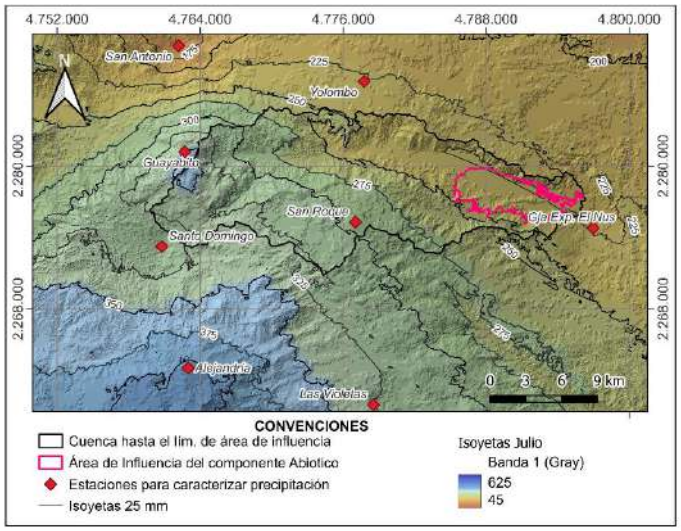

4.752.000
4.764.000
4.776.000
4.788.000
4.800.000
2.280.000
2.268.000
N
San Antonio
Yolombo
Guayabito
Santo Domingo
San Roque
Gja Exp. El Nus
Alejandria
Las Violetas
0 3 6 9 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar precipitación
Isoyetas 25 mm
Isoyetas Febrero
Banda 1 (Gray)
625
45

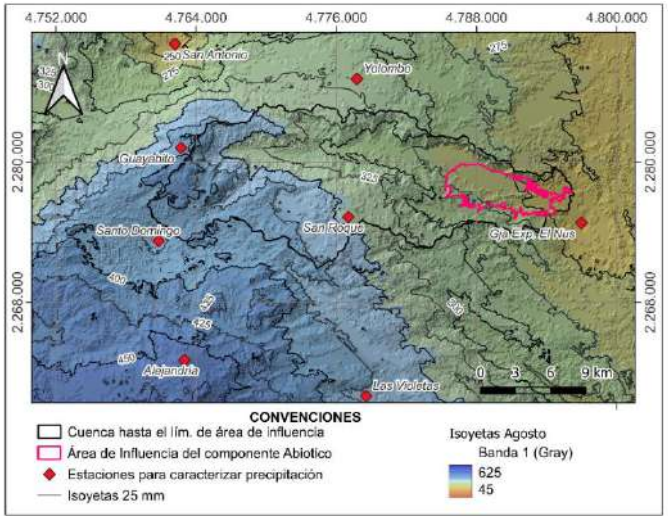

4.752.000
4.764.000
4.776.000
4.788.000
4.800.000
2.280.000
2.268.000
N
San Antonio
Yolombo
Guayabito
San Roque
Cía Exp. El Nus
Santo Domingo
Alejandría
Las Violetas
0 3 6 9 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar precipitación
Isoyetas 25 mm
Isoyetas Marzo
Banda 1 (Gray)
625
45


4.752.000
4.764.000
4.776.000
4.788.000
4.800.000
2.280.000
2.268.000
N
San Antonio
Yolombo
Guayabito
San Roque
Cía Exp. El Nus
Santo Domingo
Alejandría
Las Violetas
0 3 6 9 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar precipitación
Isoyetas 25 mm
Isoyetas Abril
Banda 1 (Gray)
625
45


4.752.000
4.764.000
4.776.000
4.788.000
4.800.000
2.280.000
2.268.000
N
San Antonio
Yolombo
Guayabito
Santo Domingo
San Roque
Gja Exp. El Nus
Alejandria
Las Violetas
0 3 6 9 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar precipitación
Isoyetas 25 mm
Isoyetas Mayo
Banda 1 (Gray)
625
45


4.752.000
4.764.000
4.776.000
4.788.000
4.800.000
2.280.000
2.268.000
N
San Antonio
Yolombo
Guayabito
Santo Domingo
San Roque
Gja Exp. El Nus
Alejandria
Las Violetas
0 3 6 9 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar precipitación
Isoyetas 25 mm
Isoyetas Junio
Banda 1 (Gray)
625
45


4.752.000
4.764.000
4.776.000
4.788.000
4.800.000
2.280.000
2.268.000
N
San Antonio
Yolombo
Guayabito
San Roque
Gja Exp. El Nus
Santo Domingo
Alejandria
Las Violetas
0 3 6 9 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar precipitación
Isoyetas 25 mm
Isoyetas Julio
Banda 1 (Gray)
625
45


4.752.000
4.764.000
4.776.000
4.788.000
4.800.000
2.280.000
2.268.000
N
San Antonio
Yolombo
Guayabito
Santo Domingo
San Roque
Gja Exp. El Nus
Alejandria
Las Violetas
0 3 6 9 km
CONVENCIONES
Cuenca hasta el lím. de área de influencia
Área de Influencia del componente Abiotico
Estaciones para caracterizar precipitación
Isoyetas 25 mm
Isoyetas Agosto
Banda 1 (Gray)
625
45

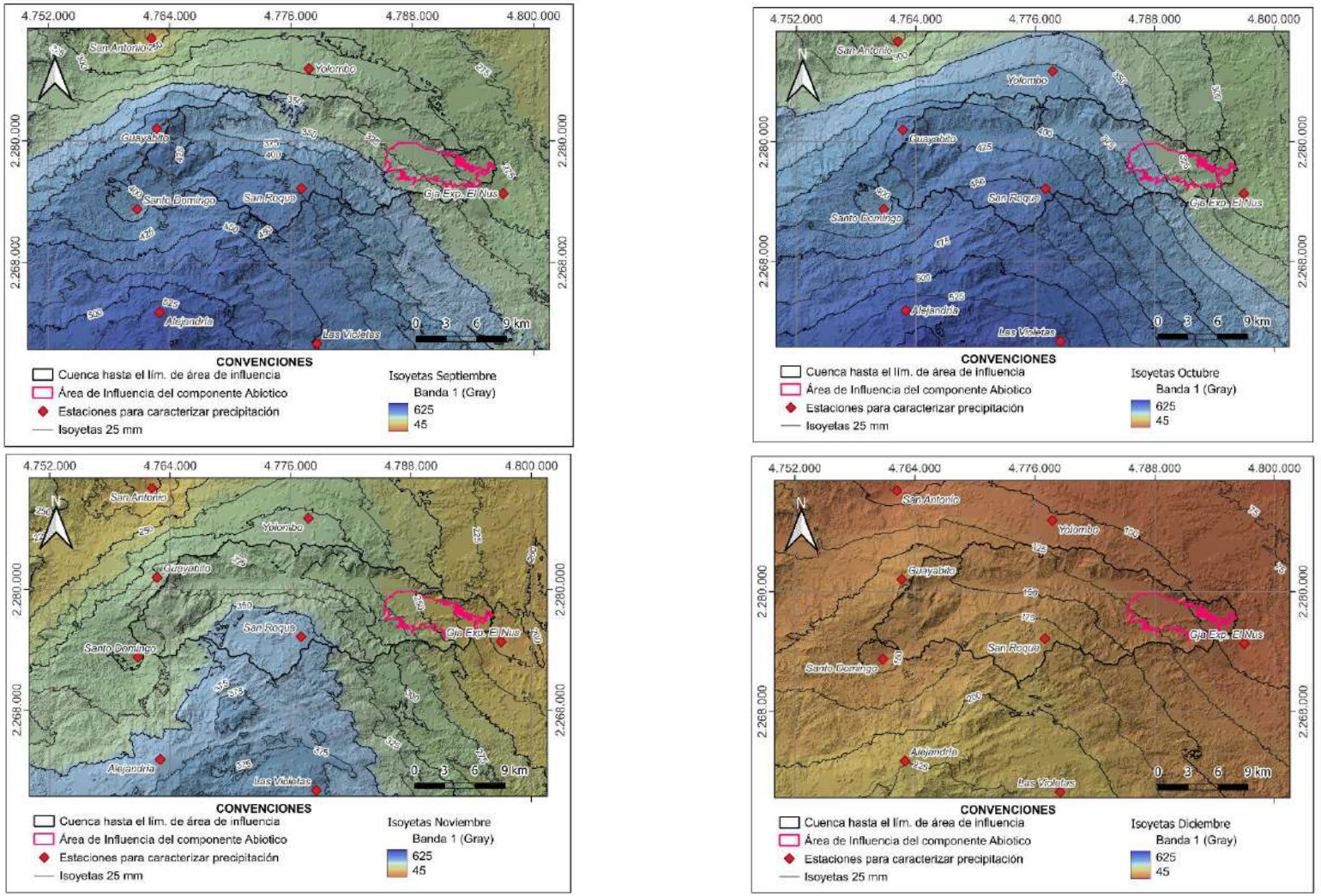


Figura 5.1.8.1.12 Ráster de precipitación (5m x 5m) e Isoyetas a nivel mensual para el área de caracterización climática

Fuente: Integral S.A., 2025

5.1.8.1.5 Humedad relativa

La humedad relativa (Hr) relaciona la cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) con la máxima cantidad de vapor que el medio sería capaz de contener a una temperatura específica (humedad absoluta de saturación). Se debe destacar que esta correspondencia se expresa comúnmente como porcentaje (%). Así mismo, es importante señalar que esta variable se encuentra altamente relacionada con la evapotranspiración y por ende con la formación de nubes y la materialización de las lluvias.

Respecto al análisis estadístico de este parámetro, se debe establecer que este proceso se basó principalmente en los registros máximos, medios y mínimos diarios que fueron obtenidos de las estaciones IDEAM que se encuentran disponibles en la zona de caracterización climática (ver información en la Tabla 5.1.8.1.10 y su ubicación en la Figura 5.1.8.1.13).

Los datos descargados de cada estación se presentan de manera detallada en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_00_Hum_Rel.

Tabla 5.1.8.1.10 Estaciones IDEAM utilizadas en la caracterización de la humedad relativa sobre el área de estudio

Nombre	Código	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m.)	Rango de años analizado	Años de registro	Datos faltantes
Granja Exp. El Nus (IDEAM)	23085080	4.796.966,92	2.274.793,56	859	1.983-2.023	41	15,03%
Providencia (GRAMALOTE)	N/A	4.788.946,70	2.278.327,98	978	2.021-2.024	3	6,04%
Cristales (GRAMALOTE)	N/A	4.787.561,92	2.274.918,12	1278	2.021-2.024	3	4,65%

Fuente: Integral S.A., 2025

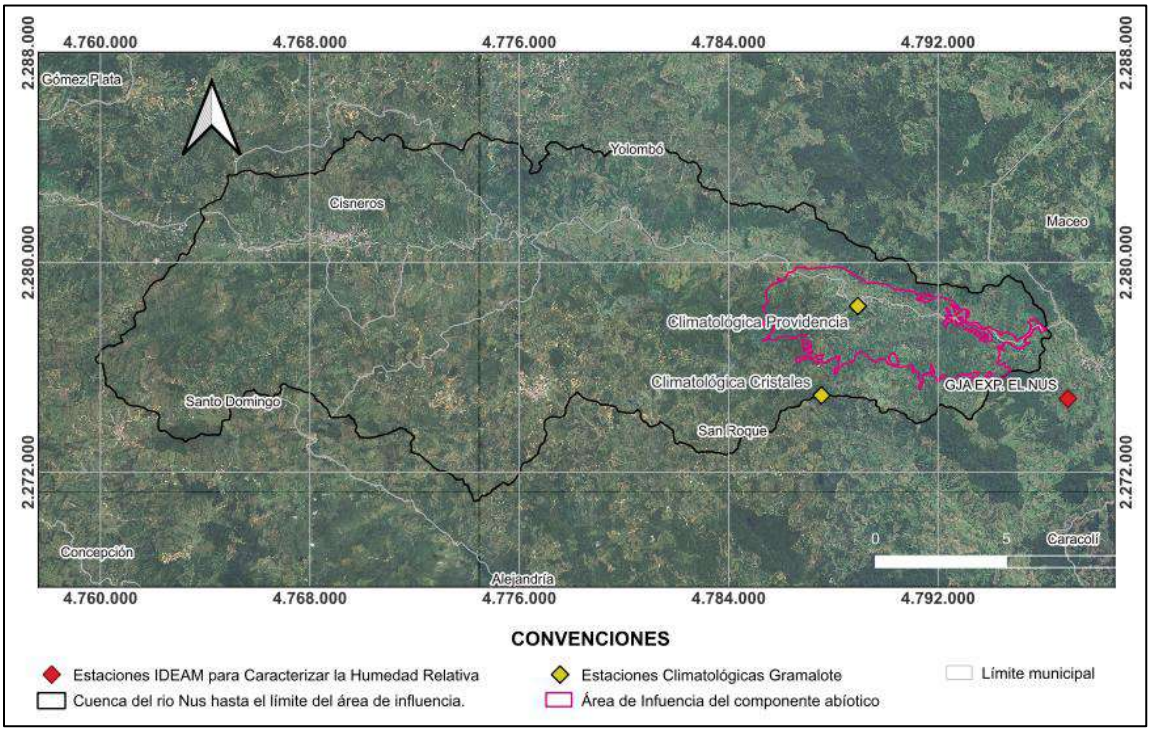


Figura 5.1.8.1.13 Ubicación de estaciones climatológicas para la caracterización de la humedad relativa

Fuente: Integral S.A., 2025

Es de precisar que, mediante las series de tiempo anteriormente citadas fueron valoradas para el área de influencia las humedades relativas máximas, medias y mínimas a escala diaria, mensual y anual, así como los ciclos medios interanuales asociados a los puntos de monitoreo (ver Figura 5.1.8.1.14). A forma de resumen se exponen desde la Tabla 5.1.8.1.11 hasta la Tabla 5.1.8.1.13 los principales resultados que fueron obtenidos de los estimativos realizados.

