



TGI
Grupo Energía Bogotá



TGI
Grupo Energía Bogotá

AMBIENTAL

**CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE
INFLUENCIA DEL PROYECTO-MEDIO
ABIÓTICO**

03.2.3. SUELOS

TABLA DE CONTENIDO

3	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	1
3.2	Medio Abiótico	1
3.2.3	Suelos	1
3.2.3.1	Clasificación de unidades de suelo	1
3.2.3.2	Descripción de las unidades de suelos	5
3.2.3.2.1	Suelos paisaje de montaña	7
3.2.3.2.1.1	Relieve de lomerío	8
3.2.3.2.1.2	Relieve de lahares	9
3.2.3.2.1.3	Relieve llanura de inundación	10
3.2.3.2.1.4	Cuerpos de agua natural	11
3.2.3.2.1.5	Cuerpos de agua artificial	11
3.2.3.2.1.6	Superficie con modelado antrópico	11
3.2.3.3	Monitoreo de Suelos (Calicatas)	12
3.2.3.3.1	Excavación de calicatas	12
3.2.3.3.2	Análisis de laboratorio de las muestras de suelo	17
3.2.3.4	Capacidad de uso de la tierra	42
3.2.3.5	Vocación uso de la tierra	49
3.2.3.6	Uso actual de la tierra	53
3.2.3.6.1	Agricultura	56
3.2.3.6.2	Asentamiento	57
3.2.3.6.3	Conservación	58
3.2.3.6.4	Forestal	59
3.2.3.6.5	Ganadería	60
3.2.3.6.6	Infraestructura	61
3.2.3.6.7	Minería	61
3.2.3.7	Conflicto de uso del suelo	62
3.2.3.8	Degradación de suelos	65
3.2.3.8.1	Determinantes ambientales	75
	BIBLIOGRAFÍA	78

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1	Mapa unidades cartográficas de suelos en el área de influencia	6
Figura 3-2	Distribución espacial de los puntos de muestreo (Calicatas)	13
Figura 3-3	Mapa capacidad uso de la tierra en el área de influencia	46
Figura 3-4	Distribución capacidad de uso de la tierra en el área de influencia	47
Figura 3-5	Mapa Vocación uso de la tierra en el área de influencia	52
Figura 3-6	Distribución espacial del grupo de uso actual del suelo	56
Figura 3-7	Mapa conflictos usos del suelo en el área de influencia	63
Figura 3-8	Distribución del conflicto usos del suelo en el área de influencia	64
Figura 3-9	Susceptibilidad a la degradación del suelo por erosión	72

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1	Letras empleadas para definir el paisaje	2
Tabla 3-2	Letras empleadas para definir el clima	3

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	I
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---

Tabla 3-3 Clasificación de rangos de pendiente	3
Tabla 3-4. Leyenda geopedológica del área de influencia y distribución porcentual de las unidades de suelo	5
Tabla 3-5 Puntos elaboración calicatas	12
Tabla 3-6 Descripción en campo perfil C1-PGC	13
Tabla 3-7 Descripción en campo perfil C2-PGC	15
Tabla 3-8 Descripción en campo perfil C3-PGC	16
Tabla 3-9 Variables químicas analizadas de los resultados de laboratorio	18
Tabla 3-10 Variables físicas analizadas de los resultados de laboratorio	18
Tabla 3-11 Parámetros evaluados en laboratorio	19
Tabla 3-12 Resultados propiedades químicas muestras tomadas	21
Tabla 3-13 Resultados análisis químicos Calicata C1-PCG, horizonte 01	22
Tabla 3-14 Resultados análisis químicos Calicata C1-PCG, horizonte 02	23
Tabla 3-15 Resultados análisis químicos Calicata C1-PCG, horizonte 03	24
Tabla 3-16 Resultados análisis químicos Calicata C2-PCG, horizonte 01	25
Tabla 3-17 Resultados análisis químicos Calicata C2-PCG, horizonte 02	26
Tabla 3-18 Resultados análisis químicos Calicata C2-PCG, horizonte 03	27
Tabla 3-19 Resultados análisis químicos Calicata C2-PCG, horizonte 04	28
Tabla 3-20 Resultados análisis químicos Calicata C3-PCG, horizonte 01	29
Tabla 3-21 Resultados análisis químicos Calicata C3-PCG, horizonte 02	30
Tabla 3-22 Resultados análisis químicos Calicata C3-PCG, horizonte 03	32
Tabla 3-23 Resultados análisis químicos Calicata C3-PCG, horizonte 04	33
Tabla 3-24 Resumen resultados puntos de monitoreo físico del suelo	34
Tabla 3-25 Análisis curvas de retención para C1-PGC	36
Tabla 3-26 Análisis curvas de retención para C2-PGC	37
Tabla 3-27 Análisis curvas de retención para C3-PGC	38
Tabla 3-28 Resultados análisis físicos Calicata C1-PCG, horizonte 01	39
Tabla 3-29 Resultados análisis físicos Calicata C2-PCG, horizonte 01	39
Tabla 3-30 Resultados análisis físicos Calicata C3-PCG, horizonte 01	40
Tabla 3-31 Capacidad de uso de la tierra del área de influencia.....	45
Tabla 3-32 Categorías de vocación y usos principales de las tierras del área de influencia	51
Tabla 3-33 Relación de las Coberturas de la tierra con respecto al Uso de Suelo Actual para el área de influencia	53
Tabla 3-34 Uso actual de la tierra en el área de influencia.....	54
Tabla 3-35 Fertilidad de los suelos	67
Tabla 3-36 Variables de los niveles de evaluación aplicados para la fertilidad	68

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	II

Tabla 3-37 Susceptibilidad a la degradación del suelo por erosión..... 72

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3-1 Paisaje de Montaña..... 7

Fotografía 3-2 Grupo de uso Agricultura (Uso actual de Cultivos transitorios intensivos (CTI) relacionado a la cobertura Mosaico de cultivos)..... 57

Fotografía 3-3 Grupo de uso Asentamiento (Uso actual Residencial asociado a la cobertura de Tejido urbano discontinuo, Municipio de Palestina)..... 58

Fotografía 3-4 Grupo de uso Conservación (Uso actual de Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE) asociado a Pastos enmalezados)..... 59

Fotografía 3-5 Grupo de uso Forestal (Uso actual de Sistemas forestales protectores (FPR) asociado a coberturas de Guadales) 60

Fotografía 3-6 Grupo de uso Ganadería (Uso actual de Pastoreo intensivo (PIN) asociado a cobertura de Pastos limpios..... 60

Fotografía 3-7 Grupo de uso Infraestructura (Uso actual de Transporte asociado a las vías (Red vial y territorios asociados) 61

Fotografía 3-8 Grupo de uso Infraestructura (Uso actual Industrial asociado a la cobertura Explotación de hidrocarburos)..... 62

LISTADO DE ANEXOS

Anexo H. GEOSFERICO

3.Suelos

Anexo 3.1. F-01 Formulario caracterización de suelos EIA Palestina

Anexo 3.2. F-02 Laboratorios EIA Palestina

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	III
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	-----

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

3.2 Medio Abiótico

3.2.3 Suelos

El suelo es definido como cuerpo tridimensional de materiales orgánicos e inorgánicos en proporciones variables, que se ha desarrollado como resultado de las interacciones entre material original, clima, topografía y elementos bióticos, durante un período de tiempo variable. Se encuentra generalmente constituido por horizontes más o menos paralelos a la superficie, causados por diversos procesos físicos, químicos y biológicos, cada uno de ellos suele tener características y propiedades diferentes; de ahí la importancia de su identificación para estudiarlos, describirlos y muestrearlos separadamente, por medio de una calicata que permite su observación global y tridimensional (Jaramillo Noreña, 2022), el suelo es un recurso natural constituido principalmente por cuatro componentes: material mineral, materia orgánica, agua y aire; con una composición volumétrica aproximada es de 45%, 5%, 25% y 25%, respectivamente.

La principal labor para el estudio, radica en identificar los tipos de suelo que predominan en el área de influencia para el estudio de impacto ambiental para Modificación de Licencia para la construcción de la estación de compresión de Gas Palestina (ECG), que de ahora en adelante se denominará el área de influencia, en donde se incluyen los temas correspondientes a las características pedológicas, su taxonomía, su origen, propiedades fisicoquímicas y su clasificación agrológica sobre la cual se determina su potencialidad de uso. Finalmente se identifican los usos actuales del suelo y se dimensionan los conflictos de uso que presentan actualmente.

3.2.3.1 Clasificación de unidades de suelo

En el componente geomorfológico, se utilizó el sistema de clasificación de las geoformas indicado por el servicio geológico colombiano, el cual se homologó con el sistema geomorfológico, taxonómico, multicategorico y jerarquizado de Zinck J., (1988), basado en atributos cualitativos y cuantitativos aplicables a la topografía y geomorfología; considerando la Resolución No. 1575 de 2016 expedida por el IGAC, dónde se adopta los

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	1
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---

lineamientos técnicos para la validación a diversas escalas de estudios de suelos en diversos contenidos agrológicos (IGAC, 2016).

La clasificación agrológica se desarrolló teniendo en cuenta las variables que generaran mayores limitantes al uso del recurso suelo, en tal sentido, se aplicaron las condiciones naturales del suelo, los riesgos de erosión, la condición de drenaje y los peligros de inundación.

Una vez colectadas las observaciones extraídas en campo y la información secundaria analizada, se efectuó la jerarquización de las unidades en la leyenda geopedológica, constituido por un paisaje de montaña integrado por los relieves de lomas, lahares y llanuras de inundación según la clasificación y homologación dada para el estudio, para finalmente relacionar las formas del terreno con los contenidos edáficos por fases de pendientes.

La unidad de clima preponderante en el área de influencia del proyecto es “templado muy húmedo”; con precipitaciones que varían de 3000 a 3200 mm/año y temperatura media entre 12,1 y 17,5 °C.

Debido a las condiciones atmosféricas y pequeñas variaciones topográficas del relieve alrededor del área de influencia, se diferencian cinco (5) unidades cartográficas de suelo, directamente relacionados con la zona climática y las unidades de paisajes fisiográficos.

Las letras utilizadas para la identificación de las unidades cartográficas de suelos son las siguientes:

- Letras empleadas para el paisaje

Tabla 3-1 Letras empleadas para definir el paisaje

LETRA	PAISAJE
M	Montaña

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	2
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---

- Letras empleadas para el clima

Tabla 3-2 Letras empleadas para definir el clima

LETRA	CLIMA
Q	Templado muy húmedo

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

- Letra arbitraria que diferencia los contenidos pedológicos dentro de cada paisaje y clima

Las unidades cartográficas de suelo se encuentran con diferentes contenidos pedológicos o tipos de pedón, los cuales dependiendo de su distribución espacial y el porcentaje de constitución y tipo de agrupación (Asociación, Consociación) generan la tercera letra de la unidad. A continuación, se presentan los criterios de fases que se tienen en cuenta para el presente estudio, los cuales aparecen integrando el símbolo de la Unidad Cartográfica de Suelos (UCS), en el orden en que a continuación se describen:

◇ Pendiente

Las unidades cartográficas presentan un límite amplio de variación en las pendientes y, por lo tanto, para subdividir los límites se utilizaron los límites de variación considerados en el manual de códigos del IGAC (Ver Tabla 3-3). Es importante tener en cuenta que, de acuerdo con la pendiente del proyecto, para cada unidad cartográfica de suelo caracterizada se realizó la asignación de fase, teniendo en cuenta que esta fuera significativa, es decir que superara el 70% de la unidad cartográfica de suelo evaluada, de lo contrario esta asignación de fase se relacionó a la pendiente inmediatamente siguiente.

Tabla 3-3 Clasificación de rangos de pendiente

CLASE DE PENDIENTE	PORCENTAJE (%)	CÓDIGO
Plana	0-3	a
Ligeramente inclinada	3-7	b
Moderadamente inclinada	7-12	c
Fuertemente inclinada	12-25	d
Ligeramente escarpada	25-50	e
Moderadamente escarpada	50-75	f
Fuertemente escarpada	>75	g

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	3
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---

◇ Grado de erosión

Otro parámetro para considerar es la erosión, dado los efectos que produce en relación con el uso potencial del suelo y las prácticas de manejo requeridas para mantenerlo en producción o para recuperarlo. Las diferencias en el grado de erosión sirven para delimitar fases.

◇ Inundaciones

Se usa para señalar la ocurrencia de dicho evento como tal; también se aplica a los suelos que, aunque están drenados artificialmente y/o protegidos por jarillones, en épocas húmedas de fuertes y frecuentes lluvias, son afectados por el fenómeno de “ascenso capilar”, que eleva el nivel freático casi hasta la superficie; cuando esta fase se presenta se indica con la letra minúscula “i”, y se interpreta como una fase inundable.

◇ Pedregosidad superficial

Marca la presencia, en superficie, de abundantes fragmentos de roca de diferentes tamaños; se indica con la letra “p”.

◇ Encharcabilidad

Corresponde a periodos prolongados de permanencia del agua en superficie; se indica con la letra “z”.

A continuación, se presenta un ejemplo de la nomenclatura del símbolo cartográfico de suelos:

Unidad Cartográfica de Suelos: MQEdi, donde:

M: Montaña

Q: Templado muy húmedo

E: Asociación

d: Pendiente 12-25%

i: zona inundable o con espejo de agua permanente

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	4
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---

3.2.3.2 Descripción de las unidades de suelos

Se redefinieron las unidades cartográficas con base al patrón de distribución en las unidades geomorfológicas, donde el elemento diferenciador fue la textura y morfología del perfil.

La definición de las unidades cartográficas para el área de influencia se realiza previa convalidación con el “Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Caldas” (IGAC, 2009), así como a partir de las actividades de campo y resultados de laboratorio, donde para el área de influencia las unidades cartográficas halladas fueron formadas bajo un clima templado muy húmedo, reconociendo un ambiente morfogenético; volcánico y fluvial.

En la leyenda de suelos se aprecia un tipo de paisaje: montañoso, compuesto por los relieves lomerío, lahar y llanuras de inundación. El ambiente antropogénico se encuentra conformado por las áreas antrópicas y los cuerpos de agua artificial. A continuación, en la Tabla 3-4 se presentan las unidades de suelos existentes en el área de influencia, de acuerdo con la leyenda geopedológica, así como su distribución porcentual, y en la Figura 3-1 se muestran espacialmente las unidades cartográficas de suelo para el área de influencia.

Tabla 3-4. Leyenda geopedológica del área de influencia y distribución porcentual de las unidades de suelo

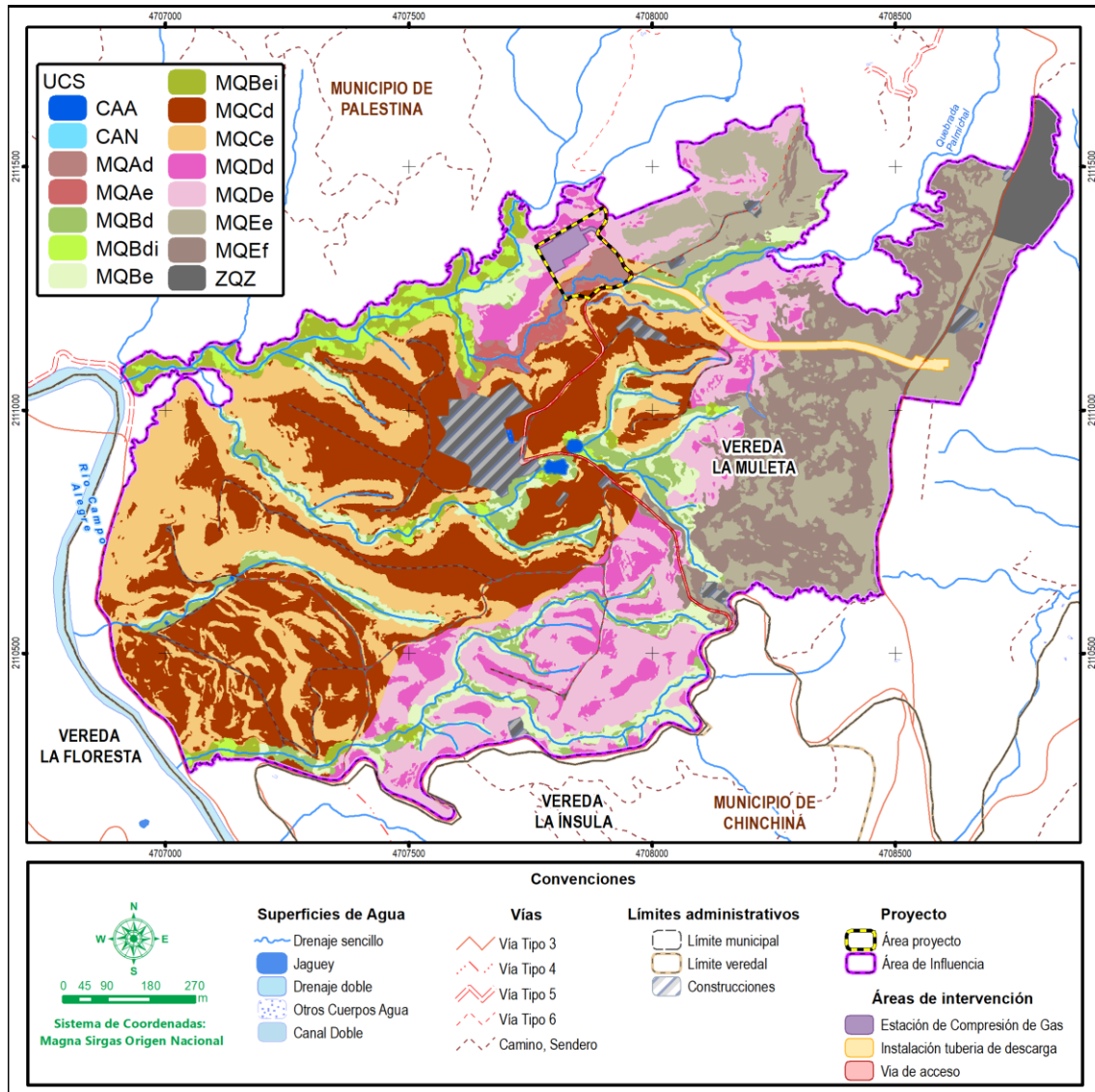
CLIMA	PAISAJE	RELIEVE	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	UCS	TAXONOMÍA	ÁREA	
						ha	%
Templado muy húmedo	Montaña	Lahar	Flujo lahárico aterrazado	MQCd	Inceptic hapluands, Andic humudepts	32,820	20,515
				MQCe		28,220	17,637
		Lomerío	Lomeríos disectados	MQEe	Lithic hapludands, Inceptic hapluands	17,540	10,964
				MQEf		16,340	10,211
			Lomeríos poco disectados	MQDd	Lithic hapludands	8,402	5,251
				MQDe		19,430	12,142
		Llanura de inundación	Planicie aluvial confinada	MQBd	Typic hapludands	6,593	4,121
				MQBdi		2,403	1,502
				MQBe		8,113	5,071
				MQBei		4,540	2,837
			Plano o llanura de inundación	MQAd	Thaptic Melanudands, Typic hapludands	0,961	0,601
		MQAe		1,111		0,694	