Adicionalmente, en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_01_C_Hum_Rel. se presenta el procesamiento de la información que sustenta los resultados obtenidos.

Tabla 5.1.8.1.11 Promedio de la humedad relativa máxima, media y mínima a escala multianual anual para cada una de las estaciones IDEAM consultadas

Humedad Relativa	Granja Exp. El Nus (IDEAM)	Providencia (GRAMALOTE)	Cristales (GRAMALOTE)
Máxima	100%	99,87%	99,32%
Media	83,33%	86,96%	87,26%
Mínima	39,67%	42,73%	52,70%

Nota: Para los análisis realizados solo se tomaron aquellos años que son considerados como “completos”, es decir, aquellos periodos que poseían un porcentaje de datos faltantes inferior al 10% (37 días).

Fuente: Integral S.A., 2025

Tabla 5.1.8.1.12 Humedad relativa máxima, media y mínima diaria para cada una de las estaciones IDEAM consultadas

Humedad relativa Máxima diaria (%)												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja. Exp. Nus	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Providencia	100	100	99,4	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cristales	99,3	98,9	99,3	99,3	99,6	99,2	99,6	99,1	99,3	99,1	99,2	99,3
Humedad relativa Media diaria (%)												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja. Exp. Nus	82,1	81,1	81,9	84,7	84,7	83,2	81,0	80,5	82,7	84,7	86,4	84,9
Providencia	86,5	83,8	85,1	87,7	87,5	87,4	84,7	85,2	86,0	88,6	89,5	87,9
Cristales	86,0	84,1	86,4	89,0	89,0	88,8	84,5	85,8	86,0	90,0	90,1	87,9
Humedad relativa Mínima diaria (%)												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja. Exp. Nus	33,0	30,0	37,0	47,0	39,0	36,0	26,0	30,0	38,0	21,0	47,0	43,0
Providencia	45,0	48,1	46,4	52,2	51,0	48,9	40,5	39,7	51,0	57,2	55,8	54,5
Cristales	53,3	56,4	56,8	59,5	61,7	57,8	52,4	52,1	56,2	66,4	66,7	61,4

Nota: Para los análisis realizados solo se tomaron aquellos meses que son considerados como “completos”, es decir, aquellos periodos que poseían un porcentaje de datos faltantes inferior al 10% (3 días).

Fuente: Integral S.A., 2025

Tabla 5.1.8.1.13 Ciclos medios mensuales de la humedad relativa para cada una de las estaciones IDEAM consultadas

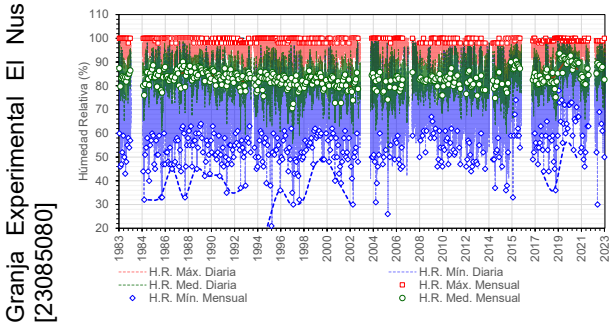
Humedad relativa Máxima mensual (%)												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja. Exp. Nus	99,4	99,2	99,4	99,2	99,4	99,3	99,2	99,4	99,3	99,0	99,6	99,5
Providencia	99,9	99,1	98,6	99,1	99,1	98,8	99,1	98,9	99,0	99,1	99,5	100
Cristales	99,3	98,3	98,9	99,3	99,3	99,1	99,3	98,9	98,5	98,7	98,9	98,8
Humedad relativa Media mensual (%)												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja. Exp. Nus	82,1	81,1	81,9	84,7	84,7	83,2	81,0	80,5	82,7	84,7	86,4	84,9
Providencia	86,5	83,8	85,1	87,7	87,5	87,4	84,7	85,2	86,0	88,6	89,5	87,9
Cristales	86,0	84,1	86,4	89,0	89,0	88,8	84,5	85,8	86,0	90,0	90,1	87,9
Humedad relativa Mínima mensual (%)												
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Gja. Exp. Nus	50,1	49,4	52,0	56,8	57,2	52,8	48,0	46,8	51,8	55,1	59,1	56,8
Providencia	47,2	49,1	52,3	56,0	57,4	57,4	46,9	44,4	53,9	58,9	58,7	54,8
Cristales	56,2	58,4	60,3	64,1	66,2	65,6	56,5	55,0	56,2	67,6	67,8	61,7

Nota: Para los análisis realizados solo se tomaron aquellos meses que son considerados como “completos”, es decir, aquellos periodos que poseían un porcentaje de datos faltantes inferior al 10% (3 días).

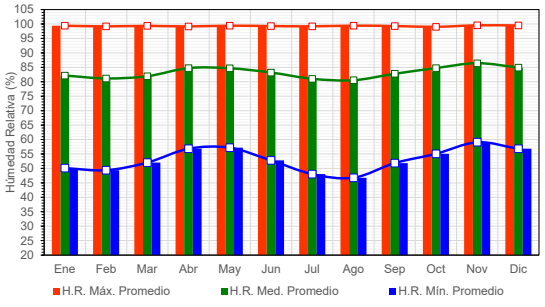
Fuente: Integral S.A., 2025

Al analizar los datos anteriormente presentados se logra observar un comportamiento bimodal sobre el área de caracterización climática. En este sentido se puede identificar que los periodos asociados al invierno se ubican entre los meses de marzo-mayo y septiembre-noviembre, mientras que las épocas de verano se ubican entre diciembre-febrero y junio-agosto. Respecto al área de influencia, tomando como base la estación IDEAM Granja Experimental El Nus [23085080] -instrumento con mayor longitud de registro-, se estima que la humedad relativa media multianual puede oscilar en este sector sobre un 83% (ver Tabla 5.1.8.1.11), llegando a alcanzar valores extremos intradiarios que probablemente se encuentren en el rango de 21% y 100% (ver Tabla 5.1.8.1.12). Finalmente, es de señalar que esta tendencia es ratificada por la red de monitoreo GRAMALOTE, elemento que puede ser constatado al observar el comportamiento que es exhibido por las estaciones Providencia y Cristales (ver datos en Tabla 5.1.8.1.12 y Tabla 5.1.8.1.13).

Registro Diarios y mensuales Históricos



Ciclos mensuales multianuales



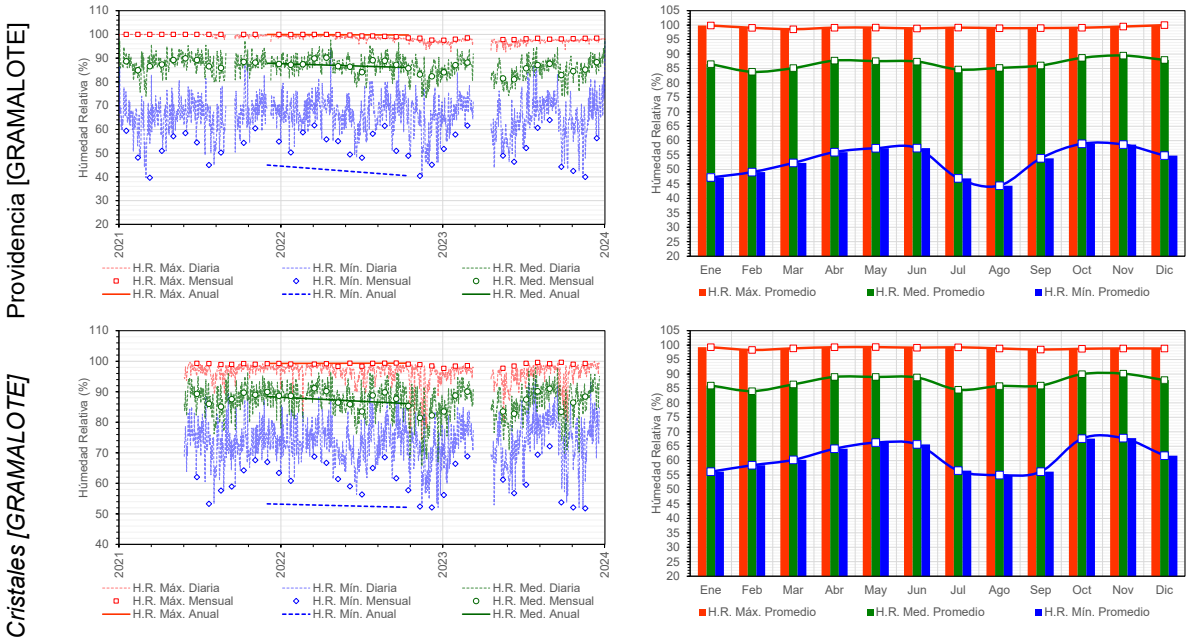


Figura 5.1.8.1.14 Caracterización de la humedad relativa máxima, media y mínima en compañía de los ciclos mensuales de las estaciones que se ubican en el área de estudio

Fuente: Integral S.A., 2025

5.1.8.1.6 Radiación Solar

La radiación solar se define como la energía emitida por el sol que llega a la Tierra en forma de ondas electromagnéticas. En el Sistema Internacional de Unidades, este parámetro se expresa en vatios segundo por metro cuadrado ($W*s/m^2$). Es importante destacar que esta variable es el elemento fundamental que constituye el funcionamiento del sistema climático terrestre, influyendo directamente en la temperatura, los patrones de circulación atmosférica y el ciclo hidrológico. Según el Atlas Climatológico Nacional los niveles de radiación en la superficie dependen de varios factores, tales como la posición del sol, la altitud, el cubrimiento de las nubes, la cantidad de ozono en la atmosfera y la reflexividad terrestre (IDEAM, 2017).

Al igual que con la presión atmosférica, para caracterizar este parámetro se utilizó la información satelital del ERA 5 (ECMWF, s.f.), fuente de la cual fueron extraídos los datos horarios disponibles desde 2014 hasta la fecha (cerca de 11 años). Es necesario aclarar que esta decisión fue tomada debido a que las estaciones climatológicas del IDEAM ubicadas en la zona no cuentan con mediciones disponibles para esta variable, además de que la instrumentación perteneciente a la red de monitoreo GRAMALOTE no cuenta con la longitud mínima exigida por los términos de referencia para evaluar impactos ambientales en proyectos de explotación minera (Ver Tabla 5.1.8.1.5)

Bajo este contexto y siguiendo la metodología anteriormente planteada (ver numeral 5.1.8.1.3), fue utilizado el punto más próximo al proyecto que cuenta con información disponible del ERA5 (ver localización en Figura 5.1.8.1.5 y descripción en Tabla 5.1.8.1.5). En este sentido se debe resaltar que para validar las tendencias reflejadas por los datos

satelitales (promedios diurnos a escala diaria, mensual y multianual), se optó por emplear los registros derivados de las estaciones Providencia y Cristales, hecho que puede ser observado en la Tabla 5.1.8.1.14, la Figura 5.1.8.1.15 y la Figura 5.1.8.1.16.

Los datos descargados de cada estación se presentan de manera detallada en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_00_Brllo_Sol.

Tabla 5.1.8.1.14 Valores medios mensuales y multianuales de radiación solar para cada uno de los puntos de análisis seleccionados

Periodo	Radiación Solar ERA5 (KW*h/m^2/d)	Radiación Solar Providencia (KW*h/m^2/d)	Radiación Solar Cristales (KW*h/m^2/d)
Enero	10,17	4,46	4,26
Febrero	9,79	4,68	4,80
Marzo	9,69	4,77	4,53
Abril	8,83	4,77	4,71
Mayo	8,39	4,94	4,84
Junio	9,19	5,29	4,94
Julio	9,94	5,68	5,28
Agosto	10,27	5,69	5,91
Septiembre	10,29	5,36	5,77
Octubre	8,93	4,86	5,42
Noviembre	8,34	4,57	5,29
Diciembre	9,86	4,62	4,36
Promedio Multianual	9,45	4,96	4,81

Fuente: Integral S.A., 2025

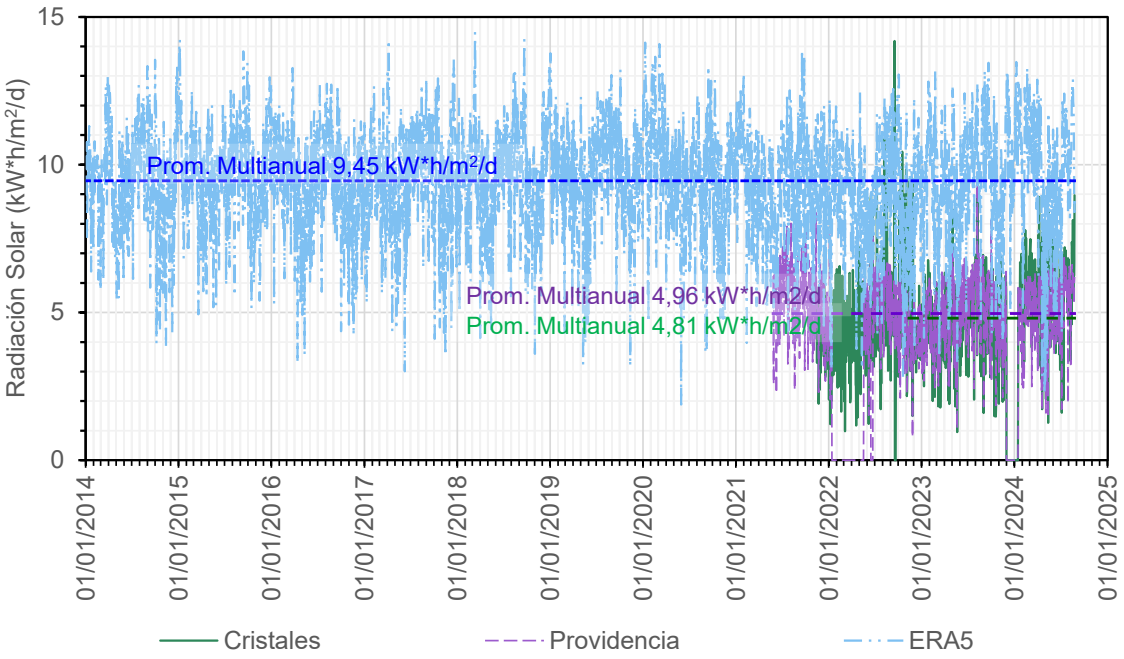


Figura 5.1.8.1.15 Series medias diarias diurnas de radiación solar para las fuentes de información consultadas

Fuente: Integral S.A., 2025

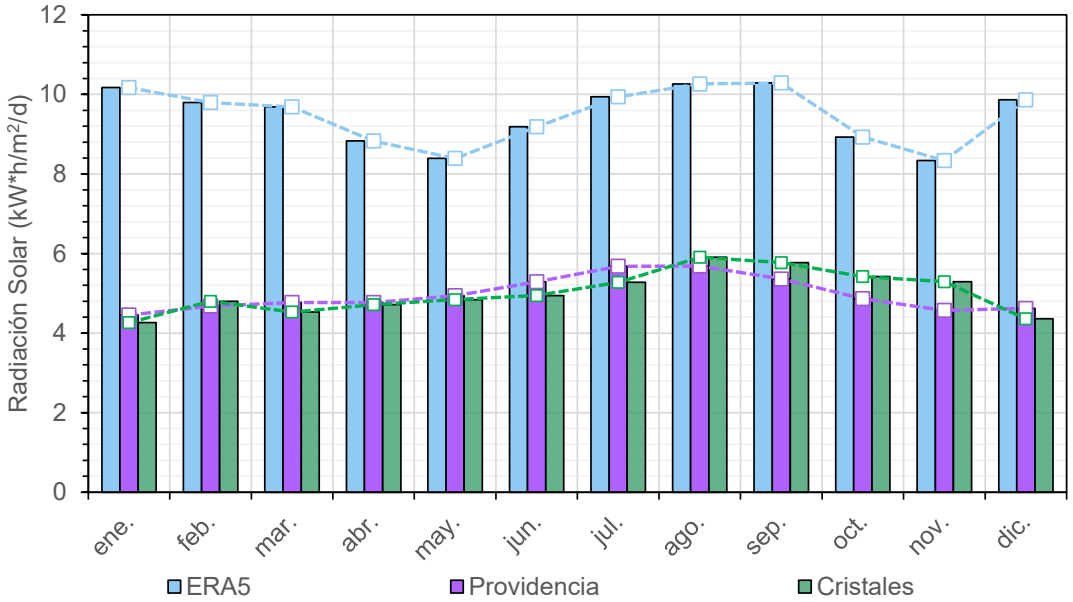


Figura 5.1.8.1.16 Distribución mensual de la radiación solar para las fuentes de información consultadas

Fuente: Integral S.A., 2025

Al observar los análisis estadísticos se evidencia según el ERA5 un comportamiento bimodal para esta variable, en la que los periodos de mayores magnitudes se ubican entre los meses de diciembre-febrero y julio-septiembre, mientras que los mínimos valores comprenden las épocas de marzo-mayo y octubre-diciembre (Ver Figura 5.1.8.1.16). En este punto se debe establecer que al valorar el comportamiento reflejado por las estaciones en tierra (Providencia y Cristales) Vs las tendencias reflejadas por el producto satelital, se logra identificar la existencia de una diferencia relativa de más del 50%, hecho que es justificable al considerar la naturaleza de las fuentes de información consultadas, en la que cabe destacar que la segunda de ellas se fundamenta en inferencias indirectas, mientras que la primera obtiene sus datos a partir de lecturas hechas en campo. Bajo este contexto se opta por asumir como datos "validos" para la presente caracterización aquellos registros que se encuentran asociados a la red de monitoreo GRAMALOTE.

Es de destacar que bajo estos datos se puede observar una tendencia a nivel mensual relativamente estable, hecho que se encuentra en correlación con el comportamiento previamente identificado para las variables de temperatura y presión atmosférica (ver numerales 5.1.8.1.2 y 5.1.8.1.3). De esta forma, se observa que a nivel multianual la radiación solar puede oscilar sobre los 4,8 a 5,0 KW*h/m2/d, encontrándose según los perfiles medios mensuales a nivel horario que los picos de radiación pueden presentarse entre las 11:00 a.m. y la 1:00 p.m., alcanzando topes máximos intradiarios que varían mensualmente entre los 10 KW*h/m^2/d y los 21 KW*h/m^2/d (ver Figura 5.1.8.1.17, Figura 5.1.8.1.18 y Figura 5.1.8.1.19).

Adicionalmente en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_01_C_Brllo_Sol. se presenta el procesamiento de la información que sustenta los resultados obtenidos.

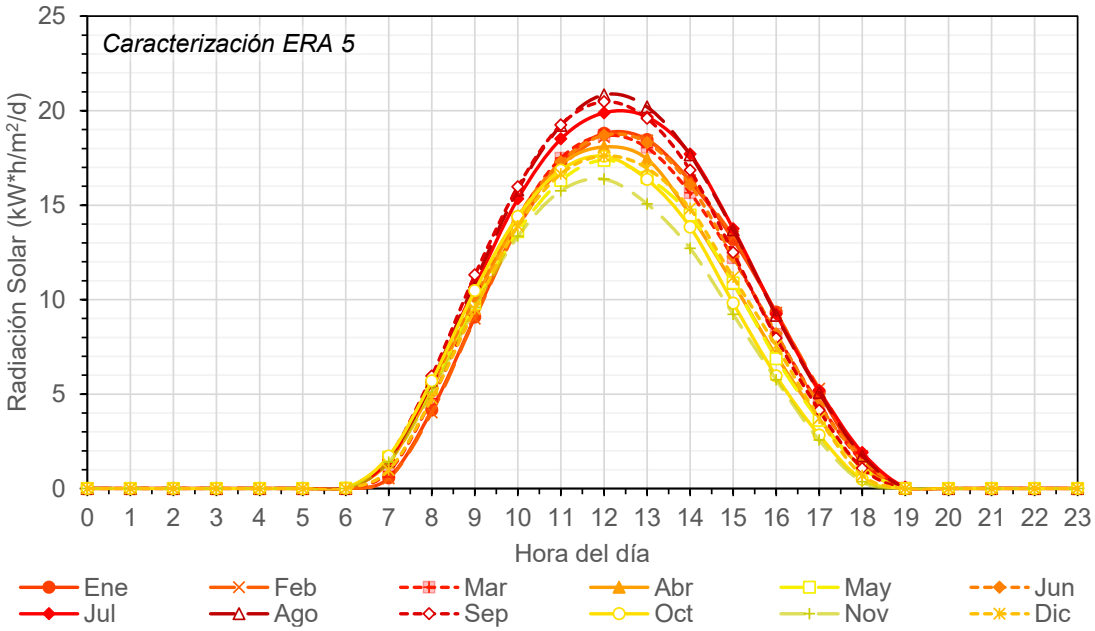


Figura 5.1.8.1.17 Perfil medio mensual a nivel horario obtenido del ERA5

Fuente: Integral S.A., 2025

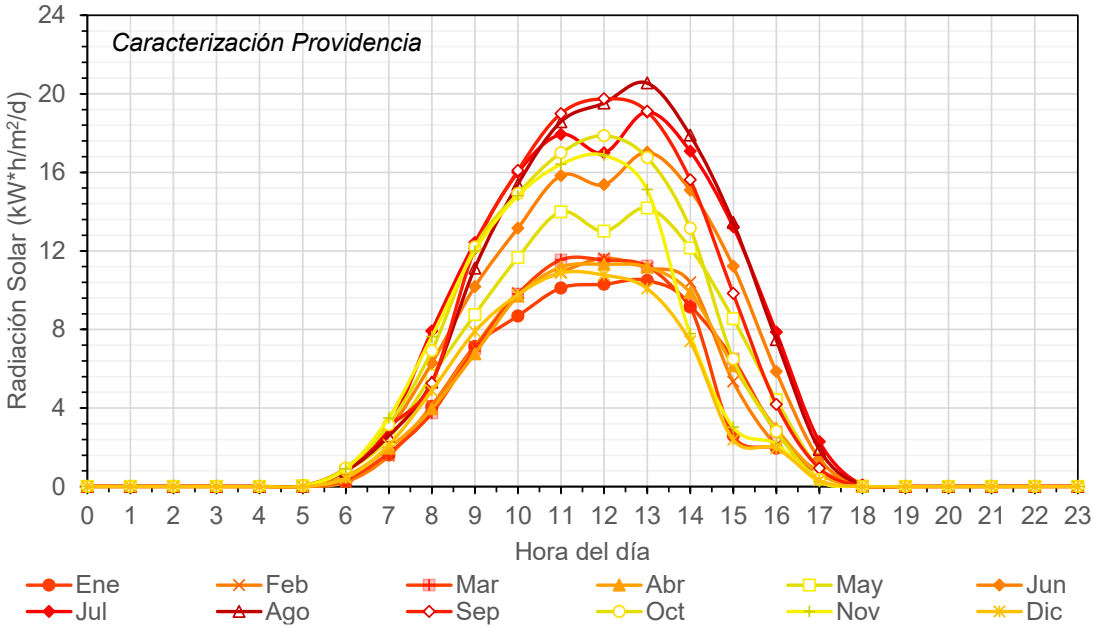


Figura 5.1.8.1.18 Perfil medio mensual a nivel horario obtenido para la estación Providencia

Fuente: Integral S.A., 2025

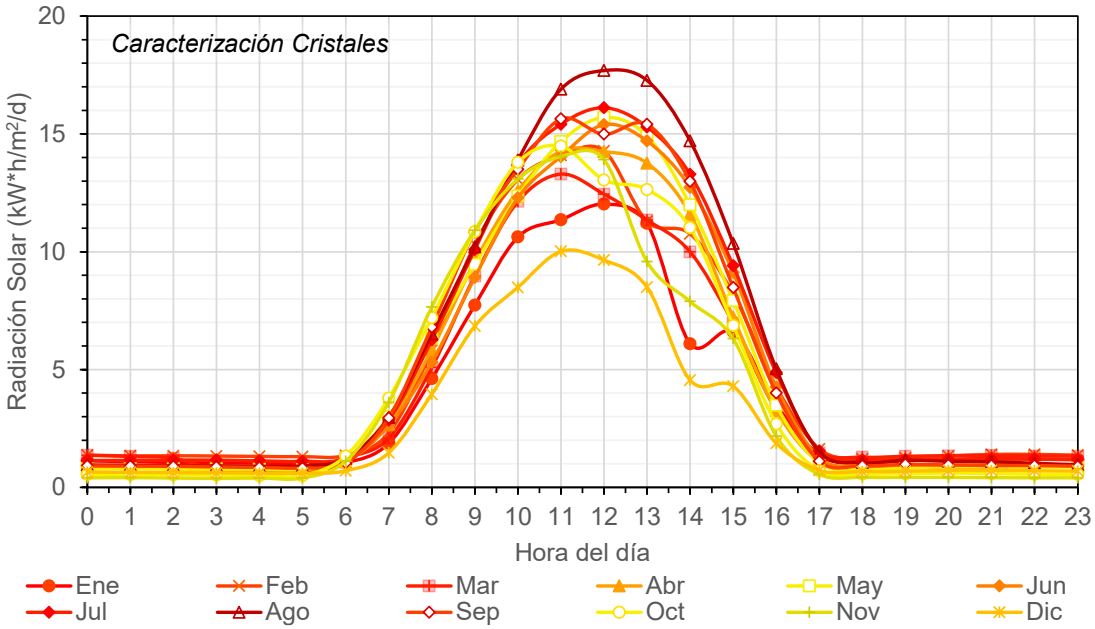


Figura 5.1.8.1.19 Perfil medio mensual a nivel horario obtenido para la estación Cristales

Fuente: Integral S.A., 2025

5.1.8.1.7 Vientos

El viento se define como el movimiento horizontal del aire con respecto a la superficie terrestre, causado principalmente por los gradientes de presión que se presentan en la atmosfera. Esta variable es parametrizada mediante su dirección y velocidad, las cuales usualmente se expresan en grados (°) y en metros por segundo (m/s). Sus valores máximos se observan en las corrientes que se originan desde las áreas de alta presión atmosférica hacia las zonas de baja densidad, mientras que los mínimos se presentan en regiones ecuatoriales y en el centro de sistemas de alta presión. Es importante destacar que los vientos juegan un papel crucial en la distribución global del calor y la humedad, influyendo significativamente en los patrones climáticos globales y regionales.