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	5
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---

CLIMA	PAISAJE	RELIEVE	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	UCS	TAXONOMÍA	ÁREA	
						ha	%
			Cauce aluvial	CAN	Grupo no generado	3,932	2,458
			Canal artificial, Cuerpo de agua artificial	CAA		0,406	0,254
			Cortes y llenos antrópicos, Explotación de hidrocarburos, Planos y campos de llenos antrópicos	ZQZ		9,187	5,742
TOTAL						159,990	100,000

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Figura 3-1 Mapa unidades cartográficas de suelos en el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	6

3.2.3.2.1 Suelos paisaje de montaña

Es aquella superficie elevada de topografía accidentada, constituida por rocas de diverso origen y edad que se deformaron, estas rocas fueron fracturadas y levantadas hasta conformar cordilleras, con altura de varios miles de metros respecto a los paisajes circundantes. Se caracteriza por tener fuerte control estructural e incisiones profundas asociadas a valles intramontanos. Presenta alturas máximas cercanas a los 5.700 m.s.n.m. y alturas relativas en promedio superiores a los 1.000 metros. (Zinck J. A., 2012)

El origen de la montaña está relacionado con el levantamiento de fragmentos de corteza terrestre como respuesta a las presiones ejercidas por las placas: suramericana y Nazca, como resultado de la compresión, pedazos de corteza continental y oceánica y una cubierta de rocas sedimentarias fueron acrecionados a la placa suramericana, junto con grandes masas de rocas ígneas que las intruyeron y produjeron procesos de metamorfismo. En este paisaje de montaña, Fotografía 3-1, se encontraron los relieves de lomerío, lahares y llanuras de inundación. A continuación, se definen las unidades cartográficas de suelo de acuerdo con el tipo de relieve.



Fotografía 3-1 Paisaje de Montaña

E: 4.849.638,418; N: 2.110.329,328

Nota: Paisaje de montañoso de la región típico de la pedogénesis de la cordillera central.

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	7
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---

3.2.3.2.1.1 Relieve de lomerío

Tipo de relieve que corresponde a una elevación natural de terreno de altura menor a 100 metros con respecto a su nivel de base local, de configuración alargada, cimas amplias y redondeadas, cuyas laderas cortas a muy cortas presentan pendiente ligeramente plana a escarpada. El patrón de la red de drenaje varía en función del tipo de material sobre el cual se desarrolla la unidad, siendo los patrones de drenaje dendrítico, subdendrítico y subparalelo los más comunes para este relieve en el paisaje de montaña. Se encuentra integrado por lomeríos poco disectados (Zinck J. A., 2012).

- Lomeríos disectados

Esta unidad se encuentra formada por la consociación Lithic hapludands, Inceptic hapluands, la cual está integrada por los siguientes grupos MQEe, MQEf.

- ◇ Consociación Lithic hapludands, Inceptic hapluands

Unidad cartográfica formada por andisoles. Suelos provenientes de ceniza volcánica, poco profundos, rico en materia orgánica, bien drenado y aireado, de color negro a pardo muy oscuro, textura franco-arenosa, fuertemente ácido, alta capacidad de intercambio catiónico. Se encuentra ocupando un terreno de 33,880 ha equivalente al 21,175 % del área de influencia.

Fases:

- MQEe (e: Ligeramente escarpada o ligeramente empinada)
- MQEf (f: Moderadamente escarpada o moderadamente empinada)

- Lomeríos poco disectados

Esta unidad se encuentra formada por la consociación Lithic hapludands, la cual está integrada por los siguientes grupos MQDd, MQDe.

- ◇ Consociación Lithic hapludands

Unidad cartográfica formada por andisoles. Suelos derivados de cenizas volcánicas, de muy superficiales a moderadamente profundos con truncamiento en la formación de sus

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	8
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---

horizontes y muy arenosos. Su capacidad de intercambio catiónica es alta lo mismo que su saturación de bases. Los contenidos de materia orgánica, fósforo, carbono orgánico y nitrógeno total son altos. Se encuentra ocupando un terreno de 27,832 ha equivalente al 17,393 % del área de influencia.

Fases:

- MQDd (d: Fuertemente inclinada)
- MQDe (e: Ligeramente escarpada o ligeramente empinada)

3.2.3.2.1.2 Relieve de lahares

Son formas producidas por el flujo de una colada de barro que se ha generado durante o después de una erupción volcánica; en ocasiones, se forma por la lluvia que suele acompañar a muchas erupciones, con su parte superior más estrecha y empinada, el ápice o parte proximal, que a menudo se extiende un tanto hacia la montaña siguiendo el cauce de la corriente que lo depositó; más abajo aparece la porción intermedia o cuerpo, que cubre la mayor superficie del paisaje y finalmente el tramo distal o base, una franja angosta y suavemente inclinada que gradualmente se confunde con la llanura contigua sobre la cual se desplaza la unidad.

- Flujo lahárico aterrazado

Esta unidad se encuentra formada por la consociación Inceptic hapluands, Andic humudepts la cual está integrada por los siguientes grupos: MQCd, MQCe.

- ◇ Consociación Inceptic hapluands, Andic humudepts:

Unidad cartográfica conformada por andisoles e inceptisoles. Son suelos jóvenes, moderadamente profundos, desaturados, limitados por el material parental, los cuales presentan buenas características fisicoquímicas. Su capacidad de intercambio catiónico es media a alta al igual que su saturación de bases. Actualmente, ocupan una extensión de 61,040 ha correspondiente al 38,152 % del área de influencia. Los contenidos de materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total y fósforo son altos.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	9
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---

Fases:

- MQCd (d: Fuertemente inclinada)
- MQCe (e: Ligeramente escarpada o ligeramente empinada)

3.2.3.2.1.3 Relieve llanura de inundación

Las llanuras de inundación son áreas de superficie adyacentes a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes, formada por desbordamientos repetidos, las cuales se han formado en el pasado con los sedimentos que periódicamente han depositado las inundaciones fluviales.

- Planicie aluvial confinada

Esta unidad se encuentra formada por la consociación Typic hapludands, la cual está integrada por los siguientes grupos: MQBd, MQBdi, MQBe, MQBei.

- ◊ Consociación Typic hapludands

Unidad cartográfica formada por andisololes. Suelos derivados de cenizas volcánicas, de muy profundos, bien drenados y aireados, de texturas francas. Su capacidad de intercambio catiónica es alta lo mismo que su saturación de bases. Los contenidos de materia orgánica, fósforo, carbono orgánico y nitrógeno total son altos. De fertilidad media, con características ándicas y régimen de humedad údico. Se encuentra ocupando un terreno de 21,649 ha equivalente al 13,531 % del área de influencia.

Fases:

- MQBd (d: Fuertemente inclinada)
- MQBdi (d: Fuertemente inclinada, con espejo de agua permanente, i: inundable)
- MQBe (e: Ligeramente escarpada o ligeramente empinada)
- MQBei (e: Ligeramente escarpada o ligeramente empinada, i: inundable)

- Plano o llanura de inundación

Esta unidad se encuentra formada por la consociación Thaptic melanudands, Typic hapludands la cual está integrada por los siguientes grupos: MQAd, MQAe.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	10
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

◇ Consociación Thaptic melanudands, Typic hapludands

Unidad cartográfica formada por andisoles. Son suelos de origen de cenizas volcánicas sobre rocas sedimentarias no diferenciadas, profundos, bien drenados, de texturas medias con altos contenidos de carbono orgánico, alto porcentaje de saturación de aluminio, reacción extremadamente acida en la superficie y muy fuertemente acida en profundidad, y de fertilidad moderada. Se encuentra ocupando un terreno de 2,065 ha equivalente al 1,291% del área de influencia.

Fases:

- MQAd (d: fuertemente inclinada)
- MQAe (e: ligeramente escarpada o ligeramente empinada)

3.2.3.2.1.4 Cuerpos de agua natural

Se consideran los cuerpos de agua natural (CAN) conformados por las formas de terreno cauce aluvial, los cuales ocupan un área de 3,932 ha es decir, 2,458 % del área de influencia.

3.2.3.2.1.5 Cuerpos de agua artificial

Se consideran los cuerpos de agua artificial (CAA) conformados por las formas del terreno de Canal artificial y Cuerpo de agua artificial, los cuales ocupan un área de 0,406 ha, es decir, el 0,254% del área de influencia.

3.2.3.2.1.6 Superficie con modelado antrópico

Por último, se cuentan con las áreas antropizadas (ZQZ) conformados por las formas del terreno de Cortes y llenos antrópicos, Explotación de hidrocarburos y Planos y campos de llenos antrópicos, estas áreas antropizadas ocupan un área de 9,187 ha equivalente al 5,742% del área de influencia.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	11
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

3.2.3.3 Monitoreo de Suelos (Calicatas)

A continuación, se presenta la descripción de cada una de las calicatas realizadas durante las actividades de campo, desarrolladas los días 11 y 12 de abril de 2024, en el municipio de Palestina, departamento de Caldas. En el área de influencia del proyecto.

3.2.3.3.1 Excavación de calicatas

En esta etapa, para poder realizar la descripción de perfiles se hizo necesario realizar una calicata de 1 x 1 m, con una profundidad suficiente para permitir realizar una descripción adecuada del perfil (máximo 1.5 m de profundidad) o, hasta encontrar el material parental o el nivel freático. Posteriormente, se describieron los órdenes de suelos encontrados en los diferentes tipos de relieve y su respectiva clasificación taxonómica. A continuación, en la Tabla 3-5 y Figura 3-2 se presentan los puntos de chequeo y posterior descripción de las calicatas de suelos (desde la Tabla 3-6 a la Tabla 3-8) utilizados como puntos de monitoreo. En total se tomaron en total 11 muestras de suelo correspondientes a tres (3) calicatas. Ver *Anexos\H. GEOSFERICO\3. Suelos\ Anexo 3.1. F-01 Formulario caracterización de suelos EIA Palestina.*

Tabla 3-5 Puntos elaboración calicatas

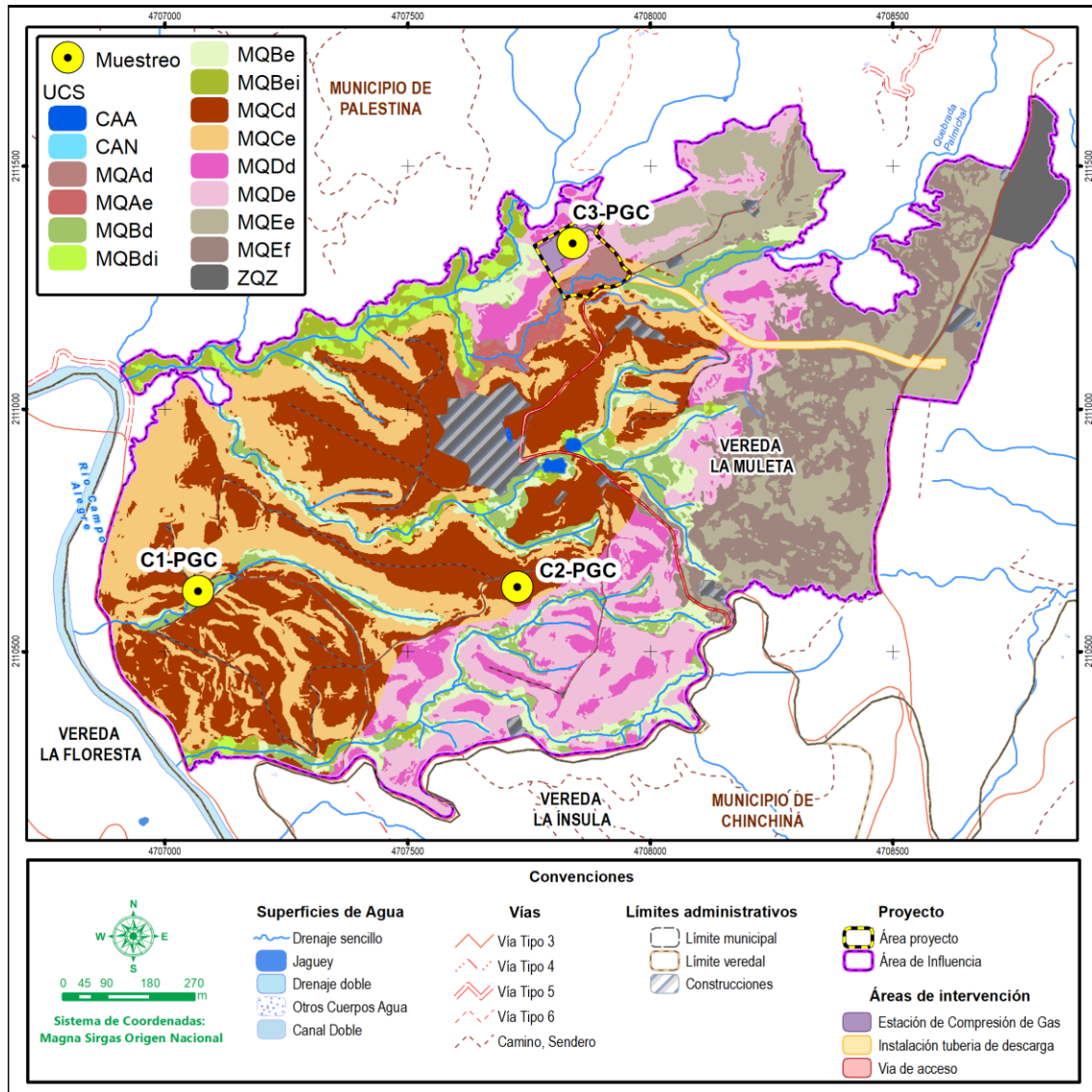
CÓD DE MUESTREO CAMPO	PROFUNDIDAD HORIZONTES (cm)	NOMENCLATURA HORIZONTE	UCS	CANTIDAD DE MUESTRAS	COORDENADAS MAGNA SIRGAS CTM-12	
					ESTE	NORTE
C1-PGC	0-10	Ap	MQCe	3	4.707.068,37	2.110.624,71
	10-25	Bw1				
	25-54	Bw2				
C2-PGC	0-10	Ap	MQCd	4	4.707.726,33	2.110.633,02
	10-37	Bw1				
	37-66	Bw2				
C3-PGC	66-100	Bw3	MQDd	4	4.707.840,65	2.111.341,36
	0-14	Ap				
	14-39	Bw1				
	39-70	Bw2				
	70-93	Bw3				

NOMENCLATURA: Ap: Horizonte intervenido o capa arable y Bw: Horizonte cámbico

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	12

Figura 3-2 Distribución espacial de los puntos de muestreo (Calicatas)





Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Tabla 3-6 Descripción en campo perfil C1-PGC

PERFIL DE SUELO C1-PGC		
Inceptic hapluands, Andic humudepts, Franco arcillosa, isotérmico, (IGAC)		
LOCALIZACIÓN		
N 2.110.624,71	E 4.707.068,37	Altitud 1.282 m
Paisaje: Montaña Tipo de relieve: Lahar		Material parental: Cenizas volcánicas
Relieve: Clase de pendiente: e Porcentaje de pendiente: 25-50%		Clima ambiental: Templado muy húmedo (T-H)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	13
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

PERFIL DE SUELO C1-PGC				
Inceptic hapluands, Andic humudepts, Franco arcillosa, isotérmico, (IGAC)				
Precipitación anual: 2.750 mm Temperatura anual: 24°C		Clima edáfico Régimen de temperatura: isométrico Régimen de humedad: údico		
Encharcamientos: No hay Frecuencia: NA Duración: NA		Naturaleza nivel freático: No encontrado Profundidad: NA		
Drenaje natural: bien drenado		Profundidad efectiva: Moderadamente profundo Limitada por: Material parental		
Horizontes diagnósticos. Epipedón: ócrico Endopedón: Cambico		Características diagnósticas: epipedón ócrico, endopedón cambico, régimen de humedad údico, régimen de temperatura isométrico		
Vegetación natural: Café		Uso actual: Agricultura (Café)		
Limitantes del uso: Material parental a menos de 60 cm				
0-10	Ap	Color en húmedo marrón amarillento oscuro (10YR 4/4); textura franco arcilloso (FAr); estructura en bloques, medios, moderados; consistencia en húmedo poco friable, en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros, medios y finos, tubulares, continuos; muchas raíces, finas y medias, vivas de distribución normal, localizadas en horizontes; no hay actividad de meso organismos; límite difuso, ondulado.		
10-25	Bw1	Color en húmedo marrón amarillento (10YR 5/6); textura franco arcilloso (FAr); estructura en bloques angulares, medios, moderados; consistencia en húmedo poco friable, en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros, medios y finos, tubulares, continuos; muchas raíces, finas y medias, vivas de distribución normal, localizadas en horizontes; no hay actividad de meso organismos; límite difuso, ondulado.		
25-54	Bw2	Color en húmedo marrón amarillento (10YR 5/8); textura franco arcilloso (FAr); estructura en bloques angulares, medios, moderados; consistencia en húmedo poco friable, en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros, medios y finos, tubulares, continuos; muchas raíces, finas y medias, vivas de distribución normal, localizadas en horizontes; no hay actividad de meso organismos; límite difuso, ondulado.		
OBSERVACIONES:				
Variable	Horizontes			
	Ap	Bw1	Bw2	Bw3
Compactación KPa	-	-	-	-
Fenofaleína	Violeta	Rosado	Rosa tenue	
Alfa alfa dipiridil	-	-	-	
Fluoruro de Sodio	No hay reacción	No hay reacción	No hay reacción	
Peróxido de hidrógeno	Muy fuerte	Fuerte	Leve	
FOTO DEL PERFIL		FOTO PANORÁMICA DEL SITIO		
				