Respecto al análisis estadístico de este parámetro se debe establecer que este proceso se basó principalmente en los registros medios horarios que fueron obtenidos de la estación IDEAM Granja Experimental El Nus [23085081], aclarando que además se tomarán las estaciones GRAMALOTE para realizar el respectivo análisis comparativo (ver distribución espacial en la Figura 5.1.8.1.20 y descripción en la Tabla 5.1.8.1.15).

Los datos descargados de cada estación se presentan de manera detallada en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_00_Vient.

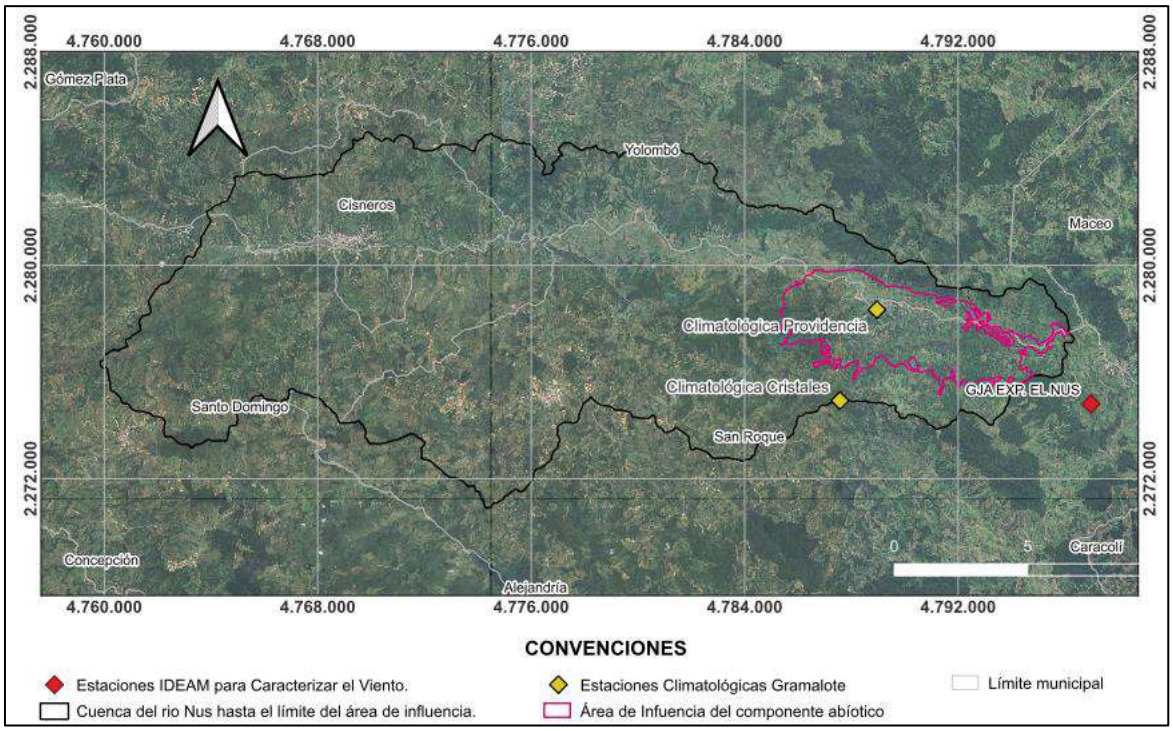


Figura 5.1.8.1.20 Ubicación de las estaciones empleadas para la caracterización de la velocidad y dirección del viento

Fuente: Integral S.A., 2025

Tabla 5.1.8.1.15 Estaciones utilizadas en la caracterización de la velocidad y dirección del viento sobre el área de estudio

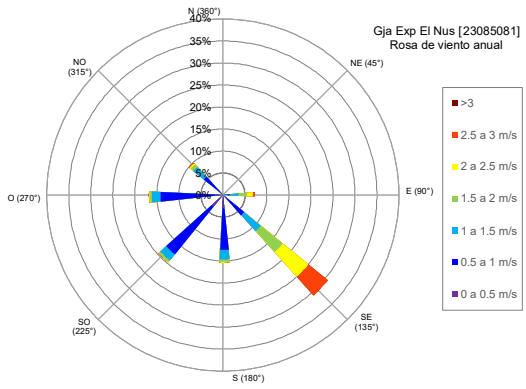
Nombre	Código	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m.)	Rango de años analizado	Años de registro	Datos faltantes
Granja Exp. El Nus (IDEAM)	23085080	4.796.966,92	2.274.793,56	859	2.018-2.023	6	14,54%
Providencia (GRAMALOTE)	N/A	4.788.946,70	2.278.327,98	978	2.021-2.024	3	0,00%
Cristales (GRAMALOTE)	N/A	4.787.561,92	2.274.918,12	1278	2.021-2.024	3	0,00%

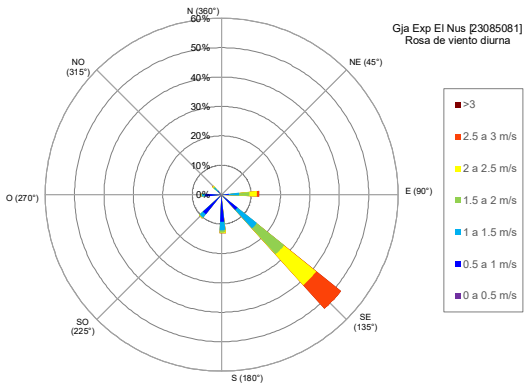
Nota: La ubicación de las estaciones se encuentra en coordenadas Magna-Sirgas Origen Nacional.

Fuente: Integral S.A., 2025

Con base en estas estaciones y sus registros se valoraron las rosas de viento diurnas (6:00 a.m.- 6:00 p.m.; 12 horas en total), nocturnas (6:00 p.m.- 6:00 a.m.; 12 horas en total), anuales (totalidad de los registros obtenidos) y sus variaciones mensuales, obteniendo así los resultados que son caracterizados desde la Figura 5.1.8.1.21 hasta la Figura 5.1.8.1.26. Es necesario precisar que las frecuencias de velocidades presentadas sobre cada dirección preferente son del tipo acumulado - suma de las categorías previas incluyendo el valor actual -, por lo que el porcentaje representativo de cada rango de velocidad (de 0 m/s a 0.5 m/s, p. ej.) se encuentra referido a la amplitud de su escala de color (para el ejemplo, diferencia entre el valor máximo y valor mínimo de la franja purpura).

Adicionalmente en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_01_Vient. se presenta el procesamiento de la información que sustenta los resultados obtenidos.





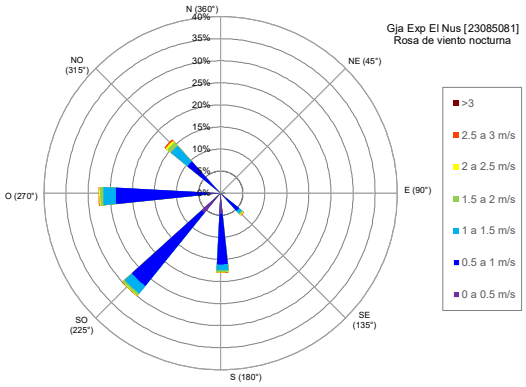
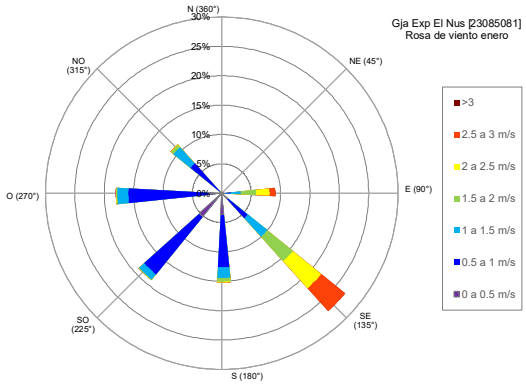
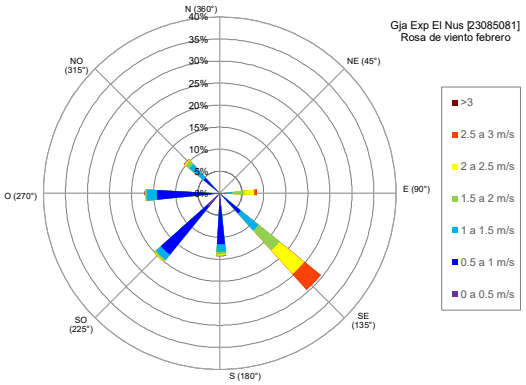
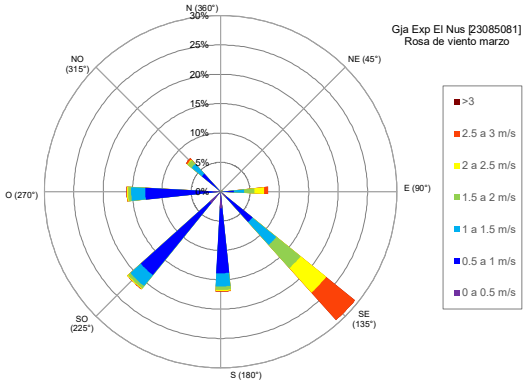


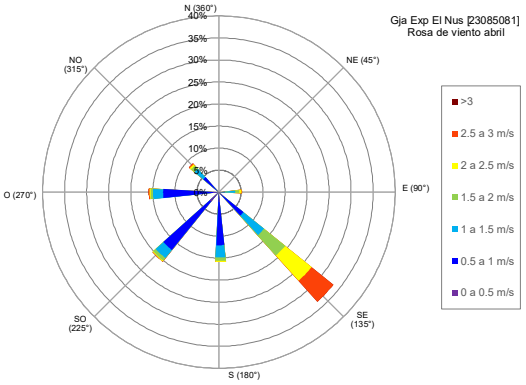
Figura 5.1.8.1.21 Rosas de viento anual, diurna y nocturna para la estación IDEAM Granja. Exp. El Nus [23085081]

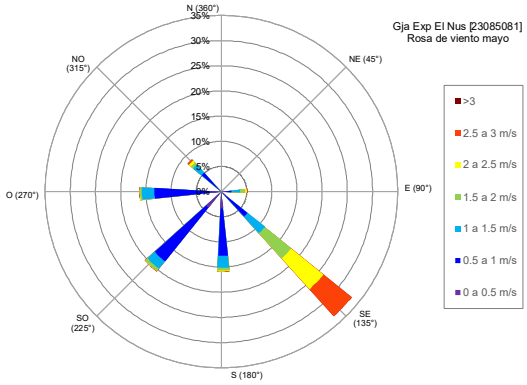
Fuente: Integral S.A., 2025

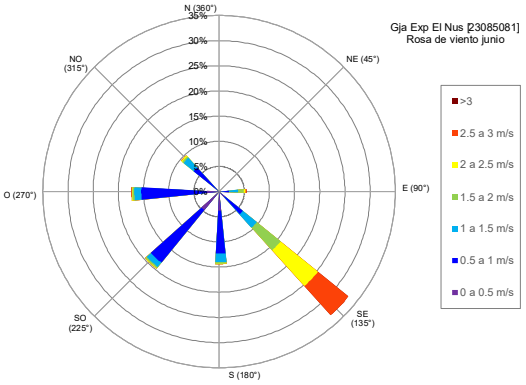


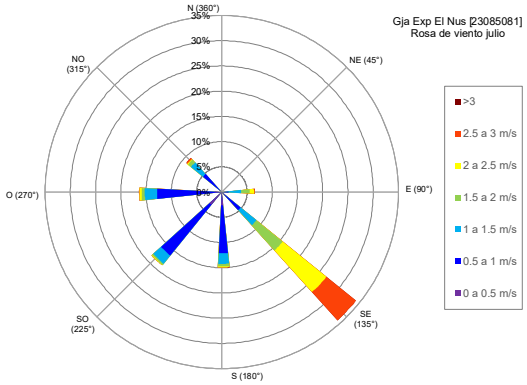


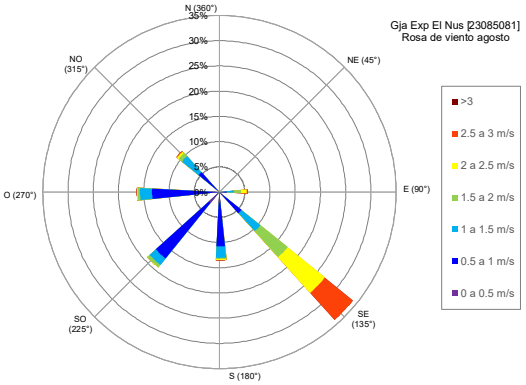


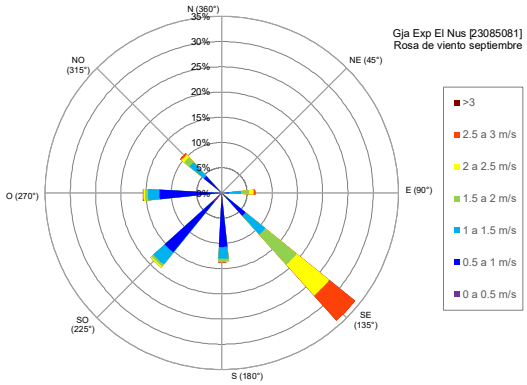


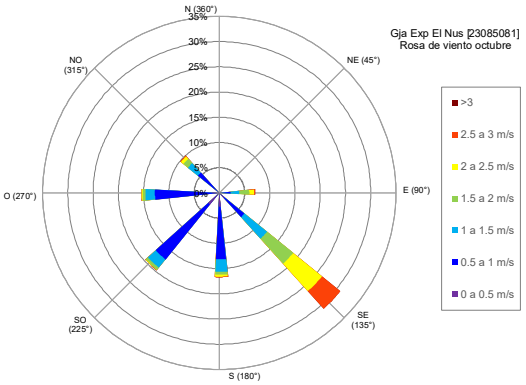

Gja Exp El Nus [23085081]
Rosa de viento mayo
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Gja Exp El Nus [23085081]
Rosa de viento junio
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Gja Exp El Nus [23085081]
Rosa de viento julio
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Gja Exp El Nus [23085081]
Rosa de viento agosto
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Gja Exp El Nus [23085081]
Rosa de viento septiembre
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Gja Exp El Nus [23085081]
Rosa de viento octubre
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s

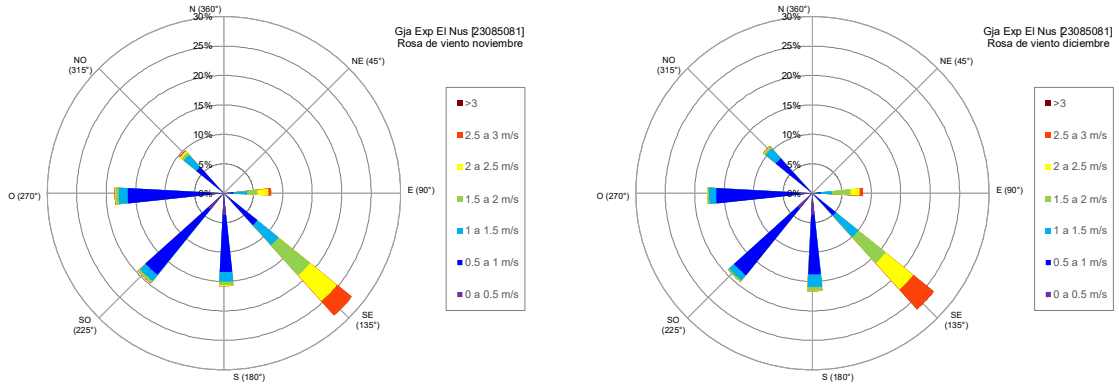


Figura 5.1.8.1.22 Rosas de viento mensuales para la estación IDEAM Granja. Exp. El Nus [23085081]

Fuente: Integral S.A., 2025

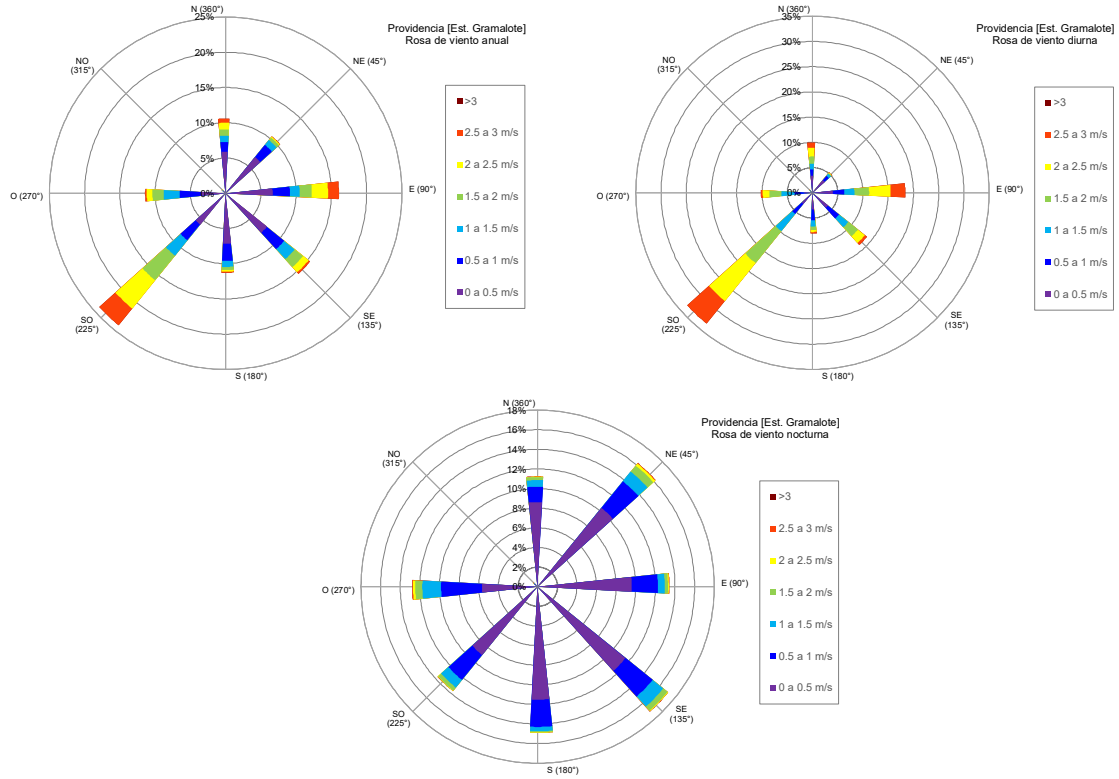
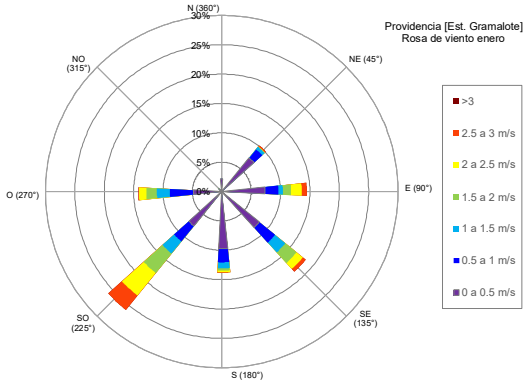
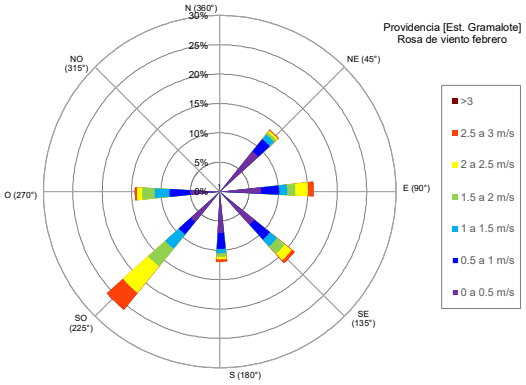
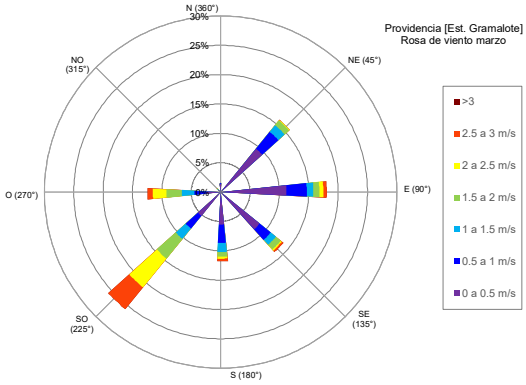


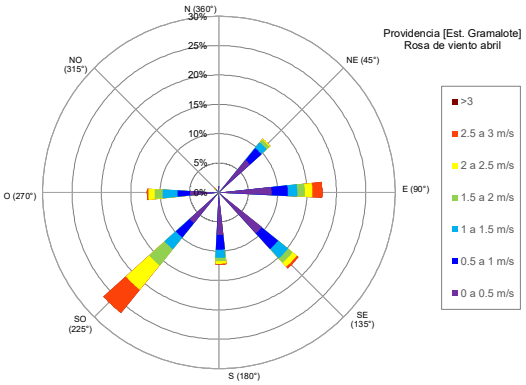
Figura 5.1.8.1.23 Rosas de viento anual, diurna y nocturna para la estación GRAMALOTE Providencia

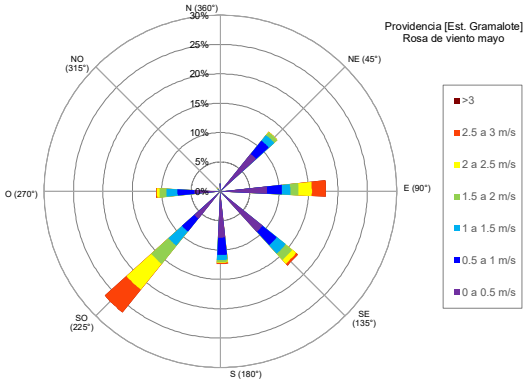
Fuente: Integral S.A., 2025

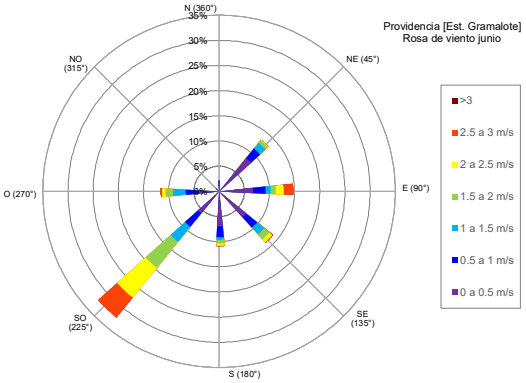

Providencia [Est. Gramalote]
Rosa de viento enero
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s

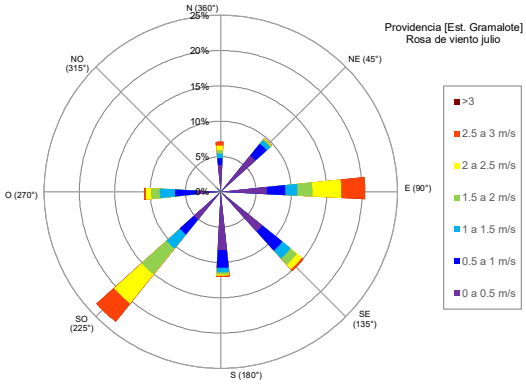

Providencia [Est. Gramalote]
Rosa de viento febrero
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s