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	14

Tabla 3-7 Descripción en campo perfil C2-PGC

PERFIL DE SUELO C2-PGC				
Inceptic hapluands, Andic humudepts, Franco arcillosa, isotérmico, (IGAC)				
LOCALIZACIÓN				
N 2.110.633,02		E 4.707.726,33		Altitud 1.341 m
Paisaje: Montaña Tipo de relieve: Lahar		Material parental: Cenizas volcánicas		
Relieve: Clase de pendiente: d Porcentaje de pendiente: 12-25%		Clima ambiental: Templado muy húmedo (T-H)		
Precipitación anual: 2.750 mm Temperatura anual: 24°C		Clima edáfico Régimen de temperatura: isométrico Régimen de humedad: údico		
Encharcamientos: No hay Frecuencia: NA Duración: NA		Naturaleza nivel freático: No encontrado Profundidad: NA		
Drenaje natural: bien drenado		Profundidad efectiva: Moderadamente profundo Limitada por: Material parental		
Horizontes diagnósticos. Epipedón: ócrico Endopedón: Cambico		Características diagnósticas: epipedón ócrico, endopedón cambico, régimen de humedad údico, régimen de temperatura isométrico		
Vegetación natural: Café		Uso actual: Agricultura (Café)		
Limitantes del uso: Material parental a menos de 60 cm				
0-10	Ap	Color en húmedo marrón amarillento (10YR 5/4); textura franco arcilloso (FAr); estructura en bloques, medios, moderados; consistencia en húmedo poco friable, en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros, medios y finos, tubulares, continuos; muchas raíces, finas y medias, vivas de distribución normal, localizadas en horizontes; no hay actividad de meso organismos; límite difuso, ondulado.		
10-57	Bw1	Color en húmedo marrón amarillento oscuro (10YR 4/4); textura franco arcilloso (FAr); estructura en bloques, medios, moderados; consistencia en húmedo poco friable, en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros, medios y finos, tubulares, continuos; muchas raíces, finas y medias, vivas de distribución normal, localizadas en horizontes; no hay actividad de meso organismos; límite difuso, ondulado.		
57-56	Bw2	Color en húmedo marrón amarillento (10YR 4/6); textura franco arcilloso (FAr); estructura en bloques, medios, moderados; consistencia en húmedo poco friable, en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros, medios y finos, tubulares, continuos; muchas raíces, finas y medias, vivas de distribución normal, localizadas en horizontes; no hay actividad de meso organismos; límite difuso, ondulado.		
56-90	Bw3	Color en húmedo amarillo (10YR 7/8); textura franco arcilloso (FAr); estructura en bloques, medios, moderados; consistencia en húmedo poco friable, en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros, medios y finos, tubulares, continuos; muchas raíces, finas y medias, vivas de distribución normal, localizadas en horizontes; no hay actividad de meso organismos; límite difuso, ondulado.		
OBSERVACIONES:				
Variable	Horizontes			
	Ap	Bw1	Bw2	Bw3
Compactación KPa	-	-	-	-
Fenofaleína	Violeta	Rosado	Rosa tenue	No hay reacción
Alfa alfa dipiridil	-	-	-	-
Fluoruro de Sodio	No hay reacción	No hay reacción	No hay reacción	No hay reacción
Peróxido de hidrógeno	Muy fuerte	Fuerte	Leve	Muy Leve



Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	15

PERFIL DE SUELO C2-PGC	
Inceptic hapluands, Andic humudepts, Franco arcillosa, isotérmico, (IGAC)	
FOTO DEL PERFIL	FOTO PANORÁMICA DEL SITIO
	

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Tabla 3-8 Descripción en campo perfil C3-PGC

PERFIL DE SUELO C3-PGC		
Lithic hapludands, Franco arcillosa, isotérmico (IGAC)		
LOCALIZACIÓN		
N 2.111.341,36	E 4.707.840,65	Altitud 1.340 m
Paisaje: Montaña Tipo de relieve: Lomerío		Material parental: Cenizas volcánicas
Relieve: Clase de pendiente: d Porcentaje de pendiente: 12-25%		Clima ambiental: Templado muy húmedo (T-H)
Precipitación anual: 2.750 mm Temperatura anual: 24°C		Clima edáfico Régimen de temperatura: isométrico Régimen de humedad: údico
Encharcamientos: No hay Frecuencia: NA Duración: NA		Naturaleza nivel freático: No encontrado Profundidad: NA
Drenaje natural: bien drenado		Profundidad efectiva: Moderadamente profundo Limitada por: Material parental
Horizontes diagnósticos. Epipedón: ócrico Endopedón: Cambico		Características diagnósticas: epipedón ócrico, endopedón cambico, régimen de humedad údico, régimen de temperatura isométrico
Vegetación natural: Café		Uso actual: Agricultura (Café)
Limitantes del uso: Material parental a menos de 60 cm		
0-14	Ap	Color en húmedo marrón (10YR 3/1); textura franco arcilloso (FAr); estructura en bloques, medios, moderados; consistencia en húmedo poco friable, en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros, medios y finos, tubulares, continuos; muchas raíces, finas y medias, vivas de distribución normal, localizadas en horizontes; no hay actividad de meso organismos; límite difuso, ondulado.
14-39	Bw1	Color en húmedo marrón amarillento oscuro (10YR 4/4); textura franco arcilloso (FAr); estructura en bloques, medios, moderados; consistencia en húmedo poco friable, en mojado pegajosa y
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP
Código Proyecto PO-CO-2024-008		Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01
		16

PERFIL DE SUELO C3-PGC				
Líthic hapludands, Franco arcillosa, isotérmico (IGAC)				
		plástica; frecuentes poros, medios y finos, tubulares, continuos; muchas raíces, finas y medias, vivas de distribución normal, localizadas en horizontes; no hay actividad de meso organismos; límite difuso, ondulado.		
39-70	Bw2	Color en húmedo marrón amarillento (10YR 4/6); textura franco arcilloso (FAr); estructura en bloques, medios, moderados; consistencia en húmedo poco friable, en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros, medios y finos, tubulares, continuos; muchas raíces, finas y medias, vivas de distribución normal, localizadas en horizontes; no hay actividad de meso organismos; límite difuso, ondulado.		
70-95	Bw3	Color en húmedo amarillo (10YR 7/8); textura franco arcilloso (FAr); estructura en bloques, medios, moderados; consistencia en húmedo poco friable, en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros, medios y finos, tubulares, continuos; muchas raíces, finas y medias, vivas de distribución normal, localizadas en horizontes; no hay actividad de meso organismos; límite difuso, ondulado.		
OBSERVACIONES:				
Variable	Horizontes			
	Ap	Bw1	Bw2	Bw3
Compactación KPa	-	-	-	-
Fenofaleína	Violeta	Rosado	Rosa tenue	No hay reacción
Alfa alfa dipiridil	-	-	-	-
Fluoruro de Sodio	No hay reacción	No hay reacción	No hay reacción	No hay reacción
Peróxido de hidrógeno	Muy fuerte	Fuerte	Leve	Muy Leve
FOTO DEL PERFIL		FOTO PANORÁMICA DEL SITIO		
				

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.3.3.2 Análisis de laboratorio de las muestras de suelo

Las muestras de suelos tomadas en la fase de campo corresponden a los diferentes perfiles descritos, las cuales se enviaron al Laboratorio (MCS) Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., acreditado mediante la Resolución No. 1609 del 20 de diciembre del 2019, para el estudio de diversos parámetros (Tabla 3-11), que permiten conocer las condiciones actuales de calidad y fertilidad; los índices presentados a continuación son tomados a partir de diferentes fuentes que permiten evaluar la idoneidad del suelo para el sostenimiento de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	17

plantas y/o cultivos, tales fuentes son: (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024). Los respectivos análisis fisicoquímicos se presentan en el *Anexo\H. GEOSFERICO\3. Suelos\ Anexo 3.2. F-02 Laboratorios EIA Palestina.*

Tabla 3-9 Variables químicas analizadas de los resultados de laboratorio

PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO
pH	Unidades	Potenciómetro	EPA 9045 D
Textura	%	Agente dispersante	NOM 021 SEMARNAT 200 AS 09
CIC	Meq/100g	Volumétrico	NTC 5268
Calcio	Mg/Kg	Digestión - EAA llama directa Óxido Nitroso-Acetil	EPA 3050 B/SM 3111 D
Magnesio	Mg/Kg	Digestión – AA llama Aire-Acetileno	EPA 3050 B/SM 3111 B
Potasio	mg/Kg m (ppm)	Digestión – AA llama Aire-Acetileno	EPA 3050 B/SM 3111 B
Sodio	mg/Kg	Digestión – AA llama Aire-Acetileno	EPA 3050 B/SM 3111 B
Fósforo	Mg P/Kg	Fusión con NaNO / KNO ₃ – Cuantificación colorimetría	Protocolo IGAC, 6a edición, 2006
Carbón orgánico	%	Digestión, Titulometría	NTC 5403 Metodo B – WALKLEY BLACK
T-Arena	%	Agente dispersante	NOM 021 SEMARNAT 200AS 09
T-Arcilla	%		
T-Limo	%		
Textura	%	Agente dispersante	NOM 021 SEMARNAT 200AS 09
Capacidad de Intercambio Catiónico	No aplica	No aplica	NTC 5268
Estabilidad Estructural	#V/V	No aplica	Elutriador
Fosforo disponible	Mg/ Kg (ppm)	Colorimetría	SM 4500-P B 4500- P E
Saturación de bases	%	CALCULO	No aplica

Fuente: Laboratorio MCS, Consultoría y monitoreo ambiental., 2024.

Tabla 3-10 Variables físicas analizadas de los resultados de laboratorio

PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO
Densidad aparente	g/cm ³	Gravimétrico	LBC 365
Densidad real	g/cm ³	Gravimétrico	No aplica
Retención de Humedad a T -1500 Kpa	%	No aplica	Extractor de presión con platos de cerámica y/o membrana celulosa ASTM D1142-95
Retención de Humedad a T -33 Kpa	%	No aplica	

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	18

PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO
Retención de Humedad a T -0 Kpa	%	No aplica	

Fuente: Laboratorio MCS, Consultoría y monitoreo ambiental., 2024.

Tabla 3-11 Parámetros evaluados en laboratorio

PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO
pH	Unidades	Potenciómetro	EPA 9045 D
Textura	%	Agente dispersante	NOM 021 SEMARNAT 200 AS 09
CIC	Meq/100g	Volumétrico	NTC 5268
Calcio	mg/Kg	Digestión - EAA llama directa Óxido Nitroso-Acetil	EPA 3050 B/SM 3111 D
Magnesio	mg/Kg	Digestión - AA llama Aire-Acetileno	EPA 3050 B/SM 3111 B
Potasio	mg/Kg / (ppm)	Digestión - AA llama Aire-Acetileno	EPA 3050 B/SM 3111 B
Sodio	mg/Kg	Digestión - AA llama Aire-Acetileno	EPA 3050 B/SM 3111 B
Fósforo	mg P/Kg	Fusión con NaNO / KNO ₃ - Cuantificación colorimetría	Protocolo IGAC, 6a edición, 2006
Carbón orgánico	%	Digestión, Titulometría	NTC 5403 Metodo B - WALKLEY BLACK
Densidad aparente	g/cm ³	Gravimétrico	LBC 365
Densidad real	g/cm ³	Gravimétrico	No aplica
Retención de Humedad a T -1500 Kpa	%	No aplica	Extractor de presión con platos de cerámica y/o membrana celulosa ASTM D1142-95
Retención de Humedad a T -33 Kpa	%	No aplica	
Retención de Humedad a T -0 Kpa	%	No aplica	
T-Arena	%	Agente dispersante	NOM 021 SEMARNAT 200AS 09
T-Arcilla	%		
T-Limo	%		
Textura	%	Agente dispersante	NOM 021 SEMARNAT 200AS 09
Capacidad de Intercambio Catiónico	No aplica	No aplica	NTC 5268
Estabilidad Estructural	#V/V	No aplica	Elutriador
Fosforo disponible	gg/Kg /(ppm)	Colorimetría	SM 4500-P B 4500- P E
Saturación de bases	%	Cálculo	No aplica

Fuente: Laboratorio MCS, Consultoría y monitoreo ambiental., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	19

- Interpretación de los análisis químicos

Los resultados químicos permiten conocer las condiciones actuales de calidad y fertilidad de los suelos, así como los elementos que lo componen (bases intercambiables, pH, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo, entre otros), los cuales indican la disponibilidad que tienen en el suelo para una adecuada adsorción y absorción de las plantas. En la Tabla 3-12, se pueden observar los resultados de los análisis químicos, los cuales son interpretados posteriormente.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	20
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

Tabla 3-12 Resultados propiedades químicas muestras tomadas

ID PUNTO DE MONITOREO	CÓDIGO EN CAMPO	CÓDIGO LABORATORIO RIO	HORIZONTE	ESPESOR (cm)	pH	CO TOTAL (%)	N TOTAL (%)	CACO3 (ppm)	P DISPO-NIBLE (ppm)	CIC (meq/100g)	BT (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Na (meq/100g)	K (meq/100g)	AI INTERCAMBIABLE (meq/100g)	COND ELEC (mmhos/cm)
C1-PGC	C1-PGC-01	CODIGO 21263	Ap	10,00	4,54	5,79	0,875	<75,0	127,00	23,70	13,03	7,46	2,52	2,00	1,05	0,840	0,020
	C1-PGC-02	CODIGO 21264	Bw1	15,00	4,63	3,48	0,522	<75,0	17,10	18,00	6,73	2,89	0,922	2,15	0,764	1,84	0,014
	C1-PGC-03	CODIGO 21265	Bw2	29,00	4,84	2,35	0,387	<75,0	8,05	21,60	12,22	6,86	1,41	2,15	1,80	0,830	0,027
C2-PGC	C1-PGC-01	CODIGO 21266	Ap	10,00	4,64	4,01	1,02	<75,0	41,70	31,80	10,14	3,60	1,42	4,76	0,356	1,46	0,031
	C2-PGC-02	CODIGO 21267	Bw1	27,00	4,31	2,51	0,997	<75,0	6,30	27,00	2,74	0,829	0,146	1,61	0,156	1,15	0,025
	C2-PGC-03	CODIGO 21268	Bw2	29,00	4,52	3,05	1,110	<75,0	0,66	28,00	4,45	1,030	0,136	3,16	0,125	<0,7	0,019
	C2-PGC-04	CODIGO 21269	Bw3	34,00	5,16	1,98	0,801	<75,0	0,16	3,97	1,8	1,350	0,195	0,19	0,068	<0,7	0,010
C3-PGC	C3-PGC-01	CODIGO 21270	Ap	14,00	4,39	5,22	0,172	<75,0	26,00	32,20	10,1	4,78	0,744	4,18	0,393	1,00	0,063
	C3-PGC-02	CODIGO 21271	Bw1	25,00	4,36	1,52	0,991	<75,0	0,225	26,30	2,21	0,963	0,170	0,882	0,192	1,12	0,029
	C3-PGC-03	CODIGO 21272	Bw2	31,00	4,05	4,33	1,72	<75,0	3,80	30,50	2,64	1,31	0,221	0,905	0,208	<0,7	0,064
	C3-PGC-04	CODIGO 21273	Bw3	23,00	4,99	2,56	0,887	<75,0	0,138	26,30	6,09	1,98	0,247	3,70	0,162	4,40	0,023

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

A continuación, de la Tabla 3-13 a la Tabla 3-23, se observan los resultados de las muestras de suelo por calicata y por horizonte en relación con los análisis químicos.

Tabla 3-13 Resultados análisis químicos Calicata C1-PCG, horizonte 01

DATOS QUÍMICOS		Id. Perfil suelo	C1-PCG-01	Fecha (aa-mm-dd)	11/04/2024																						
Elementos	Datos Cmol*kg ⁻¹	Valoración Cmol*kg ⁻¹	Saturación (%)	Valoración saturación	Relación elementos (Cmol*kg ⁻¹ o meq/100 g)																						
						Cmol*kg ⁻¹	Valoración																				
Ca	7,46	Alto	31,48	Medio	Ca/Mg	2,96	Normal																				
Mg	2,52	Alto	10,63	Bajo	Mg/K	1,26	Estrecha																				
K	1,05	Alto	4,43	Alto	Ca/K	3,73	Estrecha																				
Na	2	Bajo	8,44	Medio	(Ca+Mg)/K	4,99	Estrecha																				
ΣBT	13,03	Normal	55	Medio	CaCo3 (%)	0,0075	Muy bajo																				
Al intercambiable	0,84	Muy Alto	3,52	Medio																							
CICE	13,87	Arcilla 2:1		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fertilidad actual</th> <th>C.O. (%)</th> <th>M.O. (%)</th> <th>N-Total (%)</th> <th>SODIO % (PSI)</th> <th>HORIZONTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Media</td> <td>5,79</td> <td>9,98</td> <td>0,875</td> <td>8,43</td> <td>Ap</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>Alto</td> <td>Muy alto</td> <td>Ligeramente sódico</td> <td>ESPESOR (cm)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Total (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE	Media	5,79	9,98	0,875	8,43	Ap	Alto	Alto	Muy alto	Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)						10
Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Total (%)		SODIO % (PSI)	HORIZONTE																					
Media	5,79	9,98	0,875		8,43	Ap																					
	Alto	Alto	Muy alto		Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)																					
						10																					
Conductividad eléctrica	0,02	Muy baja																									
pH	4,54	Extremadamente ácido																									
P (ppm)	127	Normal																									
N (ppm)	8750																										
CIC = CICA	23,7	Media																									
CICV	9,83																										
% Saturación de bases efectivas	3,97	Bajo																									

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Como se evidencia en la Tabla 3-13, la muestra C1-PCG-01 se tiene una saturación de bases media, a excepción del Mg que es bajo y el K que es alto, presenta un pH extremadamente ácido, lo que dificulta la absorción de las bases a la planta, capacidad de intercambio catiónico media y contenido normal de fósforo. Los valores de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total varían de altos a muy altos (Priale, 2016). Hay presencia de aluminio intercambiable. Su fertilidad actual es alta y la arcilla presente es de tipo 2:1. La relación catiónica se encuentra dentro de los rangos adecuados para la relación Ca/Mg, en el resto de las relaciones se encuentra en un leve desequilibrio (relación

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	22
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

estrecha). Estos resultados indican que el suelo requiere de un manejo idóneo de la fertilidad para adecuar las condiciones que las plantas requieren en su adecuada nutrición. (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

Tabla 3-14 Resultados análisis químicos Calicata C1-PCG, horizonte 02

DATOS QUÍMICOS	Id. Perfil suelo	C1-PCG-02	Fecha (aa-mm-dd)	11/04/2024			
Elementos	Datos Cmol*kg-1	Valoración Cmol*kg-1	Saturación (%)	Valoración saturación	Relación elementos (Cmol*kg-1 o meq/100 g)		
						Cmol*kg-1	Valoración
Ca	2,89	Bajo	16,06	Bajo	Ca/Mg	3,13	Normal
Mg	0,92	Bajo	5,12	Bajo	Mg/K	0,43	Estrecha def.Mg
K	0,764	Alto	4,24	Alto	Ca/K	1,34	Estrecha
Na	2,15	Bajo	11,94	Medio	(Ca+Mg)/K	1,77	Estrecha
ΣBT	6,73	Bajo	37,4	Medio	CaCo3 (%)	0,0075	Muy bajo
Al intercambiable	1,84	Muy Alto	10,2	Alto			
CICE	8,57	Arcillas 2:1					
Conductividad eléctrica	0,01	Muy baja					
pH	4,63	Muy fuertemente ácido					
P (ppm)	17,1	Alto					
N (ppm)	5220						
CIC = CICA	18	Media					
CICV	9,43						
% Saturación de bases efectivas	4,37	Bajo					

Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Tot al (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE
Media	3,48	6,00	0,52	12	Bw1
	Alto	Alto	Muy alto	Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)
					15

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Como se evidencia en la Tabla 3-14, la muestra C1-PCG-02 se tiene una saturación de bases que varía de bajo a alto, afectando la adecuada nutrición de las plantas, pH Muy fuertemente ácido, capacidad de intercambio catiónico media y contenido alto de fósforo. Los valores de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total varían de altos a muy altos. Hay presencia de aluminio intercambiable. Su fertilidad actual es media y la arcilla presente es de tipo 2:1 según (Prialé, 2016). La relación catiónica se encuentra en desequilibrio a excepción de la relación Ca/Mg. Estos resultados indican que el suelo requiere de un manejo idóneo de la fertilidad para adecuar las condiciones que las plantas

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	23
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

requieren en su adecuada nutrición (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

Tabla 3-15 Resultados análisis químicos Calicata C1-PCG, horizonte 03

DATOS QUÍMICOS		Id. Perfil suelo	C1-PCG-03	Fecha (aa-mm-dd)	11/04/2024																									
Elementos	Datos Cmol*kg ⁻¹	Valoración Cmol*kg ⁻¹	Saturación (%)	Valoración saturación	Relación elementos (Cmol*kg ⁻¹ o meq/100 g)																									
						Cmol*kg ⁻¹	Valoración																							
Ca	6,86	Alto	31,76	Medio	Ca/Mg	4,87	Amplia																							
Mg	1,41	Bajo	6,53	Bajo	Mg/K	0,66	Estrecha def. Mg																							
K	1,8	Alto	8,33	Alto	Ca/K	3,19	Estrecha																							
Na	2,15	Bajo	9,95	Medio	(Ca+Mg)/K	3,85	Estrecha																							
ΣBT	12,22	Normal	57,00	Alto	CaCo3 (%)	0,0075	Muy bajo																							
Al intercambiable	0,83	Muy Alto	3,82	Medio																										
CICE	13,05	Arcillas 2:1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fertilidad actual</th> <th>C.O. (%)</th> <th>M.O (%)</th> <th>N-Total (%)</th> <th>SODIO % (PSI)</th> <th>HORIZONTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Alta</td> <td>2,35</td> <td>4,05</td> <td>0,39</td> <td>9,97</td> <td>Bw2</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>Alto</td> <td>Muy alto</td> <td>Ligeramente sódico</td> <td>ESPESOR (cm)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>29</td> </tr> </tbody> </table>					Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O (%)	N-Total (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE	Alta	2,35	4,05	0,39	9,97	Bw2	Medio	Alto	Muy alto	Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)						29
Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O (%)						N-Total (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE																				
Alta	2,35	4,05	0,39	9,97	Bw2																									
	Medio	Alto	Muy alto	Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)																									
					29																									
Conductividad eléctrica	0,03	Muy baja																												
pH	4,84	Muy fuertemente ácido																												
P (ppm)	8,05	Normal																												
N (ppm)	3870																													
CIC = CICA	21,6	Media																												
CICV	8,55																													
% Saturación de bases efectivas	4,37	Alto																												

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

La Tabla 3-15 deja ver que la muestra C1-PCG-03 evidencia una saturación de bases que varía de baja a alta, lo que afecta la adecuada nutrición de las plantas, pH muy fuertemente ácido, afectando la absorción de bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico media y contenido normal de fósforo. Los valores de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total varían de medios a muy altos. Hay presencia de aluminio intercambiable. Su fertilidad actual es alta y la arcilla presente es de tipo 2:1 (Prialé, 2016). Las relaciones catiónicas se encuentran en desequilibrio, donde la relación Ca/Mg presenta una leve deficiencia de Mg y la relación Mg/K donde se evidencia una deficiencia de Mg, adicionalmente, se evidencia un leve desequilibrio de cationes en las relaciones Ca/K y

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	24
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

(Ca+Mg)/K. Estos resultados indican que el suelo requiere de un manejo idóneo de la fertilidad para adecuar las condiciones que las plantas requieren en su adecuada nutrición (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

Tabla 3-16 Resultados análisis químicos Calicata C2-PCG, horizonte 01

DATOS QUÍMICOS		Id. Perfil suelo	C2-PCG-01	Fecha (aa-mm-dd)	11/04/2024																										
Elementos	Datos Cmol*kg ⁻¹	Valoración Cmol*kg ⁻¹	Saturación (%)	Valoración saturación	Relación elementos (Cmol*kg ⁻¹ o meq/100 g)																										
						Cmol*kg ⁻¹	Valoración																								
Ca	3,6	Bajo	16,06	Bajo	Ca/Mg	2,53	Normal																								
Mg	1,42	Bajo	5,12	Bajo	Mg/K	3,99	Estrecha def.Mg																								
K	0,36	Alto	4,24	Alto	Ca/K	10,11	Estrecha																								
Na	4,76	Bajo	11,94	Medio	(Ca+Mg)/K	14,1	Estrecha																								
ΣBT	10,14	Bajo	37,4	Medio	CaCo3 (%)	0,0075	Muy bajo																								
Al intercambiable	1,46	Muy Alto	10,2	Alto																											
CICE	11,6	Arcillas 2:1																													
Conductividad eléctrica	0,031	Muy baja	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fertilidad actual</th> <th>C.O. (%)</th> <th>M.O. (%)</th> <th>N-Total (%)</th> <th>SODIO % (PSI)</th> <th>HORIZONTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>4,01</td> <td>6,91</td> <td>1,02</td> <td>12</td> <td>Ap</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Alto</td> <td>Alto</td> <td>Muy alto</td> <td>Ligeramente sódico</td> <td>ESPESOR (cm)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>					Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Total (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE	Media	4,01	6,91	1,02	12	Ap		Alto	Alto	Muy alto	Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)						10
Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)						N-Total (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE																					
Media	4,01	6,91	1,02	12	Ap																										
	Alto	Alto	Muy alto	Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)																										
					10																										
pH	4,64	Muy fuertemente ácido																													
P (ppm)	41,7	Alto																													
N (ppm)	10200																														
CIC = CICA	31,8	Media																													
CICV	20,2																														
% Saturación de bases efectivas	2,75	Bajo																													

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

En la Tabla 3-16 se evidencia que la muestra C2-PCG-01 presenta una saturación de bases que varía de bajo a alto, lo que afecta la nutrición adecuada de las plantas, pH muy fuertemente ácido, impactando en la adecuada absorción de bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico alta y contenido muy alto de fósforo. Los valores de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total varían de altos a muy altos. Hay presencia de aluminio intercambiable. Su fertilidad actual es alta y la arcilla presente es de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	25
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

tipo 2:1 (Prialé, 2016). La relación catiónica se encuentra dentro de los rangos adecuados para la relación Ca/Mg, para la relación Mg/K se presenta una deficiencia de Mg, adicionalmente, se evidencia un leve desequilibrio de cationes en las relaciones Ca/K y (Ca+Mg)/K. Estos resultados indican que el suelo requiere de un manejo idóneo de la fertilidad para adecuar las condiciones que las plantas requieren en su adecuada nutrición (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

Tabla 3-17 Resultados análisis químicos Calicata C2-PCG, horizonte 02

DATOS QUÍMICOS		Id. Perfil suelo	C2-PCG-02	Fecha (aa-mm-dd)	11/04/2024																										
Elementos	Datos Cmol*k g-1	Valoración Cmol*kg-1	Saturación (%)	Valoración saturación	Relación elementos (Cmol*kg-1 o meq/100 g)																										
						Cmol*kg-1	Valoración																								
Ca	0,829	Bajo	3,07	Bajo	Ca/Mg	5,68	Amplia																								
Mg	0,146	Bajo	0,54	Bajo	Mg/K	0,09	Estrecha def.Mg																								
K	0,156	Alto	0,58	Bajo	Ca/K	0,51	Estrecha																								
Na	1,61	Bajo	5,96	Medio	(Ca+Mg)/K	0,61	Estrecha																								
ΣBT	2,74	Normal	10,1	Bajo	CaCo3 (%)	0,0075	Muy bajo																								
Al intercambiable	1,15	Muy Alto	4,32	Medio																											
CICE	3,891	Arcillas 1:1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fertilidad actual</th> <th>C.O. (%)</th> <th>M.O. (%)</th> <th>N-Total (%)</th> <th>SODIO % (PSI)</th> <th>HORIZONTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>2,51</td> <td>4,33</td> <td>1,00</td> <td>5,95</td> <td>Bw1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Medio</td> <td>Alto</td> <td>Muy alto</td> <td>No sódico</td> <td>ESPESOR (cm)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>27</td> </tr> </tbody> </table>					Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Total (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE	Media	2,51	4,33	1,00	5,95	Bw1		Medio	Alto	Muy alto	No sódico	ESPESOR (cm)						27
Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)						N-Total (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE																					
Media	2,51	4,33						1,00	5,95	Bw1																					
	Medio	Alto						Muy alto	No sódico	ESPESOR (cm)																					
										27																					
Conductividad eléctrica	0,025	Muy baja																													
pH	4,31	Extremadamente ácido																													
P (ppm)	6,30	Bajo																													
N (ppm)	9970																														
CIC = CICA	27,0	Alta																													
CICV	23,11																														
% Saturación de bases efectivas	2,60	Bajo																													

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Para la muestra C2-PCG-02, la Tabla 3-17, evidencia una saturación de bases baja lo cual afecta la fertilidad del suelo, pues no se tienen suficientes nutrientes para el adecuado desarrollo de las plantas, pH extremadamente ácido impidiendo la absorción de nutrientes, capacidad de intercambio catiónico alta y contenido bajo de fósforo. Los valores de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total varían de medios a muy altos. Hay presencia

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	26
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

de aluminio intercambiable. Su fertilidad actual es media y la arcilla presente es de tipo 1:1 (Prialé, 2016). Las relaciones catiónicas se encuentran en desequilibrio, para la relación Ca/Mg, se presenta una leve deficiencia de Mg, para la relación Mg/K se presenta una deficiencia de Mg, adicionalmente, se evidencia un leve desequilibrio de cationes en las relaciones Ca/K y (Ca+Mg)/K. Estos resultados indican que el suelo requiere de un manejo idóneo de la fertilidad para adecuar las condiciones que las plantas requieren en su adecuada nutrición (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

Tabla 3-18 Resultados análisis químicos Calicata C2-PCG, horizonte 03

DATOS QUÍMICOS	Id. Perfil suelo	C2-PCG-03		Fecha (aa-mm-dd)	11/04/2024																									
Elementos	Datos Cmol*k g-1	Valoración Cmol*kg-1	Saturación (%)	Valoración saturación	Relación elementos (Cmol*kg-1 o meq/100 g)																									
Ca	1,030	Bajo	3,68	Bajo	Ca/Mg	7,57	Amplia																							
Mg	0,136	Bajo	0,49	Bajo	Mg/K	0,04	Estrecha def.Mg																							
K	0,125	Alto	0,45	Bajo	Ca/K	0,33	Estrecha																							
Na	3,16	Bajo	11,29	Medio	(Ca+Mg)/K	0,37	Estrecha																							
ΣBT	4,45	Normal	15,9	Bajo	CaCo3 (%)	0,0075	Muy bajo																							
Al intercambiable	<0,7	Alto	0	Muy bajo																										
CICE	4,451	Arcillas 1;1		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fertilidad actual</th> <th>C.O. (%)</th> <th>M. O. (%)</th> <th>N-Total (%)</th> <th>SODIO % (PSI)</th> <th>HORIZONTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Media</td> <td>3,05</td> <td>5,26</td> <td>1,11</td> <td>11,3</td> <td>Bw2</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>Alto</td> <td>Muy alto</td> <td>Ligeramente sódico</td> <td>ESPESOR (cm)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>29</td> </tr> </tbody> </table>				Fertilidad actual	C.O. (%)	M. O. (%)	N-Total (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE	Media	3,05	5,26	1,11	11,3	Bw2	Medio	Alto	Muy alto	Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)						29
Fertilidad actual	C.O. (%)	M. O. (%)	N-Total (%)					SODIO % (PSI)	HORIZONTE																					
Media	3,05	5,26	1,11	11,3	Bw2																									
	Medio	Alto	Muy alto	Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)																									
					29																									
Conductividad eléctrica	0,019	Muy baja																												
pH	4,52	Extremadamente ácido																												
P (ppm)	0,66	Bajo																												
N (ppm)	11100																													
CIC = CICA	28,00	Alta																												
CICV	23,55																													
% Saturación de bases efectivas	3,57	Bajo																												

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

En la Tabla 3-18 se observa que la muestra C2-PCG-03 evidencia una saturación de bases baja, lo cual afecta la fertilidad del suelo, pues no cuenta con los suficientes cationes para

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	27
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

el desarrollo adecuado de las plantas, pH extremadamente ácido impidiendo la absorción de nutrientes, capacidad de intercambio catiónico alta y contenido bajo de fósforo. Los valores de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total varían de medios a muy altos. Hay presencia de aluminio intercambiable. Su fertilidad actual es media y la arcilla presente es de tipo 1:1 (Priale, 2016). Las relaciones catiónicas se encuentran en desequilibrio, para la relación Ca/Mg, se presenta una leve deficiencia de Mg, para la relación Mg/K se presenta una deficiencia de Mg, adicionalmente, se evidencia un leve desequilibrio de cationes en las relaciones Ca/K y (Ca+Mg)/K. Estos resultados indican que el suelo requiere de un manejo idóneo de la fertilidad para adecuar las condiciones que las plantas requieren en su adecuada nutrición (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

Tabla 3-19 Resultados análisis químicos Calicata C2-PCG, horizonte 04

DATOS QUÍMICOS		Id. Perfil suelo	C2-PCG-04	Fecha (aa-mm-dd)	11/04/2024																									
Elementos	Datos Cmol*kg ⁻¹	Valoración Cmol*kg ⁻¹	Saturación (%)	Valoración saturación	Relación elementos (Cmol*kg ⁻¹ o meq/100 g)																									
						Cmol*kg ⁻¹	Valoración																							
Ca	1,350	Bajo	34,01	Medio	Ca/Mg	6,92	Amplia																							
Mg	0,195	Bajo	4,91	Bajo	Mg/K	1,05	Estrecha																							
K	0,068	Bajo	1,71	Bajo	Ca/K	7,26	Amplia																							
Na	0,19	Bajo	4,69	Bajo	(Ca+Mg)/K	8,31	Estrecha																							
ΣBT	1,80	Normal	45,4	Medio	CaCo3 (%)	0,0075	Muy bajo																							
Al intercambiable	<0.7	Bajo	0	Muy bajo																										
CECE	1,799	Arcillas 1.1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fertilidad actual</th> <th>C.O. (%)</th> <th>M.O. (%)</th> <th>N-Total (%)</th> <th>SODI O % (PSI)</th> <th>HORIZONTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Baja</td> <td>1,98</td> <td>3,41</td> <td>0,80</td> <td>4,67</td> <td>Bw3</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>Alto</td> <td>Muy alto</td> <td>No sódico</td> <th>ESPESOR (cm)</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>34</td> </tr> </tbody> </table>					Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Total (%)	SODI O % (PSI)	HORIZONTE	Baja	1,98	3,41	0,80	4,67	Bw3	Medio	Alto	Muy alto	No sódico	ESPESOR (cm)						34
Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)						N-Total (%)	SODI O % (PSI)	HORIZONTE																				
Baja	1,98	3,41						0,80	4,67	Bw3																				
	Medio	Alto						Muy alto	No sódico	ESPESOR (cm)																				
										34																				
Conductividad eléctrica	0,010	Muy baja																												
pH	5,16	Fuertemente ácido																												
P (ppm)	0,16	Bajo																												
N (ppm)	8010																													
CIC = CICA	3,97	Muy baja																												
CICV	2,17																													
% Saturación de bases efectivas	25,24	Bajo																												