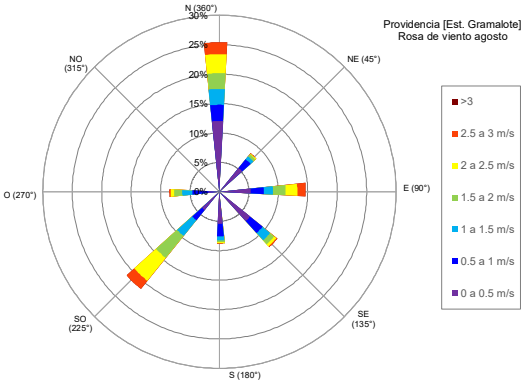

Providencia [Est. Gramalote]
Rosa de viento marzo
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Providencia [Est. Gramalote]
Rosa de viento abril
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Providencia [Est. Gramalote]
Rosa de viento mayo
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Providencia [Est. Gramalote]
Rosa de viento junio
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Providencia [Est. Gramalote]
Rosa de viento julio
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
25%
20%
15%
10%
5%
0%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Providencia [Est. Gramalote]
Rosa de viento agosto
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s

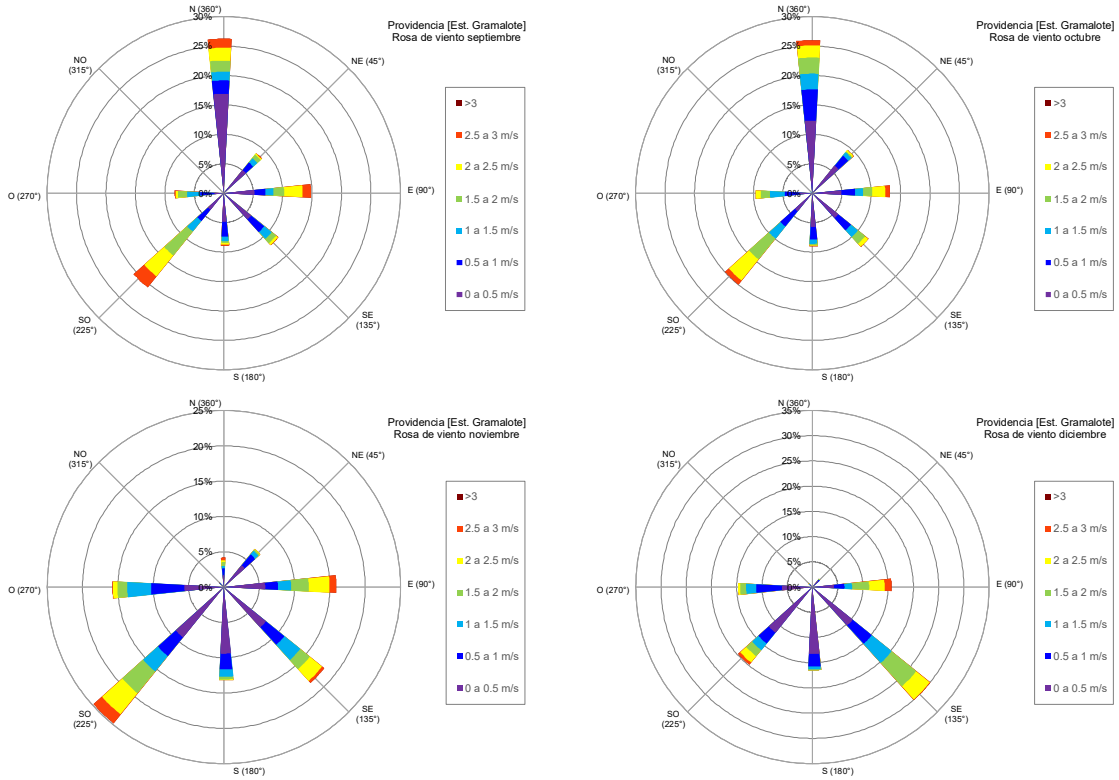
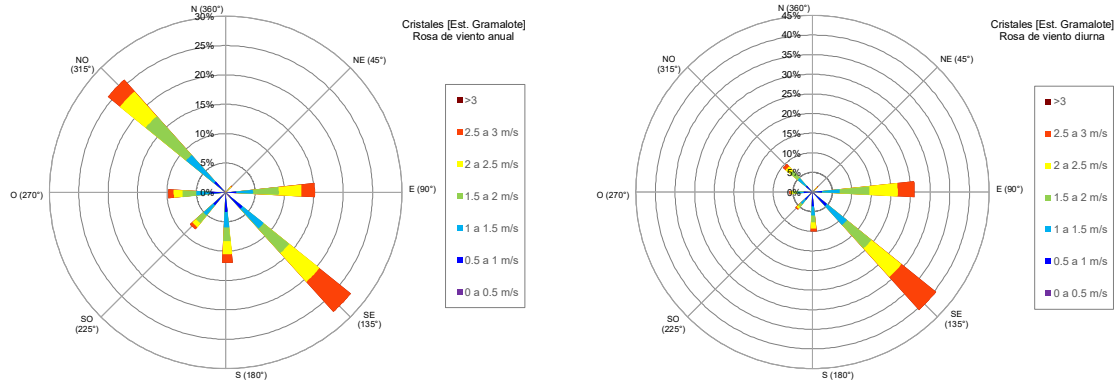


Figura 5.1.8.1.24 Rosas de viento mensuales para la estación GRAMALOTE Providencia

Fuente: Integral S.A., 2025



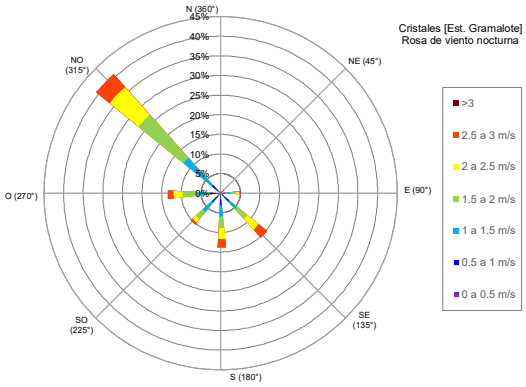
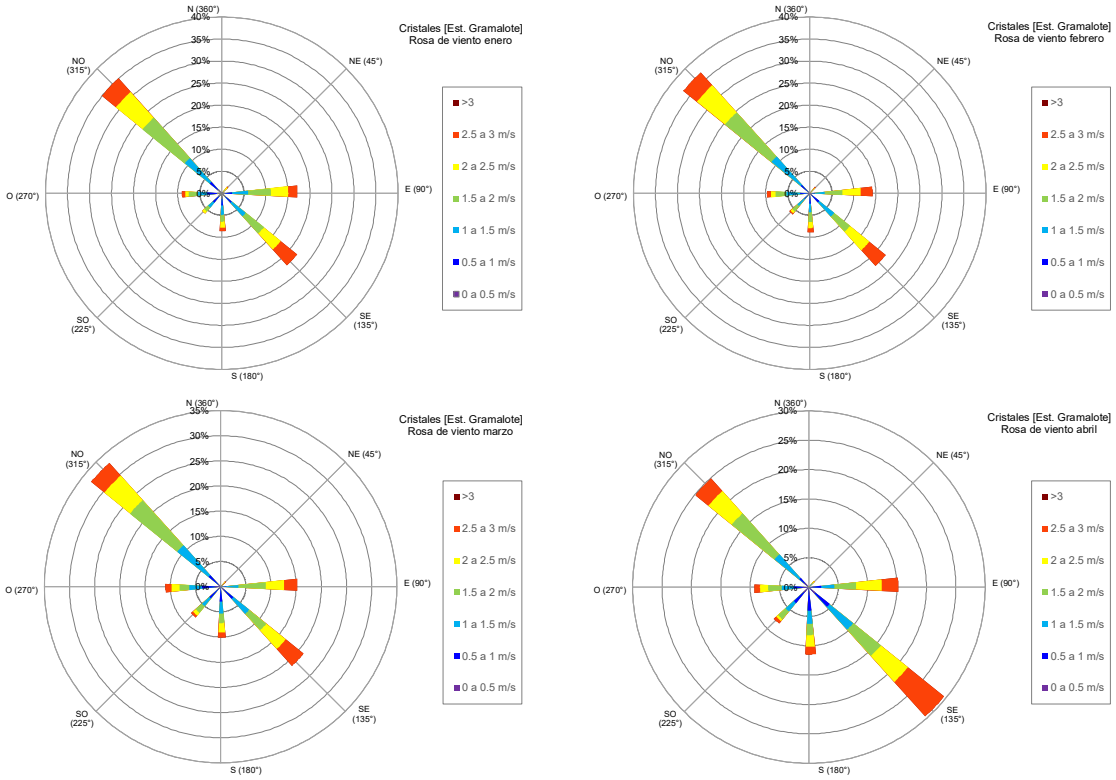
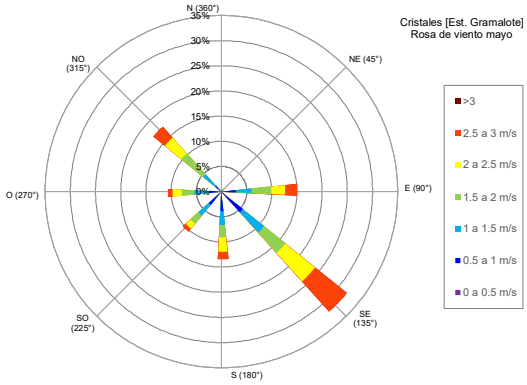
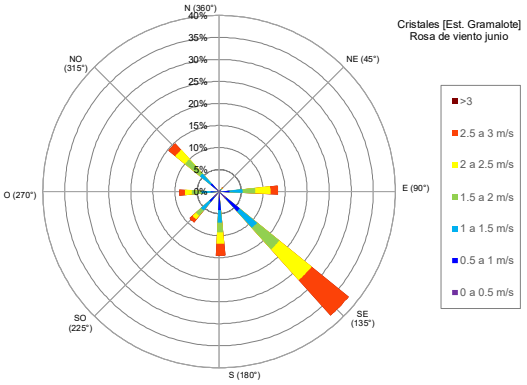


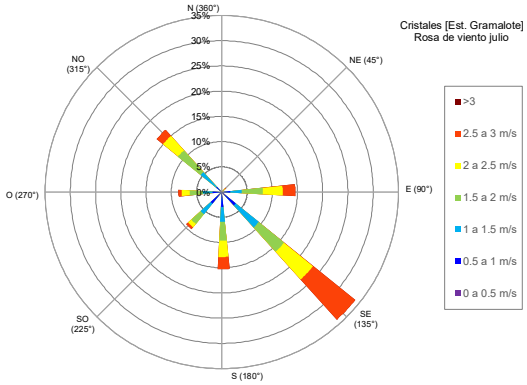
Figura 5.1.8.1.25 Rosas de viento anual, diurna y nocturna para la estación GRAMALOTE Cristales

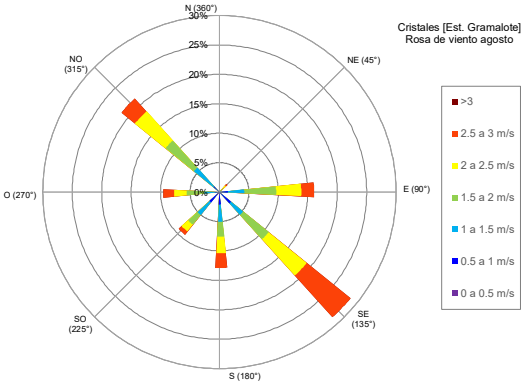
Fuente: Integral S.A., 2025

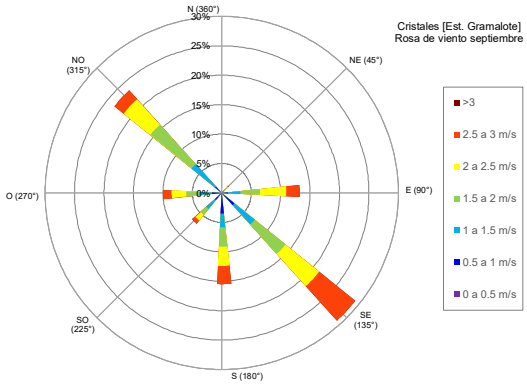


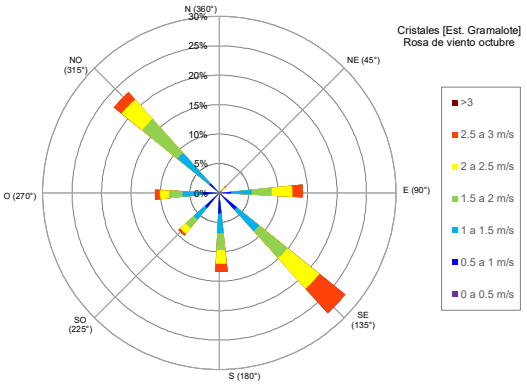

Cristales [Est. Gramalote]
Rosa de viento mayo
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Cristales [Est. Gramalote]
Rosa de viento junio
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Cristales [Est. Gramalote]
Rosa de viento julio
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Cristales [Est. Gramalote]
Rosa de viento agosto
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Cristales [Est. Gramalote]
Rosa de viento septiembre
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s