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	28
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

En la Tabla 3-19, la muestra C2-PCG-04 evidencia una saturación de bases baja, lo cual afecta la fertilidad del suelo, pues no se cuenta con los suficientes cationes para la adecuada nutrición de las plantas, pH fuertemente ácido impidiendo la absorción de bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico muy baja y contenido bajo de fósforo. Los valores de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total varían de medios a muy altos. Hay presencia de aluminio intercambiable. Su fertilidad actual es baja y la arcilla presente es de tipo 1:1 (Priale, 2016). Las relaciones catiónicas se encuentran en desequilibrio, para la relación Ca/Mg, se presenta una leve deficiencia de Mg, adicionalmente, se evidencia un leve desequilibrio de cationes en las relaciones Mg/K, Ca/K y (Ca+Mg)/K. Estos resultados indican que el suelo requiere de un manejo idóneo de la fertilidad para adecuar las condiciones que las plantas requieren en su adecuada nutrición (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

Tabla 3-20 Resultados análisis químicos Calicata C3-PCG, horizonte 01

DATOS QUÍMICOS	Id. Perfil suelo	C3-PCG-01		Fecha (aa-mm-dd)	11/04/2024																									
Elementos	Datos Cmol*k g-1	Valoración Cmol*kg-1	Saturación (%)	Valoración saturación	Relación elementos (Cmol*kg-1 o meq/100 g)																									
						Cmol*kg-1	Valoración																							
Ca	4,78	Normal	14,84	Bajo	Ca/Mg	6,42	Amplia																							
Mg	0,744	Bajo	2,31	Medio	Mg/K	0,18	Estrecha def.Mg																							
K	0,393	Alto	1,22	Bajo	Ca/K	1,14	Estrecha																							
Na	4,18	Bajo	12,98	Medio	(Ca+Mg)/K	1,32	Estrecha																							
ΣBT	10,10	Normal	32,4	Bajo	CaCo3 (%)	0,0075	Muy bajo																							
Al intercambiable	1,00	Muy Alto	3,11	Medio																										
CECE	11,097	Arcillas 2:1		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fertilidad actual</th> <th>C.O. (%)</th> <th>M.O. (%)</th> <th>N-Total (%)</th> <th>SODIO % (PSI)</th> <th>HORIZONTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Alta</td> <td>5,22</td> <td>9,00</td> <td>0,17</td> <td>13</td> <td>Ap</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>Alto</td> <td>Normal</td> <td>Ligeramente sódico</td> <td>ESPESOR (cm)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>14</td> </tr> </tbody> </table>				Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Total (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE	Alta	5,22	9,00	0,17	13	Ap	Alto	Alto	Normal	Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)						14
Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Total (%)					SODIO % (PSI)	HORIZONTE																					
Alta	5,22	9,00	0,17					13	Ap																					
	Alto	Alto	Normal					Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)																					
									14																					
Conductividad eléctrica	0,063	Muy baja																												
pH	4,39	Extremadamente ácido																												
P (ppm)	26,0	Muy alto																												
N (ppm)	1720																													
CIC = CICA	32,2	Alta																												
CICV	21,1																													
% Saturación de bases efectivas	2,92	Bajo																												

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	29
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

Para la muestra C3-PCG-01, la Tabla 3-20 evidencia una saturación de bases baja y media, afectando la fertilidad, pues no se cuenta con los suficientes cationes para la adecuada nutrición de las plantas. pH extremadamente ácido impidiendo la absorción de bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico alta y contenido muy alto de fósforo. Los valores de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total varían de altos a normales. Hay presencia de aluminio intercambiable. Su fertilidad actual es baja y la arcilla presente es de tipo 2:1 (Prialé, 2016). Las relaciones catiónicas se encuentran en desequilibrio, para la relación Ca/Mg, se presenta una leve deficiencia de Mg, para la relación Mg/K se presenta una deficiencia de Mg, adicionalmente, se evidencia un leve desequilibrio de cationes en las relaciones Ca/K y (Ca+Mg)/K. Estos resultados indican que el suelo requiere de un manejo idóneo de la fertilidad para adecuar las condiciones que las plantas requieren en su adecuada nutrición (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

Tabla 3-21 Resultados análisis químicos Calicata C3-PCG, horizonte 02

DATOS QUÍMICOS	Id. Perfil suelo	C3-PCG-02	Fecha (aa-mm-dd)	11/04/2024																											
Elementos	Datos Cmol*k g-1	Valoración Cmol*kg-1	Saturación (%)	Valoración saturación	Relación elementos (Cmol*kg-1 o meq/100 g)																										
Ca	0,963	Bajo	3,66	Bajo	Ca/Mg	5,66	Amplia																								
Mg	0,170	Bajo	0,65	Bajo	Mg/K	0,19	Estrecha def.Mg																								
K	0,192	Alto	0,73	Bajo	Ca/K	1,09	Estrecha																								
Na	0,882	Bajo	3,35	Bajo	(Ca+Mg)/K	1,28	Estrecha																								
ΣBT	2,21	Normal	8,39	Bajo	CaCo3 (%)	0,0075	Muy bajo																								
Al intercambiable	1,12	Muy Alto	4,30	Medio																											
CECE	3,327	Arcilla 2:1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fertilidad actual</th> <th>C.O. (%)</th> <th>M.O. (%)</th> <th>N-Total (%)</th> <th>SODI O % (PSI)</th> <th>HORIZONTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>1,52</td> <td>2,62</td> <td>0,99</td> <td>3,35</td> <td>Bw1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Medio</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> <td>No sódico</td> <td>ESPESOR (cm)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table>					Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Total (%)	SODI O % (PSI)	HORIZONTE	Media	1,52	2,62	0,99	3,35	Bw1		Medio	Medio	Muy alto	No sódico	ESPESOR (cm)						25
Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)						N-Total (%)	SODI O % (PSI)	HORIZONTE																					
Media	1,52	2,62	0,99	3,35	Bw1																										
	Medio	Medio	Muy alto	No sódico	ESPESOR (cm)																										
					25																										
Conductividad ad eléctrica	0,029	Muy baja																													
pH	4,36	Extremadamente ácido																													
P (ppm)	0,225	Bajo																													
N (ppm)	9910																														
CIC = CICA	26,3	Alta																													
CICV	22,97																														

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	30
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

% Saturación de bases efectivas	2,52	Bajo	
--	------	------	--

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

La Tabla 3-21 evidencia que la muestra C3-PCG-02 evidencia una saturación de bases baja, lo cual afecta la fertilidad del suelo pues no se cuenta con la suficiente cantidad de cationes para extremadamente ácido impidiendo la absorción de bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico alta y contenido muy bajo de fósforo. Los valores de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total varían de medios a muy altos. Hay presencia de aluminio intercambiable. Su fertilidad actual es media y la arcilla presente es de tipo 2:1 (Prialé, 2016). Las relaciones catiónicas se encuentran en desequilibrio, para la relación Ca/Mg, se presenta una leve deficiencia de Mg, para la relación Mg/K se presenta una deficiencia de Mg, adicionalmente, se evidencia un leve desequilibrio de cationes en las relaciones Ca/K y (Ca+Mg)/K. Estos resultados indican que el suelo requiere de un manejo idóneo de la fertilidad para adecuar las condiciones que las plantas requieren en su adecuada nutrición (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	31
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

Tabla 3-22 Resultados análisis químicos Calicata C3-PCG, horizonte 03

DATOS QUÍMICOS		Id. Perfil suelo	C3-PCG-03	Fecha (aa-mm-dd)	11/04/2024																										
Elementos	Datos Cmol*k g-1	Valoración Cmol*k g-1	Saturación (%)	Valoración saturación	Relación elementos (Cmol*k g-1 o meq/100 g)																										
						Cmol*k g-1	Valoración																								
Ca	1,31	Bajo	4,30	Bajo	Ca/Mg	5,93	Amplia																								
Mg	0,221	Bajo	0,72	Bajo	Mg/K	0,24	Estrecha def.Mg																								
K	0,208	Alto	0,68	Bajo	Ca/K	1,45	Estrecha																								
Na	0,905	Bajo	2,97	Bajo	(Ca+Mg)/K	1,69	Estrecha																								
ΣBT	2,64	Normal	8,67	Bajo	CaCo3 (%)	0,0075	Muy bajo																								
Al intercambiable	<0,70	Alto	0	Muy bajo																											
CECE	2,644	Arcillas 1:1		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fertilidad actual</th> <th>C.O. (%)</th> <th>M.O. (%)</th> <th>N-Total (%)</th> <th>SODI O % (PSI)</th> <th>HORIZONTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Baja</td> <td>4,33</td> <td>7,46</td> <td>1,72</td> <td>2,97</td> <td>Bw2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Alto</td> <td>Alto</td> <td>Muy alto</td> <td>No sódico</td> <td>ESPESOR (cm)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>31</td> </tr> </tbody> </table>				Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Total (%)	SODI O % (PSI)	HORIZONTE	Baja	4,33	7,46	1,72	2,97	Bw2		Alto	Alto	Muy alto	No sódico	ESPESOR (cm)						31
Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Total (%)					SODI O % (PSI)	HORIZONTE																						
Baja	4,33	7,46	1,72					2,97	Bw2																						
	Alto	Alto	Muy alto					No sódico	ESPESOR (cm)																						
									31																						
Conductividad eléctrica	0,064	Muy baja																													
pH	4,05	Extremadamente ácido																													
P (ppm)	3,80	Bajo																													
N (ppm)	17200																														
CIC = CICA	30,5	Alta																													
CICV	27,86																														
% Saturación de bases efectivas	3,28	Bajo																													

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Como se observa en la Tabla 3-22, la muestra C3-PCG-03 evidencia una saturación de bases baja, impidiendo la adecuada nutrición de las plantas, pH extremadamente ácido, dificultando la absorción de bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico alta y contenido muy bajo de fósforo. Los valores de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total varían de altos a muy altos. Hay presencia de aluminio intercambiable. Su fertilidad actual es baja y la arcilla presente es de tipo 1:1 (Priale, 2016). Las relaciones catiónicas se encuentran en desequilibrio, para la relación Ca/Mg, se presenta una leve deficiencia de Mg, para la relación Mg/K se presenta una deficiencia de Mg, adicionalmente, se evidencia un leve desequilibrio de cationes en las relaciones Ca/K y (Ca+Mg)/K. Estos resultados indican que el suelo requiere de un manejo idóneo de la fertilidad para adecuar

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	32
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

las condiciones que las plantas requieren en su adecuada nutrición (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

Tabla 3-23 Resultados análisis químicos Calicata C3-PCG, horizonte 04

DATOS QUÍMICOS	Id. Perfil suelo	C3-PCG-04	Fecha (aa-mm-dd)	11/04/2024																										
Elementos	Datos Cmol*k g-1	Valoración Cmol*kg-1	Saturación n (%)	Valoración saturación	Relación elementos (Cmol*kg-1 o meq/100 g)																									
Ca	1,98	Bajo	18,88	Bajo	Ca/Mg	8,02	Amplia																							
Mg	0,247	Bajo	2,35	Bajo	Mg/K	0,07	Estrecha def.Mg																							
K	0,162	Alto	1,54	Bajo	Ca/K	0,54	Estrecha																							
Na	3,70	Bajo	35,28	Alto	(Ca+Mg)/K	0,60	Estrecha																							
ΣBT	6,09	Normal	23,2	Bajo	CaCo3 (%)	0,0075	Muy bajo																							
Al intercambiable	4,40	Muy Alto	16,7	Muy Alto																										
CECE	10,489	Arcillas 2:1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fertilidad actual</th> <th>C.O. (%)</th> <th>M.O. (%)</th> <th>N-Total (%)</th> <th>SODIO % (PSI)</th> <th>HORIZONTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Alta</td> <td>2,56</td> <td>4,41</td> <td>0,89</td> <td>14,10</td> <td>Bw3</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>Alto</td> <td>Muy alto</td> <td>Ligeramente sódico</td> <td>ESPESOR (cm)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>23</td> </tr> </tbody> </table>					Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)	N-Total (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE	Alta	2,56	4,41	0,89	14,10	Bw3	Medio	Alto	Muy alto	Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)						23
Fertilidad actual	C.O. (%)	M.O. (%)						N-Total (%)	SODIO % (PSI)	HORIZONTE																				
Alta	2,56	4,41						0,89	14,10	Bw3																				
	Medio	Alto						Muy alto	Ligeramente sódico	ESPESOR (cm)																				
										23																				
Conductividad eléctrica	0,023	Muy baja																												
pH	4,99	Muy fuertemente ácido																												
P (ppm)	0,138	Bajo																												
N (ppm)	8870																													
CIC = CICA	26,3	Alta																												
CICV	15,81																													
% Saturación de bases efectivas	2,21	Bajo																												

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

En la Tabla 3-23, la muestra C3-PCG-04 evidencia una saturación de bases baja a excepción del Na, impidiendo la adecuada nutrición de las plantas y causando un desequilibrio en las relaciones catiónicas, pH muy fuertemente ácido dificultando la absorción de bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico alta y contenido muy bajo de fósforo. Los valores de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total varían de medios a muy altos. Hay presencia de aluminio intercambiable. Su fertilidad actual es alta y la arcilla presente es de tipo 2:1 (Priale, 2016). Las relaciones catiónicas se encuentran en desequilibrio, para la relación Ca/Mg, se presenta una leve deficiencia de Mg, para la

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	33
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

relación Mg/K se presenta una deficiencia de Mg, adicionalmente, se evidencia un leve desequilibrio de cationes en las relaciones Ca/K y (Ca+Mg)/K. Estos resultados indican que el suelo requiere de un manejo idóneo de la fertilidad para adecuar las condiciones que las plantas requieren en su adecuada nutrición (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

Con base en lo anterior, se puede concluir que en general son suelos jóvenes e incipientes los cuales requieren un manejo con coberturas permanentes, labranza mínima y mejoramiento de las condiciones para su aprovechamiento en actividades agrosilvopastoriles.

- Interpretación resultados físicos

Los parámetros analizados desde el punto de vista físico son: curvas retención de humedad, densidad aparente (g/cm³), densidad real (g/cm³), macroporosidad (%), microporosidad (%) y porosidad total (%).

Las Curvas de Retención de Humedad (calculada para conocer cuánta agua puede retener el suelo por cada horizonte), nos muestran la evolución que tiene el contenido en agua con la succión del suelo, su morfología depende de la textura, estructura del suelo y contenido en materia orgánica.

Tabla 3-24 Resumen resultados puntos de monitoreo físico del suelo

ID PUNTO DE MONITOREO	HORIZONTE	ESPESOR (cm)	T-ARENA (%)	T-ARCILLA (%)	T-LIMO (%)	TEXTURA	ESTRUCTURA	DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	DENSIDAD REAL (g/cm ³)
C1-PGC	Ap	10,00	45	5	50	Franco-Limoso	Blocosa subangular	1,56	2,43
	Bw1	15,00	65	10	25	Franco-Arenoso	Blocosa angular	1,52	2,48
	Bw2	29,00	66	3	31	Franco-Arenoso	Blocosa angular	1,47	2,42
C2-PGC	Ap	10,00	77	3	20	Arenoso-Franco	Blocosa subangular	1,39	2,55
	Bw1	27,00	78	1	21	Arenoso-Franco	Blocosa subangular	1,14	2,49
	Bw2	29,00	82	1	17	Arenoso-Franco	Blocosa subangular	1,11	2,43

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	34

ID PUNTO DE MONITOREO	HORIZONTE	ESPESOR (cm)	T-ARENA (%)	T-ARCILLA (%)	T-LIMO (%)	TEXTURA	ESTRUCTURA	DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	DENSIDAD REAL (g/cm ³)
	Bw3	34,00	89	1	10	Arenoso	Blocosa subangular	1,48	2,42
C3-PGC	Ap	14,00	88	3	9	Arenoso	Blocosa subangular	1,47	2,53
	Bw1	25,00	79	3	18	Arenoso-Franco	Blocosa angular	1,13	2,30
	Bw2	31,00	75	3	22	Arenoso-Franco	Blocosa angular	1,16	2,34
	Bw3	23,00	82	1	17	Arenoso-Franco	Blocosa angular	1,33	2,37

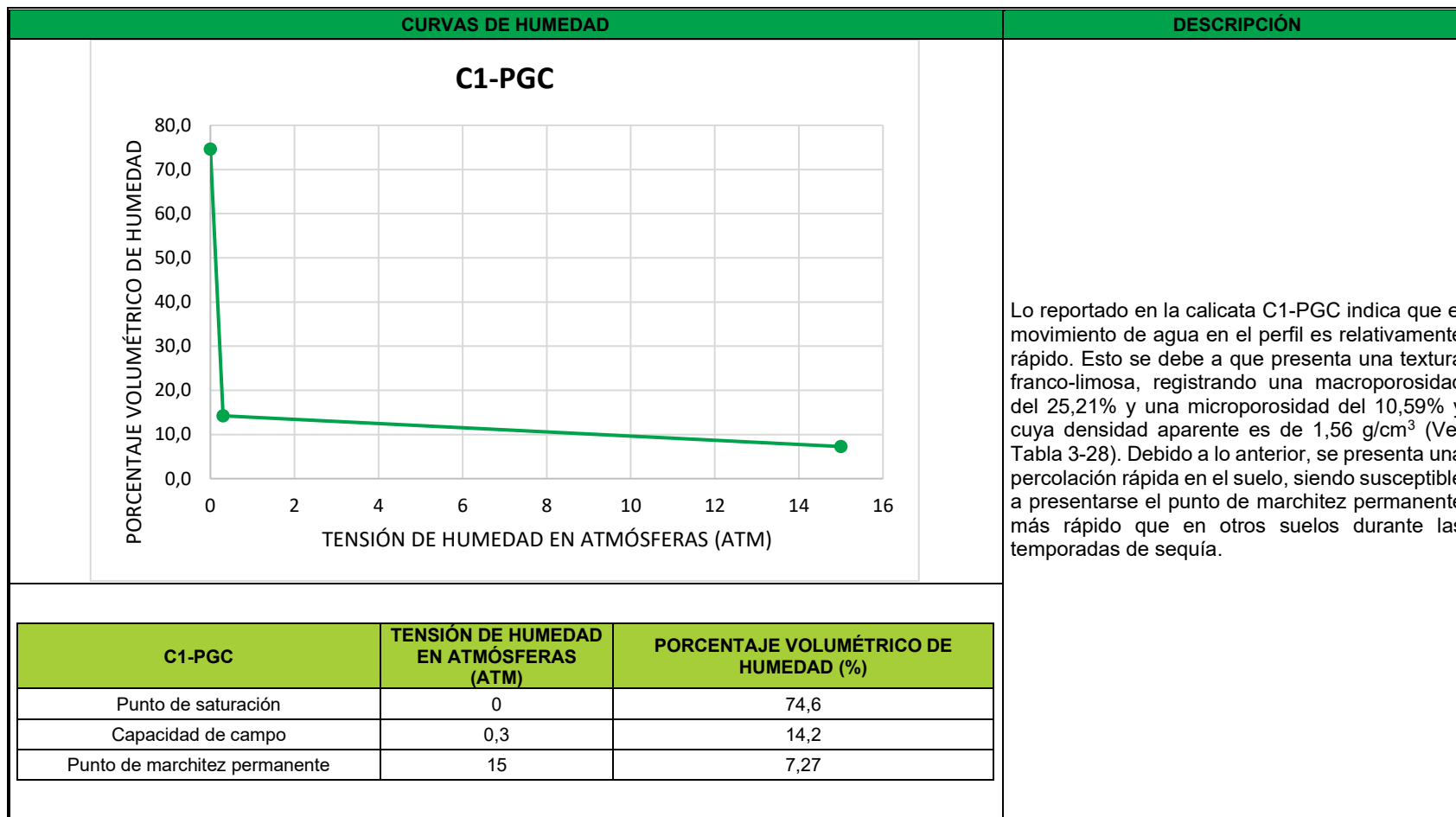
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

De la caracterización se determinan parámetros físicos muy importantes como son el punto de saturación, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y la velocidad de infiltración. Es por ello que, al analizar las muestras tomadas en el área de influencia, se concluye que los suelos se encuentran moderadamente saturados debido al material parental que lo conforman (cenizas volcánicas), no obstante, la saturación de agua en el suelo no aumenta de manera significativa debido a la densidad aparente del suelo, es por ello que los valores que hay son mayores a 1, lo que indican que son suelos francos y franco arenosos, con lo cual la densidad aparente se mantiene estable sobre todo en terrenos con textura franca arenosa, en los terrenos más arcillosos la densidad aparente aumenta cuando esta supera su capacidad de carga y los contenidos de agua son mucho mayores.

La densidad del suelo en general se puede aumentar ya que el flujo de aire y agua en sus poros son relativamente lentos, es decir, hay mayor cantidad de microporos y por ende la retención de agua será mayor. Así mismo la actividad microbiana no se va a ver afectada ya que hay abundante arcilla, la cual ayuda a retener la humedad a través de los microporos. Por ello es importante tener presente la vocación de uso del suelo para evitar degradarlo y/o realizar un uso inadecuado del mismo (IGAC, 2003). A continuación, se presenta el resumen de los resultados físicos, y de la Tabla 3-25 hasta la Tabla 3-27 se presentan las curvas de retención de humedad para cada una de las calicatas realizadas.

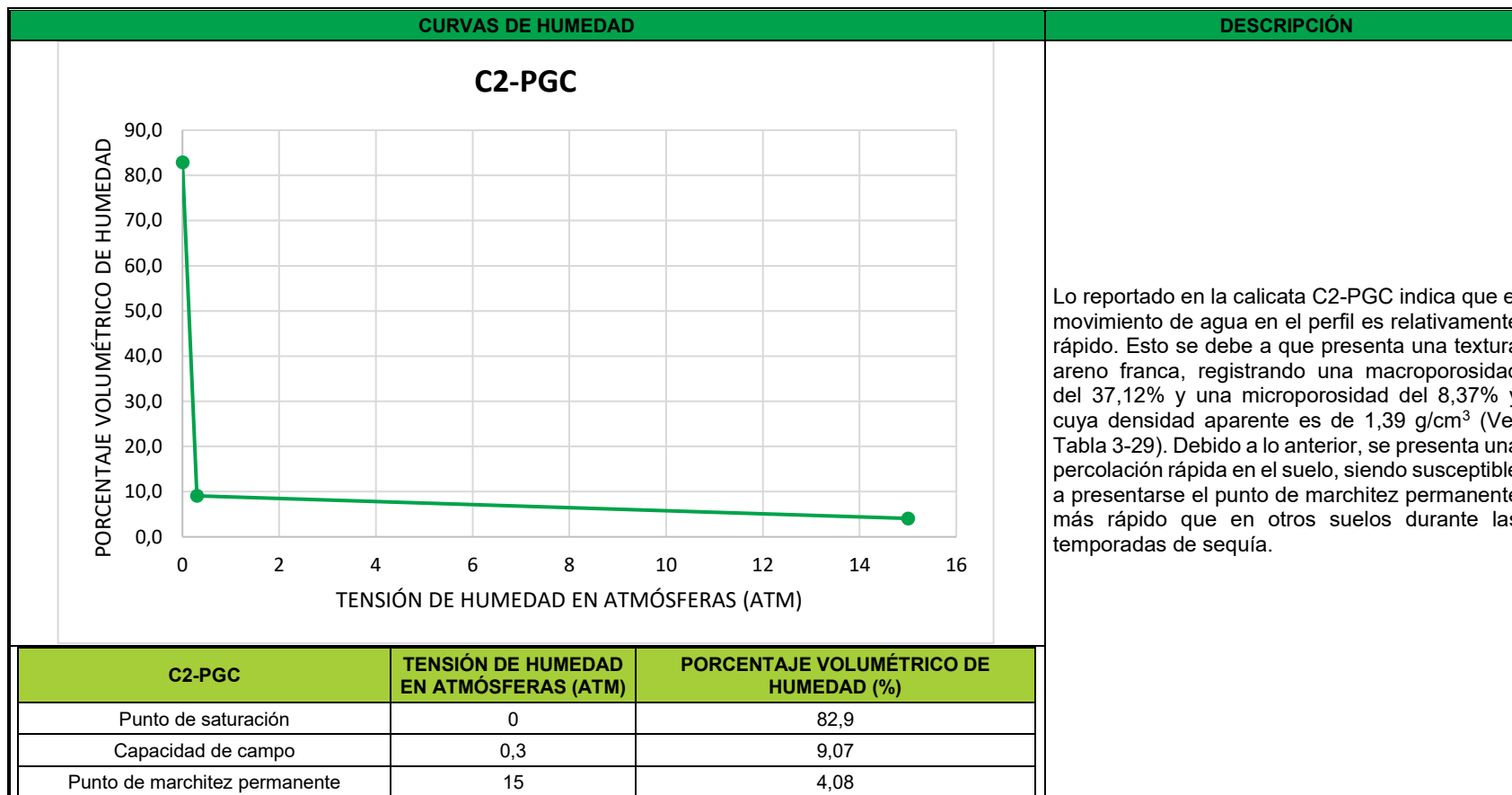
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	35

Tabla 3-25 Análisis curvas de retención para C1-PGC



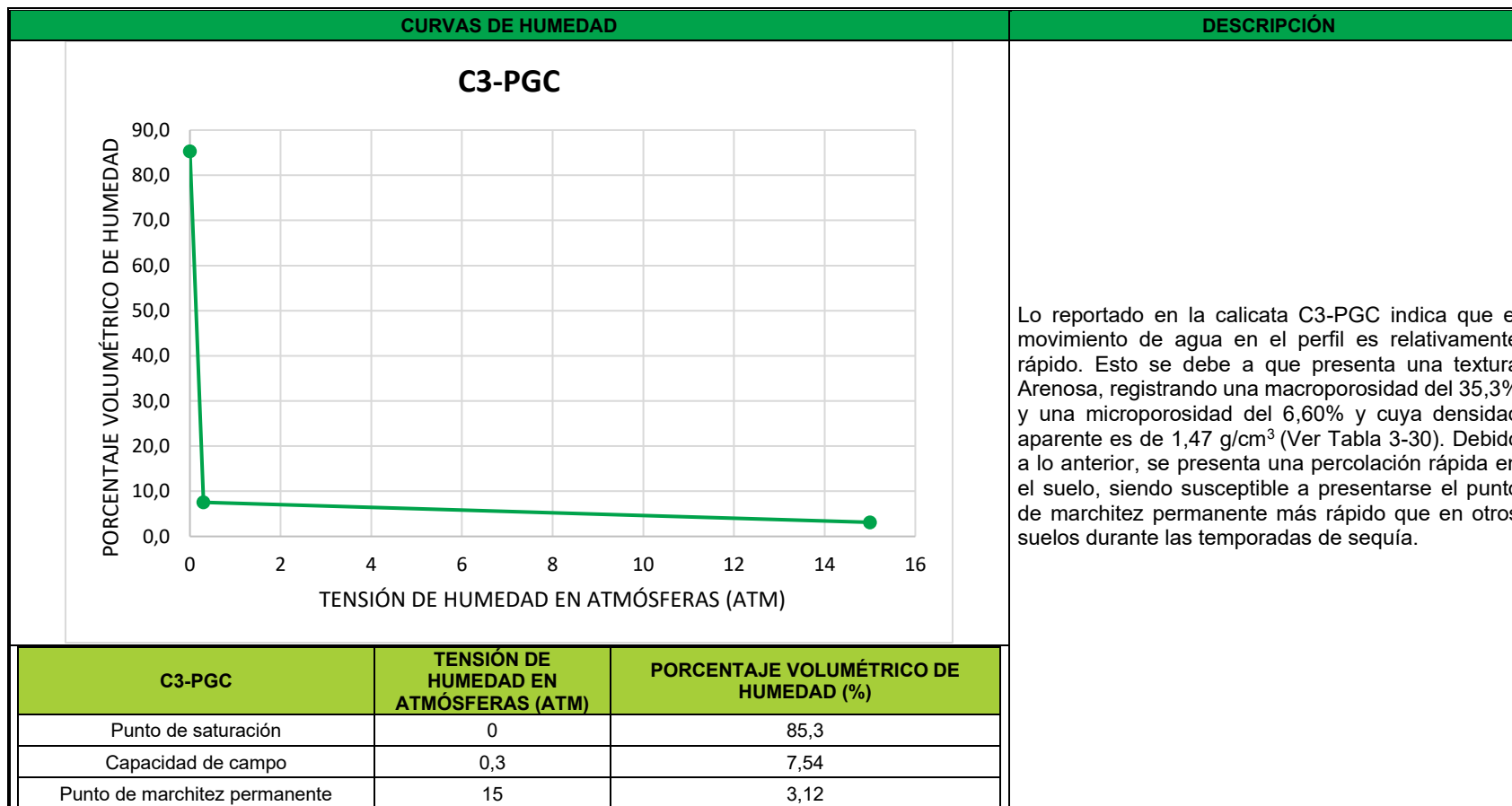
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Tabla 3-26 Análisis curvas de retención para C2-PGC



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Tabla 3-27 Análisis curvas de retención para C3-PGC



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

A continuación, de la Tabla 3-28 a la Tabla 3-30 se muestran los resultados físicos de cada una de las muestras.

Tabla 3-28 Resultados análisis físicos Calicata C1-PCG, horizonte 01

DATOS FÍSICOS											
C1-PCG-01											
ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD FEAL	SATURACIÓN DE HUMEDAD	H 0 KPA	H 0,33 KPA	H 1500 KPA	ESTRUCTURA	CLASE ESTRUCTURA
45	50	5	Franco-- Limoso	1,56	2,43	48,00	74,60	14,20	7,27	Blocosa subangular	Media-ME
MA. POROS	MIC. POROS	POR. TOTAL									
25,21	10,59	35,80									
C1-PCG-02											
ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD FEAL	SATURACIÓN DE HUMEDAD	H 0 KPA	H 0,33 KPA	H 1500 KPA	ESTRUCTURA	CLASE ESTRUCTURA
65	25	10	Franco Arenoso	1,52	2,48	46,30	76,50	13,00	6,53	Blocosa Angular	Media-ME
MA. POROS	MIC. POROS	POR. TOTAL									
27,84	10,87	38,71									
C1-PCG-03											
ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD FEAL	SATURACIÓN DE HUMEDAD	H 0 KPA	H 0,33 KPA	H 1500 KPA	ESTRUCTURA	CLASE ESTRUCTURA
66	31	3	Franco Arenoso	1,47	2,42	43,70	80,40	10,60	5,04	Blocosa Angular	Media-ME
MA. POROS	MIC. POROS	POR. TOTAL									
29,73	9,52	39,26									

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Tabla 3-29 Resultados análisis físicos Calicata C2-PCG, horizonte 01

DATOS FÍSICOS											
C2-PCG-01											
ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD FEAL	SATURACIÓN DE HUMEDAD	H 0 KPA	H 0,33 KPA	H 1500 KPA	ESTRUCTURA	CLASE ESTRUCTURA
77	20	3	Franco Arenoso	1,39	2,55	49,30	82,90	9,07	4,08	Blocosa subangular	Media-ME
MA. POROS	MIC. POROS	POR. TOTAL									
37,12	8,37	45,49									
C2-PCG-02											
ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA				H 0 KPA			ESTRUCTURA	

78	21	1	Arenoso Franco	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD FEAL	SATURACIÓN DE HUMEDAD		H 0,33 KPA	H 1500 KPA		CLASE ESTRUCTURA
MA. POROS	MIC. POROS	POR. TOTAL		1,14	2,49	45,30	84,10	8,30	3,59	Blocosa subangular	Media-ME
44,28	9,93	54,22		C2-PCG-03							
82	17	1	Arenoso Franco	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD FEAL	SATURACIÓN DE HUMEDAD	H 0 KPA	H 0,33 KPA	H 1500 KPA	ESTRUCTURA	CLASE ESTRUCTURA
MA. POROS	MIC. POROS	POR. TOTAL		1,11	2,43	43,00	85,00	7,74	3,24	Blocosa subangular	Media-ME
44,54	9,78	54,32		C2-PCG-03							
89	10	1	Arenoso	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD FEAL	SATURACIÓN DE HUMEDAD	H 0 KPA	H 0,33 KPA	H 1500 KPA	ESTRUCTURA	CLASE ESTRUCTURA
MA. POROS	MIC. POROS	POR. TOTAL		1,48	2,42	42,60	86,60	6,77	2,63	Blocosa subangular	Media-ME
32,67	6,17	38,84									

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Tabla 3-30 Resultados análisis físicos Calicata C3-PCG, horizonte 01

DATOS FÍSICOS											
C3-PCG-01											
ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD FEAL	SATURACIÓN DE HUMEDAD	H 0 KPA	H 0,33 KPA	H 1500 KPA	ESTRUCTURA	CLASE ESTRUCTURA
88	9	3	Arenoso	1,47	2,53	47,90	85,30	7,54	3,12	Blocosa subangular	Media-ME
MA. POROS	MIC. POROS	POR. TOTAL									
35,50	6,60	41,90									
C3-PCG-02											
ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD FEAL	SATURACIÓN DE HUMEDAD	H 0 KPA	H 0,33 KPA	H 1500 KPA	ESTRUCTURA	CLASE ESTRUCTURA
79	18	3	Arenoso Franco	1,13	2,30	45,40	83,30	8,79	3,90	Blocosa angular	Media-ME
MA. POROS	MIC. POROS	POR. TOTAL									
41,02	9,85	50,87									

C3-PCG-03											
ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD FEAL	SATURACIÓN DE HUMEDAD	H 0 KPA	H 0,33 KPA	H 1500 KPA	ESTRUCTURA	CLASE ESTRUCTURA
75	22	3	Arenoso Franco	1,16	2,34	42,80	82,40	9,35	4,25	Blocosa angular	Media-ME
MA. POROS	MIC. POROS	POR. TOTAL									
39,41	11,02	50,43									
C3-PCG-04											
ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD FEAL	SATURACIÓN DE HUMEDAD	H 0 KPA	H 0,33 KPA	H 1500 KPA	ESTRUCTURA	CLASE ESTRUCTURA
82	17	1	Arenoso Franco	1,33	2,37	40,10	85,00	7,74	3,24	Blocosa subangular	Media-ME
MA. POROS	MIC. POROS	POR. TOTAL									
35,41	8,47	43,88									

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Se concluye que para las calicatas:

- La muestra de la calicata C1-PCG evidencia una textura franco limosa a franco arenosa con mayor predominio de los macroporos sobre los microporos con una densidad aparente típica de suelos franco arenosos y cuyo movimiento del agua en el perfil es relativamente rápido (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).
- En la calicata C2-PCG presenta una textura arenosa franca con mayor predominio de los macroporos sobre los microporos con una densidad aparente típica de suelos arenosos francos y cuyo movimiento del agua en el perfil es rápida (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).
- La calicata C3-PCG manifiesta una textura arenosa franca con mayor predominio de los macroporos sobre los microporos con una densidad aparente típica de suelos arenosos francos y cuyo movimiento del agua en el perfil es relativamente rápida (Jaramillo, 2012); (Jaramillo Noreña, 2022) (USDA, 1964) e (IGAC, 2024).