Cristales [Est. Gramalote]
Rosa de viento octubre
N (360°)
NE (45°)
E (90°)
SE (135°)
S (180°)
SO (225°)
O (270°)
NO (315°)
>3
2.5 a 3 m/s
2 a 2.5 m/s
1.5 a 2 m/s
1 a 1.5 m/s
0.5 a 1 m/s
0 a 0.5 m/s

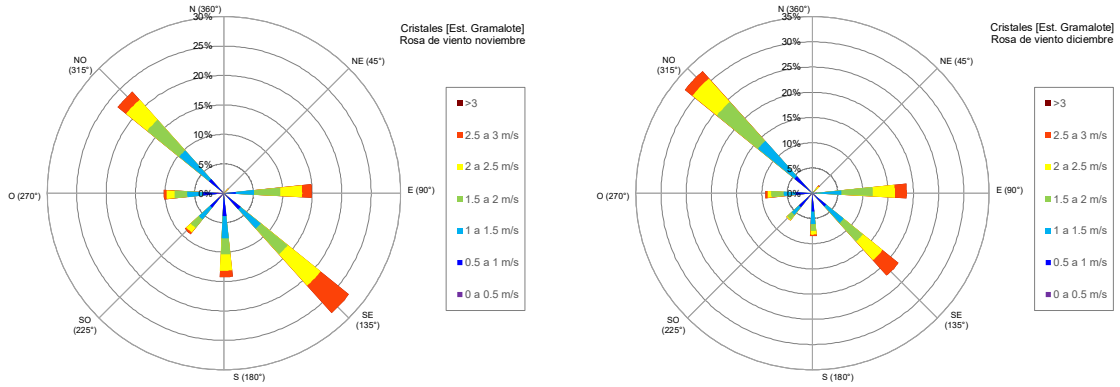


Figura 5.1.8.1.26 Rosas de viento mensuales para la estación GRAMALOTE Cristales

Fuente: Integral S.A., 2025

Respecto al área de influencia y tomando la estación IDEAM como referencia, se puede evidenciar que los vientos en superficie oscilan entre 0 y 3 m/s. A nivel anual se observa que en la zona próxima al río Nus predominan los vientos provenientes del Sureste (ver estación Granja Experimental El Nus en la Figura 5.1.8.1.22). Así mismo, las rosas diurnas revelan, una preponderancia de corrientes que se originan desde el Sureste, con componentes secundarias del Este y el Sur. En el horario nocturno, se presentan direcciones que prevalecen desde el Suroeste y el Oeste. En el caso de las variaciones mensuales los vientos predominantes se originan para todos los casos desde el Sureste.

Por parte de la red de monitoreo GRAMALOTE se observa una predominancia de vientos a nivel anual provenientes desde el Suroeste para la estación Providencia, y el Noroeste y el Sureste para la estación Cristales (ver Figura 5.1.8.1.23 a Figura 5.1.8.1.26). Las rosas diurnas para ambos instrumentos revelan corrientes que se originan desde el Suroeste y el Sureste. En el horario nocturno se presentan vientos que provienen de todas direcciones para la estación Providencia, mientras que para la estación Cristales lo hacen desde el Noreste. En el caso de las variaciones mensuales, se identifican cuadrantes dominantes que corresponden al Suroeste para la estación Providencia, y el Noroeste y el Sureste para la estación Cristales.

Se debe precisar que las condiciones descritas reflejan la influencia de otros fenómenos macro climáticos, tales como la ZCIT (zona de convergencia intertropical). Además de esto, al considerar que el tramo de interés pertenece a un sistema del tipo valle-montaña (cuenca del río Nus), se espera que la orientación del altiplano con respecto a la incidencia de la radiación solar origine diferencias térmicas que propicien otros fenómenos locales, tales como: (1) Configuración de los denominados vientos catabáticos y anabáticos (ver Figura 5.1.8.1.27); y (2) La materialización del denominado efecto Fohen (ver Figura 5.1.8.1.28). Este tipo de fenómenos explica por qué las direcciones dominantes del viento se encuentran relacionadas con la orientación que sigue el río Nus en las inmediaciones de la zona de caracterización climática (trayectoria Oeste-Sureste).

Figura 5.1.8.1.27 Descripción de los vientos Catabáticos (literal A) y Anabáticos (literal B)

Fuente: Modificado de IDEAM, 2017

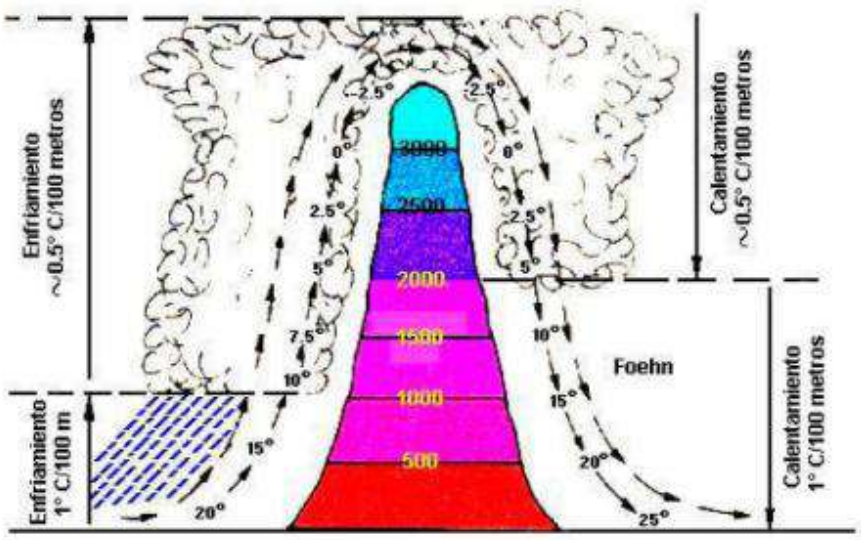


Figura 5.1.8.1.28 Flujo del viento bajo el efecto Fohen

Fuente: IDEAM, 2017

5.1.8.1.8 Nubosidad

La nubosidad es la fracción de cielo que se encuentra cubierta de nubes para un instante dado. Esta variable se expresa en octavos de cielo cubierto u octas, los rangos bajo los cuales se mide esta variable se exhiben en la Tabla 5.1.8.1.16.

Tabla 5.1.8.1.16 Nubosidad según los rangos en octas

Símbolo	Extensión Cielo Cubierto	
	0/8	Despejado
	1/8	Poco nuboso
	2/8	Poco nuboso
	3/8	Poco nuboso
	4/8	Nuboso
	5/8	Nuboso
	6/8	Muy nuboso
	7/8	Muy nuboso
	8/8	Cubierto

Fuente: Evaluación y Control Ambiental (E&C), 2011

Respecto al análisis estadístico de este parámetro se debe establecer que este proceso se basó principalmente en los registros horarios (7:00 a.m., 1:00 p.m. y 6:00 p.m.) que fueron obtenidos de la estación IDEAM que se encuentra disponible en la zona de caracterización climática (ver ubicación en la Figura 5.1.8.1.29 y descripción en la Tabla 5.1.8.1.17 y Figura 5.1.8.1.30).

Tabla 5.1.8.1.17 Estación IDEAM utilizada en la caracterización de la nubosidad

Nombre	Código	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m.)	Rango de años analizado	Años de registro	Datos faltantes
Granja Exp El Nus	23085080	4.796.966,92	2.274.793,56	859	1.997-2.023	27	24,75%

Fuente: Integral S.A., 2025

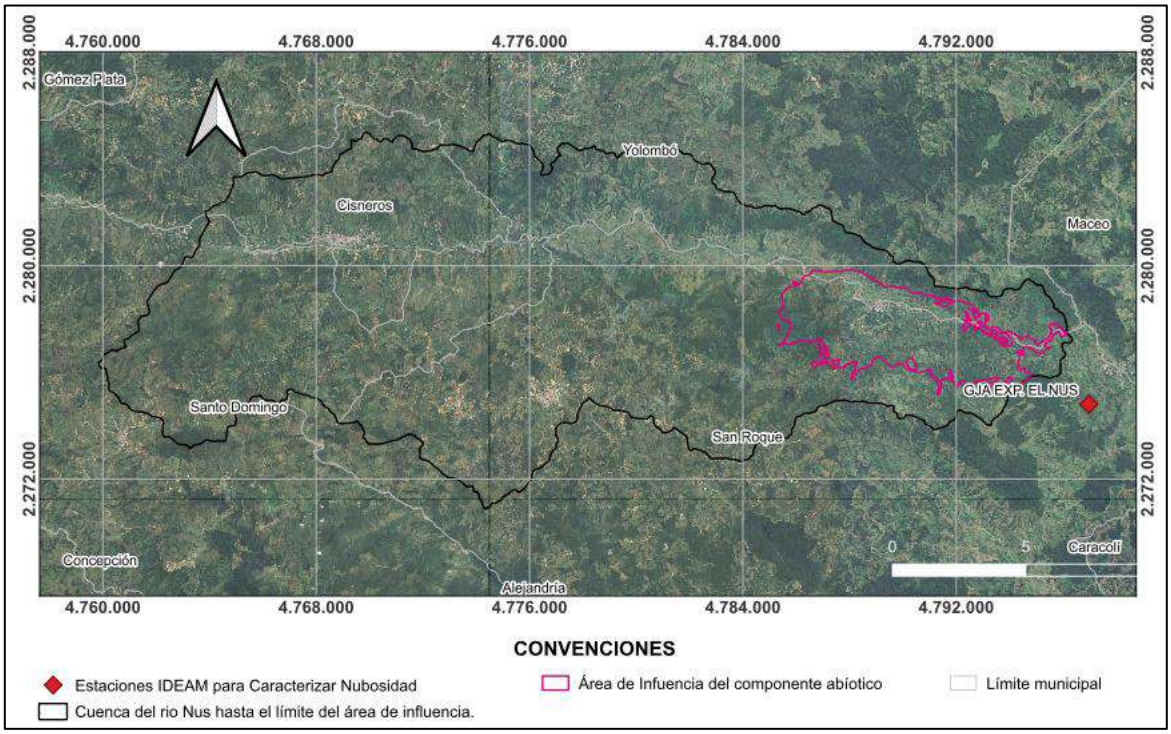


Figura 5.1.8.1.29 Ubicación de estación climatológica para la caracterización de la nubosidad

Fuente: Integral S.A., 2025

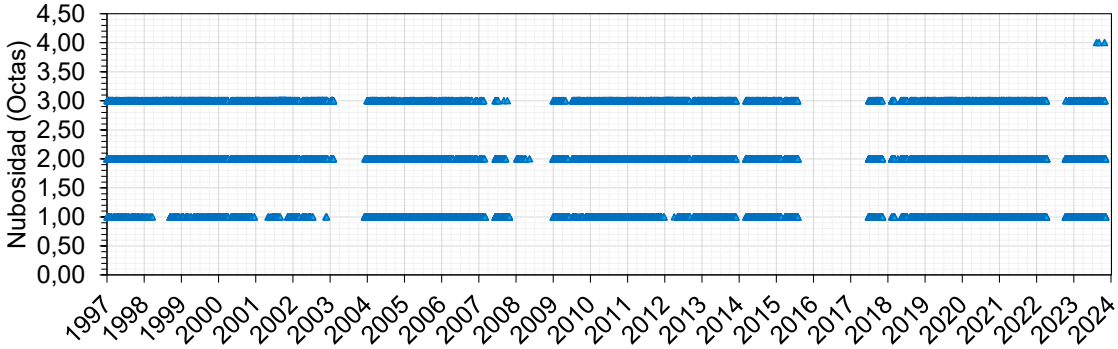


Figura 5.1.8.1.30 Registros horarios histórico de Nubosidad (7:00 a.m., 1:00 p.m. y 6:00 p.m.)

Fuente: Integral S.A., 2025

Con base en los registros de esta estación se realizó el análisis de nubosidad mensual y anual para el área de influencia. A forma de resumen se expone en la Tabla 5.1.8.1.18 y la Tabla 5.1.8.1.19

Los resultados obtenidos a partir de los estimativos realizados utilizando la información recopilada se pueden evidenciar en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_00_Nub.