3.2.3.4 Capacidad de uso de la tierra

Existen diversos métodos de evaluación de tierras, entre ellos están la clasificación de las tierras por aptitud de uso desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura - (FAO, 1976) y la clasificación de las tierras por su capacidad de uso establecido por United States Department of Agriculture - (USDA, 1964). El primer método es un sistema de evaluación de tierras cuantitativo, flexible y dinámico, pero solo permite evaluar y clasificar la aptitud de la tierra con la existencia de un uso específico y en comparación de usos alternativos. El segundo es una evaluación cualitativa que consiste en agrupar unidades de tierra (mayormente unidades de suelo), con respuestas comparables a su manejo y limitaciones o riesgos de degradación.

El sistema de clasificación por su capacidad de uso de las tierras permite definir las diferentes unidades de suelos en grupos que tienen las mismas clases y grados de limitaciones y que corresponden en forma similar a los mismos tratamientos. La agrupación se basa en los efectos combinados del clima, las características poco modificables de relieve y suelos en cuanto a limitaciones para el uso, la capacidad de producción, el riesgo

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	42

de deterioro y los requerimientos de manejo. Dicha afirmación se toma con base en United States Department of Agriculture (USDA) (1964), citado por Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2003).

La clasificación agrológica se destina para fines agropecuarios y forestales, también para identificar zonas que requieren mayor atención hacia la protección y conservación; en el ejercicio se conjugan todos los aspectos que determinan el uso más adecuado en cada suelo y las prácticas recomendadas.

Con base en United States Department of Agriculture (USDA) (1964), citado por Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2003), el sistema de clasificación utilizado en el presente trabajo posee tres (3) categorías según el nivel de abstracción:

- CLASE: Nivel más alto y general, las clases por su capacidad agrupan unidades de suelos que ofrecen similitud en las limitaciones o riesgos, relacionados con el deterioro de los suelos, la fauna o flora de espacios geográficos determinados. Son ocho (8) clases que se designan con números romanos (I-VIII), siendo la de menos limitaciones la clase I y de mayor limitación la clase VIII. Las cuatro primeras clases hacen referencia a tierras arables. Se determinó que las clases 5, 6, 7 y 8 son las que corresponde con el tipo de limitante o riesgo. Se determinó que las clases 3, 4, 5, 6, 7 y 8 son las que corresponde con el tipo de limitante o riesgo.
- SUBCLASE: Categoría intermedia que consiste en divisiones de las clases para agrupar tierras con igual número de factores y grados similares de limitaciones. Las limitaciones son gradiente de la pendiente, suelos, erosión actual y/o susceptibilidad a la erosión, condiciones de humedad y clima. La mayor parte de limitantes son de carácter permanente y se pueden presentar de manera individual o combinada. Encontrándose la subclase e (erosión), s (suelos), c (clima) y h (humedad).
- GRUPO DE MANEJO: Nivel más bajo y detallado. Constituyen la más alta categoría del sistema de clasificación de las tierras. Está constituida por cuatro divisiones o grupos de capacidad.

La descripción de las unidades por capacidad de uso de las tierras se lleva a cabo definiendo las características que presenta el terreno con mayores limitantes y, de ahí,

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.3. Suelos Ver: 01	43
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	----

concluir a qué clase agrológica corresponde cada unidad de paisaje, para el área de influencia se determinaron las clases agrológicas que siempre aplican número romanos, fueron adaptados con números arábigos según requerimientos de la autoridad ambiental.

Para el uso potencial se aplicó la relación de las condiciones ambientales discurridas como factores limitantes del uso agrícola, pecuario, forestal, de conservación y urbano, a que puede destinarse un determinado espacio geográfico, es decir, se describe el conjunto de condiciones ambientales a las que el ser humano tiene que enfrentarse al transformarlas o adaptándose a ellas para aprovechar mejor el suelo y sus recursos en el desarrollo de la agricultura, ganadería, silvicultura y desarrollo urbano, así como para el establecimiento de áreas de conservación de recursos naturales.

Se puede indicar que los suelos se clasificaron en clase 4, 5, 6, 7 y 8 como se observa en la Tabla 3-31 y Figura 3-3 con grupos de manejo que van desde sistemas silvopastoriles hasta la conservación y recuperación de suelos.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	44

Tabla 3-31 Capacidad de uso de la tierra del área de influencia

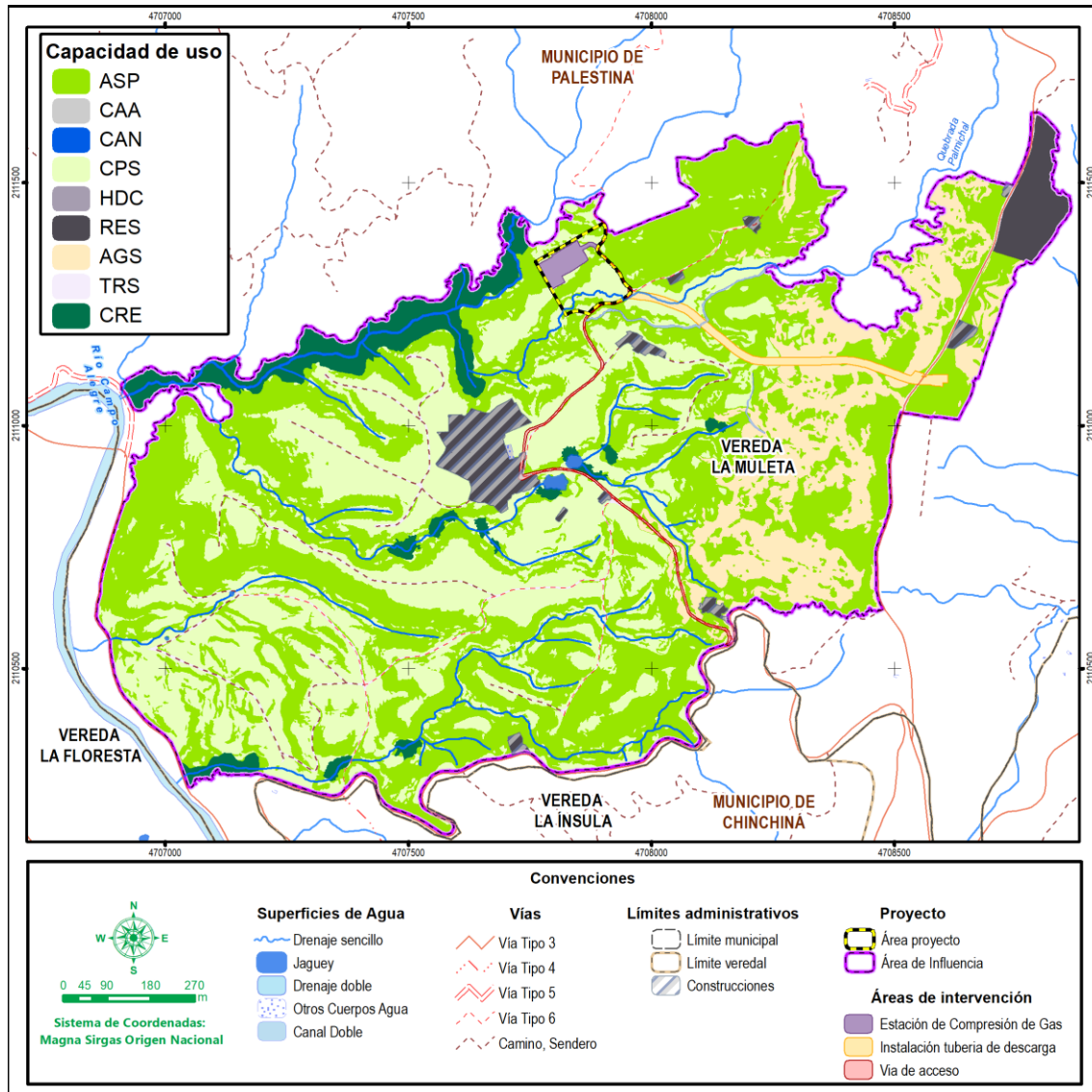
CLASE	SUBCLASE	GRUPO DE MANEJO	UCS*	PRINCIPALES LIMITANTES DE USO	USO RECOMENDADO	ÁREA	
						ha	%
4	c	4c-3	MQAd MQBd MQCd MQDd	Limitados por periodos irregulares de lluvias y sequias	Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS)	48,778	30,489
5	h	5h-1	CAN CAA	Suelos inundados permanentemente y con espejo de agua	Cuerpos de Agua Artificiales (CAA) Cuerpos de Agua Naturales	4,338	2,711
	s	5s-1	ZQZ	Suelos antropizados limitados por sus condiciones de sellamiento, residuos inorgánicos y contaminantes	Explotación de hidrocarburos (HDC) Residencial (RES) Transporte (TRS)	9,187	5,742
6	p	6p-4	MQAe MQBe MQCe MQDe MQEe	Limitados por pendientes mayores al 50% que pueden favorecer la pérdida de suelos	Sistemas agrosilvopastoriles (ASP)	74,407	46,508
7	p	7p-5	MQEf	Limitados por pendientes mayores al 50% que pueden favorecer la pérdida de suelos	Sistemas agrosilvícolas (AGS)	16,336	10,211
8	h	8h-6	MQBdi MQBei	Suelos inundados permanentemente y con espejo de agua	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	6,942	4,339
TOTAL						159,990	100,000

*UCS: Unidad cartográfica de suelos

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	45

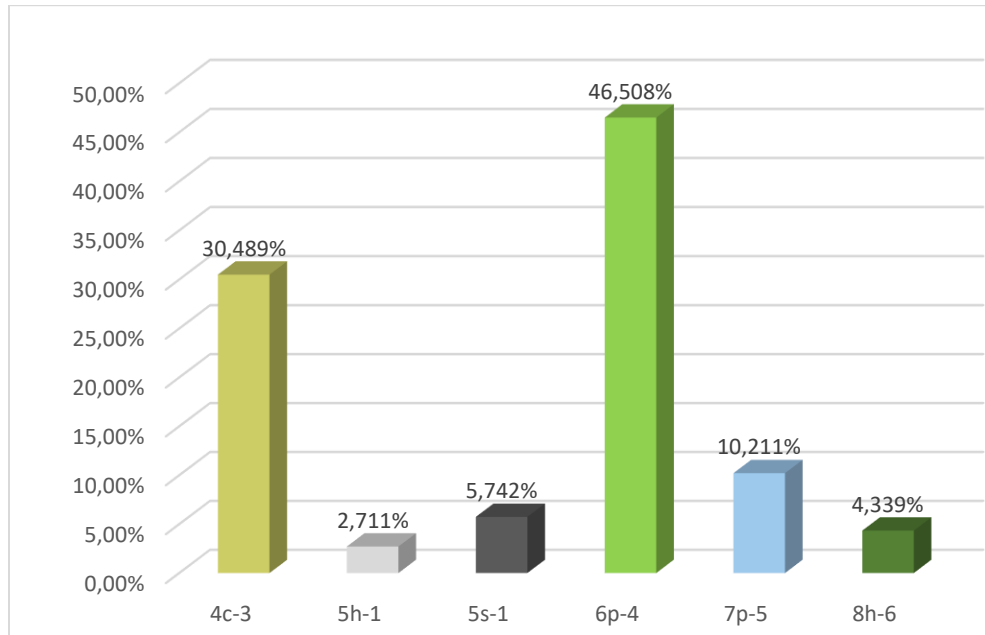
Figura 3-3 Mapa capacidad uso de la tierra en el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	46

Figura 3-4 Distribución capacidad de uso de la tierra en el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

- Clase 4

Las tierras de esta clase están limitadas por ser suelos poco evolucionados a jóvenes con truncamiento en la formación de sus horizontes.

- ◊ Grupo de manejo 4c-3

Limitados por periodos irregulares de lluvias y sequias. El uso recomendado son los cultivos permanentes semi-intensivos (CPS). Las unidades cartográficas que compone este grupo son MQAd, MQBd, MQCd, MQDd, este grupo de manejo tiene 48,778 ha equivalente al 30,489 % del área de influencia.

- Clase 5

Las tierras de esta clase están limitadas por espejos de agua permanentes a semipermanentes, uso recreativo y suelos antropizados limitados por sus condiciones de sellamiento, residuos inorgánicos y contaminantes. El uso recomendado para el área de influencia se relaciona a cuerpos de agua artificial e intervención antrópica.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	47

◇ Grupo de manejo 5h-1

Limitados por espejos de agua permanentes a semipermanentes y uso recreativo. El uso recomendado es cuerpos de agua artificial. Las unidades cartográficas que componen este grupo son CAN y CAA, este grupo tiene una representatividad del 4,338 ha equivalente al 2,711 % del área de influencia.

◇ Grupo de manejo 5s-1

Suelos antropizados limitados por sus condiciones de sellamiento, residuos inorgánicos y contaminantes. El uso recomendado es intervención antrópica, la unidad cartográfica que compone este grupo es ZQZ, este grupo abarca 9,187 ha equivalente al 5,742 % del área de influencia.

• Clase 6

Las tierras de esta clase están limitadas por ser suelos de bajo grado desarrollo pedogenético a jóvenes con presencia de niveles freáticos fluctuantes.

◇ Grupo de manejo 6p-4

Limitados por pendientes mayores al 50% que pueden favorecer la pérdida de suelos, el uso recomendado es sistemas agrosilvopastoriles (ASP), las unidades cartográficas que compone a este grupo son MQAe, MQBe, MQCe, MQDe y MQEe tiene una representatividad de 74,407 ha equivalente al 46,508 % del área de influencia.

• Clase 7

Las tierras de esta clase están limitadas por ser suelos muy superficiales a jóvenes, moderadamente profundos con buenas características fisicoquímicas y limitados por roca. El uso recomendado son los sistemas forestales productores, protectores y productores-protectores, respectivamente.

◇ Grupo de manejo 7p-5

Limitados por pendientes mayores al 50% que pueden favorecer la pérdida de suelos. El uso recomendado es sistemas agrosilvícolas (AGS). La unida cartográficas que compone este grupo es MQEf, este grupo tiene 16,335 ha equivalente al 10,211% del área de influencia.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	48

- Clase 8

Las tierras de esta clase se encuentran limitadas por presentar terrenos arenosos, suelos erosionados y/o en proceso de degradación, o en su defecto suelos inundables, mal drenados a imperfectos, con presencia de agua permanente superior a 180 días. El uso recomendado es para las áreas de recuperación de la naturaleza y conservación de cuerpos de agua natural.

- ◊ Grupo de manejo 8h-6:

Suelos inundados permanentemente y con espejo de agua. El uso recomendado es áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza (CRE), enfocado a la conservación, las unidades cartográficas que componen este grupo son MQBdi y MQBei, este grupo tiene 6,942 ha correspondiente al 4,339 % del área de influencia.

3.2.3.5 Vocación uso de la tierra

“La aptitud de la tierra se entiende como el grado de adecuación que tiene una determinada unidad de tierra para uno o varios usos específicos” (ICDE, 2024), esos usos los definimos como Tipos de Utilización de la Tierra (TUT) y comprenden tanto el rubro o cultivo, como el modo de producción que lo acompaña (nivel y tecnología utilizada, inversión, entre otros) y que se ha seleccionado como pertinente para un contexto socioeconómico dado.

De esta forma, la aptitud de las tierras resulta de armonizar los requerimientos agroecológicos de un determinado TUT (demanda) con la capacidad productiva de una determinada unidad de tierra (oferta), dada en buena medida por la Capacidad de Uso, y otras variables como la ubicación geográfica, aspectos socioeconómicos, entre otros. Su resultado se expresa como un menú de opciones de uso con sus diferentes grados de adecuación (muy apta, moderadamente, marginal y no apta) para cada unidad de tierra.

Teniendo en cuenta el concepto anterior, se procede a definir la vocación de uso de la tierra a continuación: Se define como el uso más idóneo que se le puede dar a una unidad de tierra una vez analizado el menú de sus mejores Aptitudes, tomando en consideración: las políticas de Estado (estrategias agroalimentarias, valor cultural, entre otros), las condiciones físico naturales (capacidad o potencialidad de uso de las tierras), las

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	49

condiciones socioeconómicas (agrosoporte físico: infraestructura, servicios, demanda e insumos) que, junto con las Aptitudes, determinarán el uso que debería dársele finalmente a las tierras a corto o mediano plazo (IGAC & CORPOICA, 2017). El sistema para la clasificación de la vocación de uso de las tierras resulta de la combinación de los siguientes elementos:

- Capacidad de Uso de la Tierra
- Características agroclimáticas
- Requerimientos agroecológicos de los rubros
- Disponibilidad de insumos para la producción
- Infraestructura y servicios de apoyo a la producción
- Disponibilidad de recursos hídricos
- Importancia del rubro en el plan agrícola nacional y regional.

Una vez analizados los anteriores elementos se definió el mapa a nivel nacional de vocación de la tierra a escala 1:100.000 (IGAC, 2012)), el cual detalla los usos más apropiados conforme a las características ya mencionadas.

Existen varios métodos para evaluar la vocación actual de uso de las tierras. El más conocido y generalizado es la Clasificación de Capacidad de Uso del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, denominada comúnmente como clasificación Agrológica, estructurada para clases de uso y sistemas de manejo propios de ese país.

Para la valoración de la vocación de las tierras se utilizó un sistema estructurado en dos niveles categóricos: el primero está referido a una vocación para un uso general y el segundo, para un uso principal recomendado.