Tabla 5.1.8.1.18 Promedio de la nubosidad media a escala anual para la estación Granja Experimental El Nus

Estación	Promedio Multianual
Granja Experimental El Nus	2

Fuente: Integral S.A., 2025

Tabla 5.1.8.1.19 Nubosidad media diaria en octas para la estación Granja Experimental El Nus

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Granja Exp El Nus	1,88	1,82	2,02	2,08	2,05	1,89	1,80	1,88	2,05	2,09	2,20	2,00

Fuente: Integral S.A., 2025

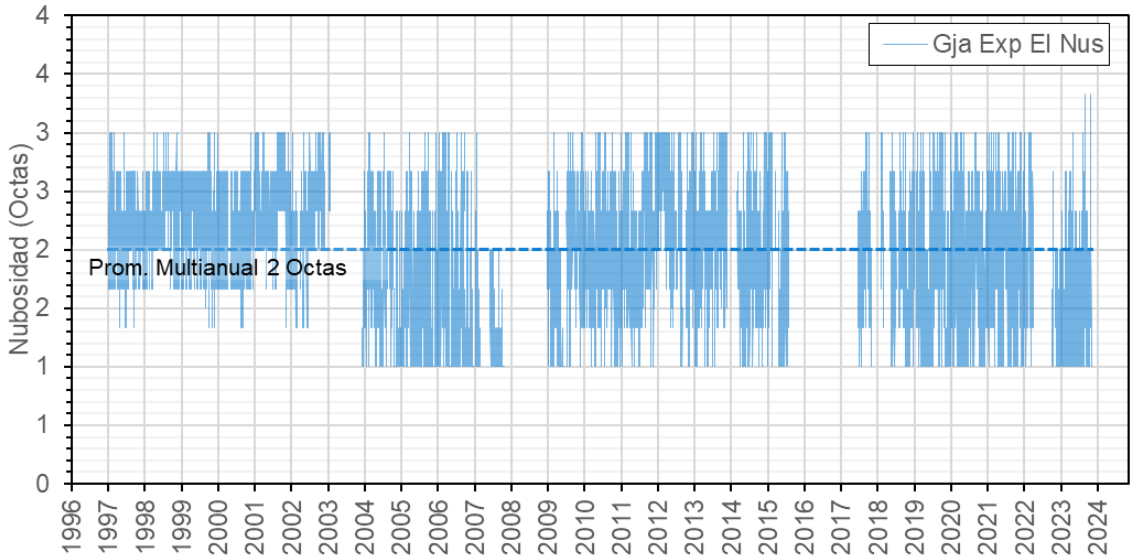


Figura 5.1.8.1.31 Serie media diaria de la nubosidad para el área de caracterización

Fuente: Integral S.A., 2025

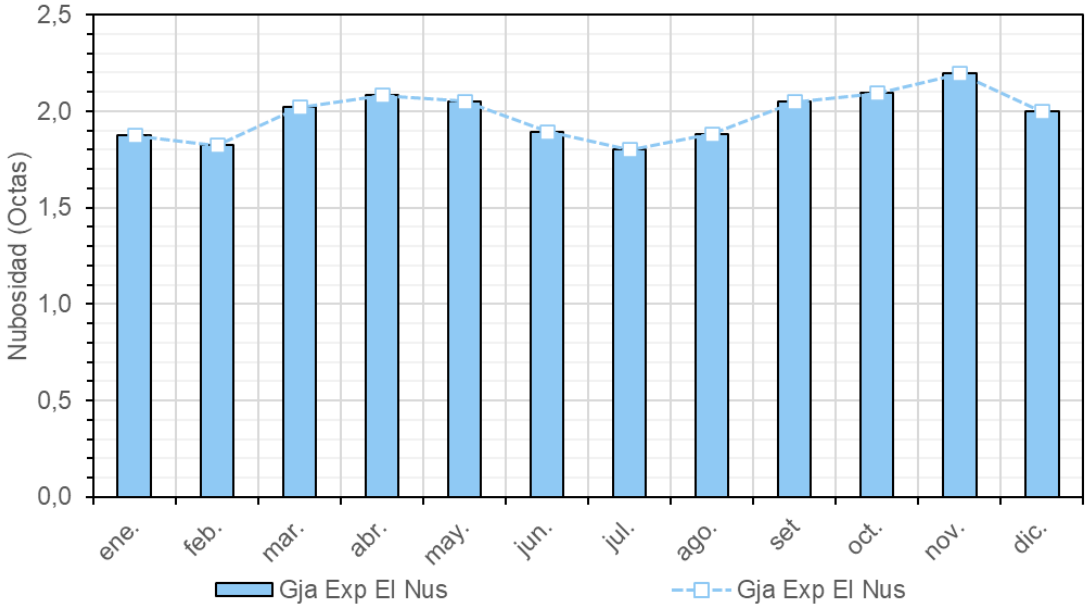


Figura 5.1.8.1.32 Distribución mensual de la nubosidad para el área de la caracterización

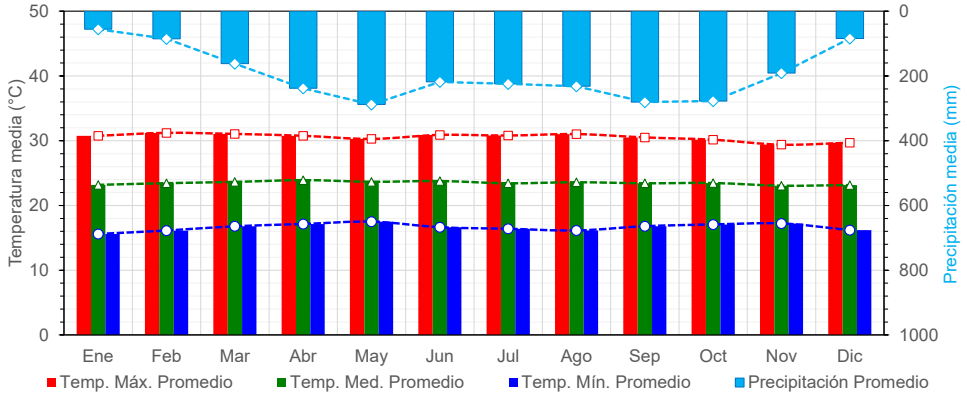
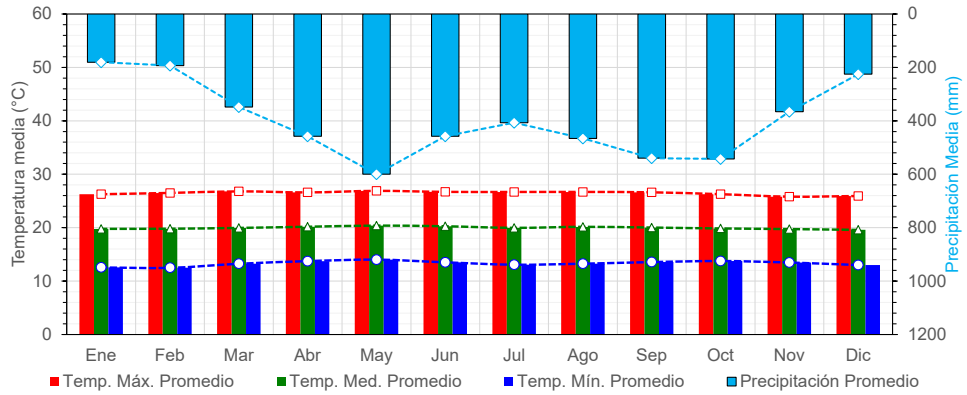
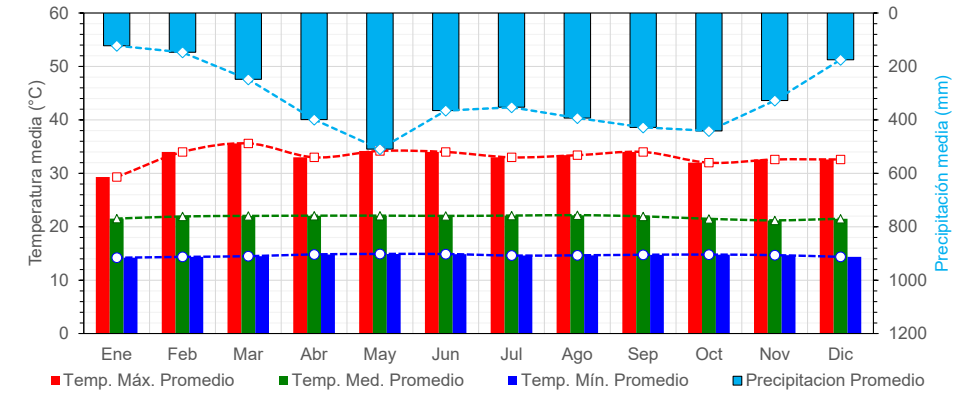
Fuente: Integral S.A., 2025

Al analizar los datos anteriormente presentados (ver Figura 5.1.8.1.31 y Figura 5.1.8.1.32), se logra observar un comportamiento bimodal sobre el área de influencia. En este sentido se puede identificar que los periodos con mayor nubosidad se presentan entre los meses de marzo-mayo y septiembre-noviembre, mientras que las épocas de menor índice se ubican entre diciembre-febrero y junio-agosto. Este último hecho guarda correlación con el ciclo climatológico que fue caracterizado para las variables de Precipitación, Humedad Relativa y Radiación Solar.

Finalmente, en el ANEXO_CARACTERIZACIÓN_CLIMATOLOGÍA_5_01_C_Nub. se presenta el procesamiento de la información que sustenta los resultados obtenidos.

5.1.8.1.9 Identificación de época seca y húmeda

Para identificar la época seca y húmeda de la zona del proyecto, se utilizaron los resultados de análisis de los valores medio mensuales multianuales de la temperatura (mostrados en la sección 5.1.8.1.2) y de la precipitación (ver sección 5.1.8.1.4). En la Figura 5.1.8.1.33 se presentan los histogramas de la temperatura, tanto mínima, media como máxima vs el histograma de las precipitaciones de las estaciones con registro de ambas variables, observando que, los periodos húmedos se ubican entre los meses de marzo-mayo y septiembre-noviembre, mientras que las épocas secas se presentan entre diciembre-febrero y junio-agosto, periodos consistentes con el efecto bimodal que se espera por el efecto de ZCIT (zona de convergencia intertropical).

Estación	Histogramas
Granja Experimental El Nus 23085080	
Alejandría 23085030	
Guayabito 27015190	

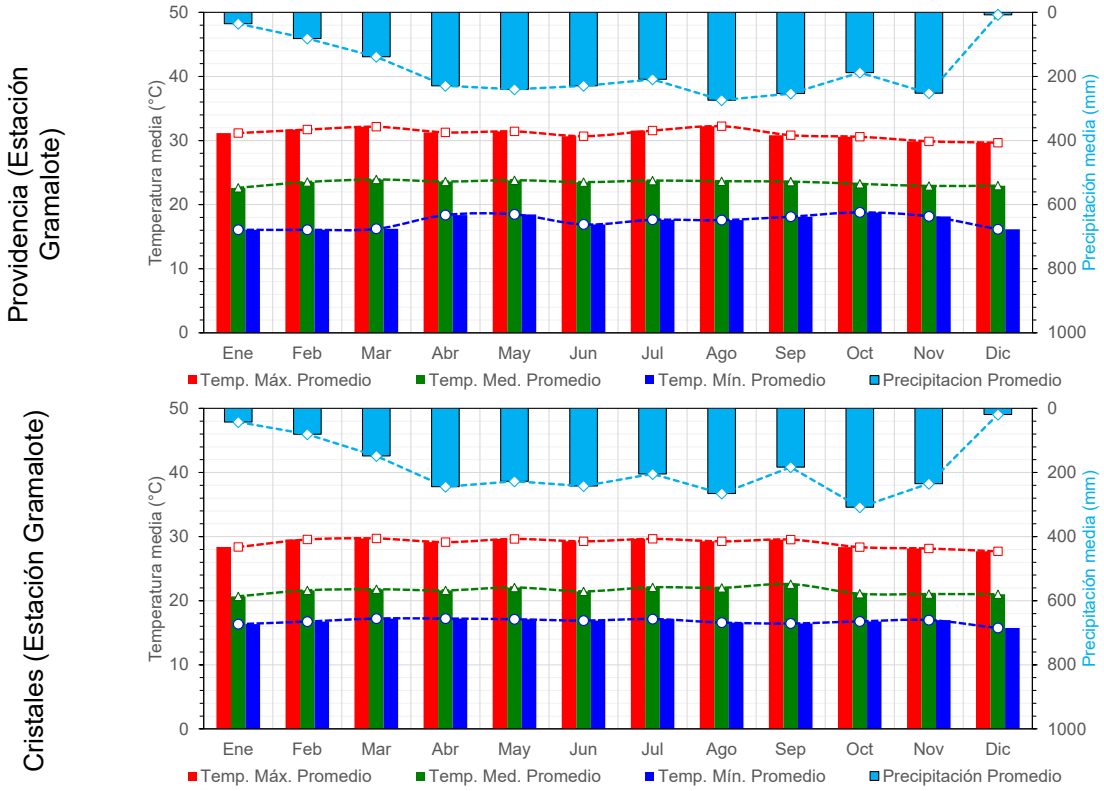


Figura 5.1.8.1.33 Histogramas de comparación temperatura vs precipitación

Fuente: Integral S.A., 2025

BIBLIOGRAFÍA

ECMWF. (s.f.). *Climate Data Store (ERA5)*. Obtenido de https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview

IDEAM. (2017). *Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia.* Bogota: Imprenta Nacional de Colombia.

MinAmbiente. (2016). *TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN MINERA.* Bogotá.

MinAmbiente. (2018). *METODOLOGÍA GENERAL PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES.* Bogotá.