La expresión vocación actual de uso de las tierras, es empleada para referirse a la clase mayor de uso que una unidad de tierra está en capacidad natural de soportar con características de sostenibilidad, evaluada sobre una base biofísica, sin tener en cuenta las circunstancias socioeconómicas locales, propias de cada zona agroecológica.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	50

El uso principal recomendado, es el uso deseable que coincide con la función específica de la zona y que ofrece las mayores ventajas desde el punto de vista de desarrollo sostenible (CAR, 29 de octubre de 1998).

La evaluación de la vocación actual de uso de las tierras y por consiguiente la de los usos principales se realizó empleando como unidad espacial de análisis las zonas agroecológicas homogéneas, establecidas a escala 1:500.000 (IGAC & CORPOICA, 2001) comparando ordenadamente sus potencialidades con un conjunto de límites críticos establecidos técnicamente para cada clase de uso principal.

Para ello fue necesario actualizar la Zonificación Agroecológica de Colombia (IGAC & ICA, 1985), incorporando la información que, sobre suelos y tierras, ha producido la Subdirección de Agrología del IGAC en los últimos 15 años de servicio al país.

En ese contexto, la vocación de uso de la tierra para el área de influencia según la base cartográfica del IGAC & CORPOICA, (2017), contempla el uso principal Cultivos permanentes semintensivos de clima medio con vocación de agricultura. A continuación, en la Figura 3-5 y la Tabla 3-32 se presentan las categorías de vocación relacionadas para el área de influencia.

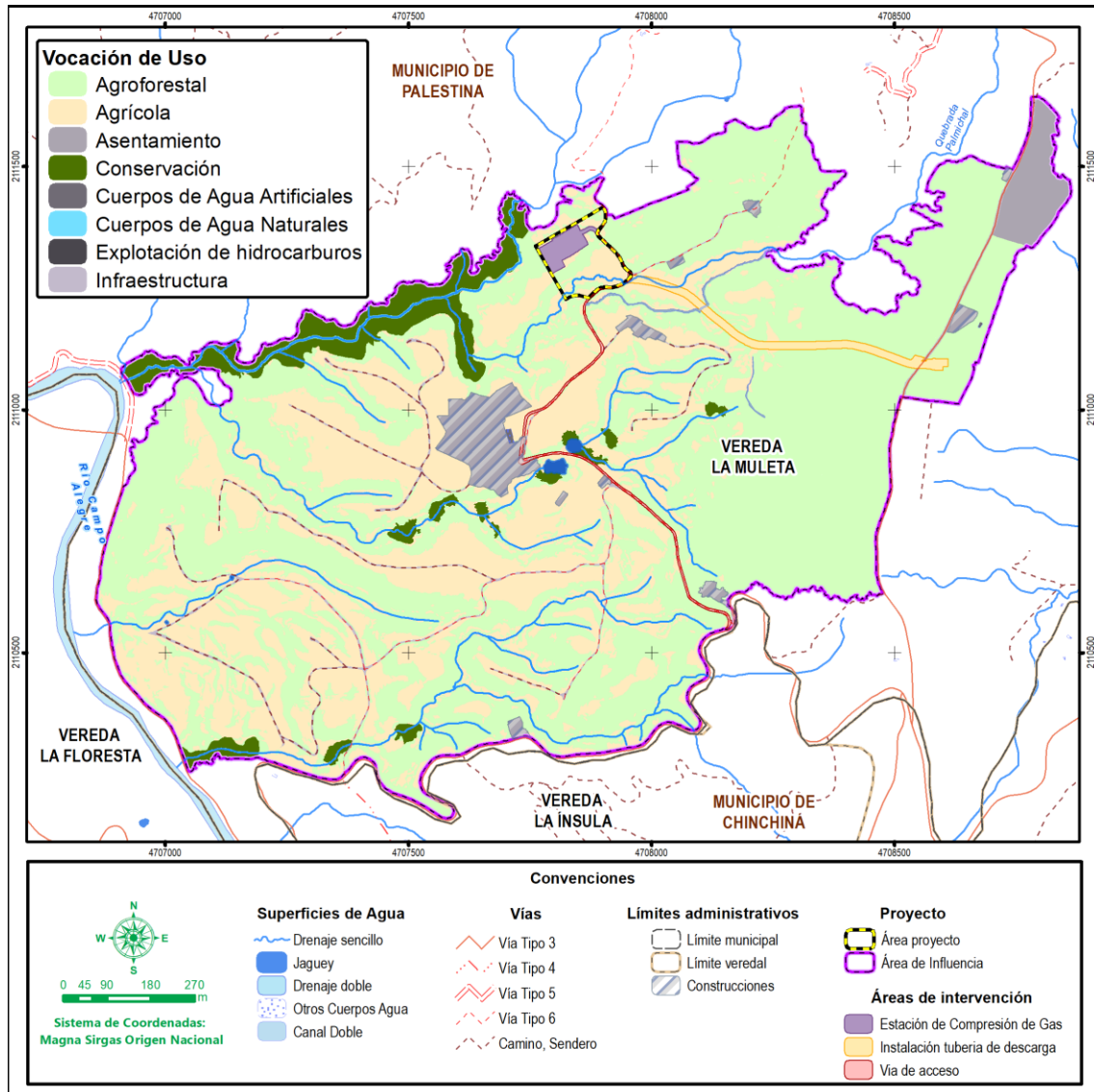
Tabla 3-32 Categorías de vocación y usos principales de las tierras del área de influencia

VOCACIÓN DE USO	USO PRINCIPAL	ÁREA	
		ha	%
Agrícola	Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS)	48,778	30,489
Agroforestal	Sistemas agrosilvopastoriles (ASP) Sistemas agrosilvícolas (AGS)	90,743	56,719
Asentamiento	Residencial (RES)	6,179	3,862
Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	6,942	4,339
Cuerpos de agua artificiales	Cuerpos de Agua Artificiales (CAA)	0,406	0,254
Cuerpos de agua naturales	Cuerpos de Agua Naturales (CAN)	3,932	2,458
Explotación de hidrocarburos	Explotación de hidrocarburos (HDC)	0,052	0,033
Infraestructura	Transporte (TRS)	2,955	1,847
TOTAL		159,990	100,00

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	51

Figura 3-5 Mapa Vocación uso de la tierra en el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

- **Vocación agrícola**

Corresponde aquellas tierras que, por sus características de suelos, permiten el establecimiento de sistemas de producción agrícola, con plantas cultivadas de diferentes ciclos de vida y productos. La vocación agrícola se encuentra ocupando un terreno de 48,778 ha equivalente al 30,489 % del área de influencia.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	52

- **Vocación agroforestal**

Hace referencia aquellas tierras que, por sus condiciones de clima, pendiente, suelos, y riesgos erosivos, deben aprovecharse con usos de agroforestería como cultivos permanentes, donde se combinan especies arbóreas de cultivos agrícolas no leñosos y especies forestales maderables y no maderables. La vocación agroforestal se encuentra ocupando un terreno de 90,743 ha equivalente al 56,719 % del área de influencia.

- **Vocación conservación**

Hace referencia aquellas tierras que, por sus condiciones de clima, pendiente, suelos, y riesgos erosivos, deben aprovecharse con usos de conservación y recreación. La vocación por conservación se encuentra ocupando un terreno de 6,942 ha equivalente al 4,339 % del área de influencia.

- **Cuerpos de agua naturales**

Se refiere a todos los cuerpos naturales como son los ríos, lagos, lagunas, embalses. Los cuerpos de agua se encuentran ocupando un área de 3,932 ha proporcional al 2,458 % del área de influencia.

3.2.3.6 Uso actual de la tierra

Para la identificación del uso actual del suelo en el área de influencia del proyecto se aplicó la metodología de CORINE Land Cover Colombia (CLC) establecida por el IDEAM, la cual permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de un ortomosaico de imágenes aéreas de alta definición, con resolución espacial de 5 cm y una profundidad de píxel de 8 bit, tomada en el año 2024. Con base a lo anterior se realizó la construcción del mapa de uso actual a escala 1:2.000 cómo se relaciona en la Figura 3-3.

Tabla 3-33 Relación de las Coberturas de la tierra con respecto al Uso de Suelo Actual para el área de influencia

CÓDIGO CLC	NOMBRE DE LA COBERTURA	USO ACTUAL DEL SUELO
111	Tejido urbano continuo	Residencial (R)
112	Tejido urbano discontinuo	

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	53

CÓDIGO CLC	NOMBRE DE LA COBERTURA	USO ACTUAL DEL SUELO
231	Pastos limpios	Pastoreo intensivo (PIN)
233	Pastos enmalezados	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)
241	Mosaico de cultivos	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
513	Canales	Servicios (S)
514	Cuerpos de agua artificiales	Servicios (S)
1221	Red vial y territorios asociados	Transporte (T)
1312	Explotación de hidrocarburos	Industrial (I)
2112	Terrenos en preparación	Cultivos transitorios intensivos (CTI)
2222	Café	Cultivos permanentes intensivos (CPI)
2235	Aguacate	Cultivos permanentes intensivos (CPI)
2237	Guayaba	Cultivos permanentes intensivos (CPI)
2252	Tomate	Cultivos permanentes intensivos (CPI)
3232	Vegetación secundaria baja	Sistemas forestales protectores (FPR)
5144	Jaguey	Servicios (S)
22131	Plátano	Cultivos permanentes intensivos (CPI)
31431	Guaduales	Sistemas forestales protectores (FPR)

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el área de influencia se identificaron siete (7) grupos de uso de la tierra, los cuales son descritos en la Tabla 3-34 y Figura 3-6.

Tabla 3-34 Uso actual de la tierra en el área de influencia

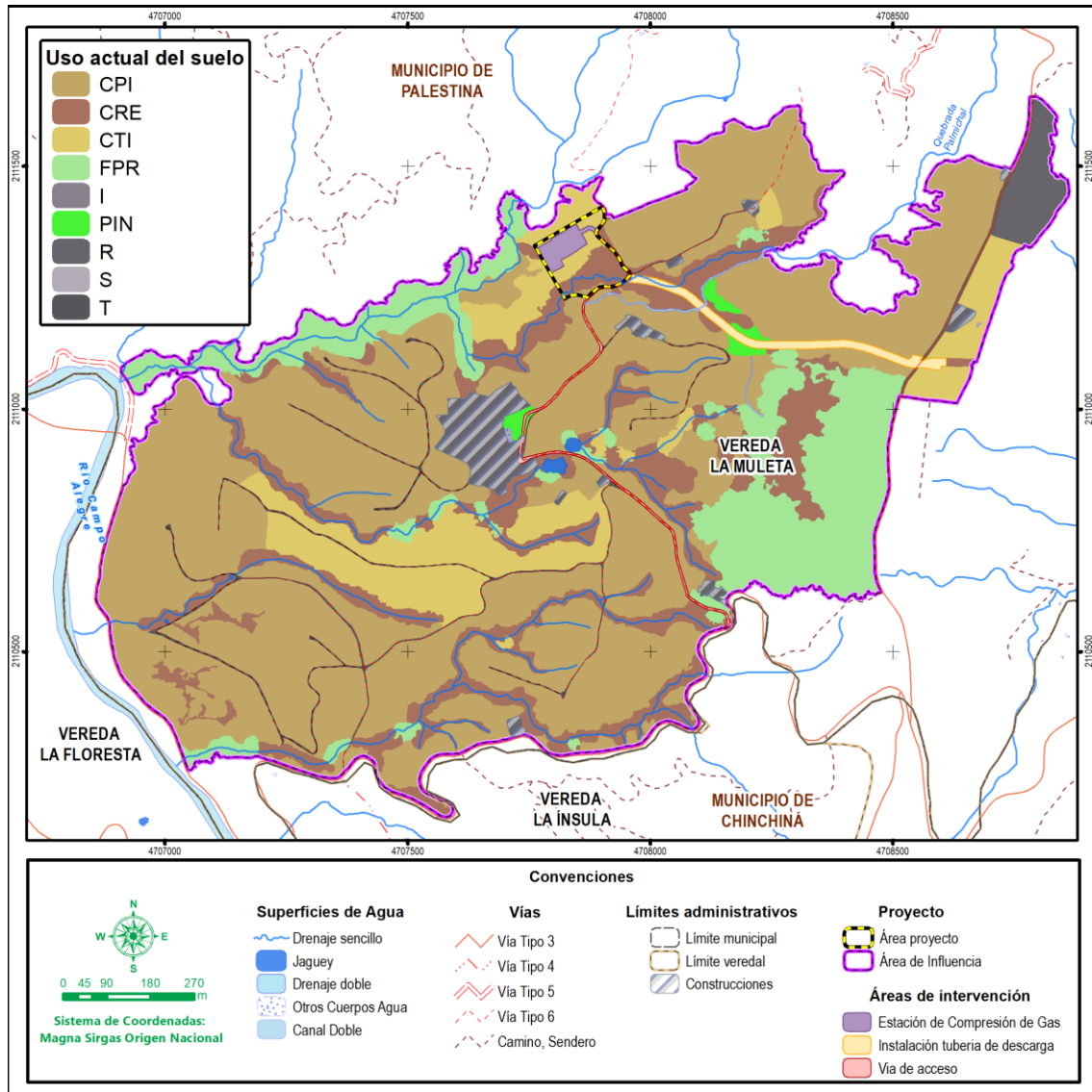
GRUPO DE USO	USO ACTUAL	NOMENCLATURA	ÁREA	
			ha	%
Agricultura	Cultivos permanentes intensivos (CPI)	CPI	89,486	55,933
	Cultivos transitorios intensivos (CTI)	CTI	15,994	9,997
	Subtotal			105,480
Asentamiento	Residencial	R	6,179	3,862
	Subtotal			6,179
Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	CRE	22,783	14,240
	Subtotal			22,783
Forestal	Sistemas forestales protectores (FPR)	FPR	21,176	13,236
	Subtotal			21,176
Ganadería	Pastoreo intensivo (PIN)	PIN	0,956	0,598

GRUPO DE USO	USO ACTUAL	NOMENCLATURA	ÁREA	
			ha	%
	Subtotal		0,956	0,598
Infraestructura	Servicios	S	0,406	0,254
	Transporte	T	2,956	1,847
	Subtotal		3,362	2,100
Minería	Industrial	I	0,052	0,033
	Subtotal		0,052	0,033
TOTAL GENERAL			159,990	100,000

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	55

Figura 3-6 Distribución espacial del grupo de uso actual del suelo



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.3.6.1 Agricultura

En el grupo de uso de Agricultura se encuentra el uso actual de Cultivos transitorios intensivos (CTI) conformado por Mosaico de cultivos y Terrenos en preparación y el uso actual de Cultivos permanentes intensivos (CPI) se asocia al cultivo de Café, al cultivo de Aguacate, al cultivo de tomate y al cultivo de Plátano. Este grupo de uso ocupa un área de 105,480 ha, es decir el 65,930% del área de influencia (Fotografía 3-2).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	56



Fotografía 3-2 Grupo de uso Agricultura (Uso actual de Cultivos transitorios intensivos (CTI) relacionado a la cobertura Mosaico de cultivos)

Coordenadas Origen Único-CTM12
E: 4.707.858,42; N: 2.111.374,379
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.3.6.2 Asentamiento

En el grupo de uso de Asentamiento se encuentra el uso actual Residencial asociado a las coberturas de la tierra de Tejido urbano continuo (Municipio de Palestina) y Tejido urbano discontinuo. Este grupo de uso ocupa un área de 6,179 ha, es decir el 3,862% del área de influencia (Fotografía 3-3).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	57



Fotografía 3-3 Grupo de uso Asentamiento (Uso actual Residencial asociado a la cobertura de Tejido urbano discontinuo, Municipio de Palestina)

Coordenadas Origen Único-CTM12
E: 4.707.939,188; N: 2.111.173,163
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.3.6.3 Conservación

En el grupo de uso de Conservación, se encuentra el uso actual de Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE), relacionado a las coberturas de la tierra de Pastos enmalezados. Este grupo de uso ocupa un área de 22,783 ha, es decir el 14,240% del área de influencia (Fotografía 3-4)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	58



Fotografía 3-4 Grupo de uso Conservación (Uso actual de Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE) asociado a Pastos enmalezados)

Coordenadas Origen Único-CTM12
E: 4.707.954,697; N: 2.110.349,317
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.3.6.4 Forestal

En el grupo de uso Forestal se encuentra el uso actual de Sistemas forestales protectores (FPR) asociado a las coberturas de la tierra de Guaduales y Vegetación secundaria baja. Este grupo de uso ocupa un área de 21,176 ha, es decir el 13,236% del área de influencia (Fotografía 3-5).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	59



Fotografía 3-5 Grupo de uso Forestal (Uso actual de Sistemas forestales protectores (FPR) asociado a coberturas de Guaduales)

Coordenadas Origen Único-CTM12
E: 4.707.343,584; N: 2.110.294,478
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.3.6.5 Ganadería

En el grupo de uso de Ganadería se encuentra el uso actual de Pastoreo intensivo (PIN), relacionado a las coberturas de Pastos limpios. Este grupo de uso ocupa un área de 0,956 ha, es decir el 0,598% del área de influencia (Fotografía 3-6).



Fotografía 3-6 Grupo de uso Ganadería (Uso actual de Pastoreo intensivo (PIN) asociado a cobertura de Pastos limpios.

Coordenadas Origen Único-CTM12
E: 4.708.173,006; N: 2.111.203,515
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	60

3.2.3.6.6 Infraestructura

En el grupo de uso de Infraestructura se encuentra el uso actual de Transporte relacionado a las vías (Red vial y territorios asociados) y el uso actual de Servicios relacionado a Canales, Cuerpos de agua artificiales y Jagueyes. Este grupo de uso ocupa un área de 3,362 ha, es decir el 2,100% del área de influencia (Fotografía 3-7).



Fotografía 3-7 Grupo de uso Infraestructura (Uso actual de Transporte asociado a las vías (Red vial y territorios asociados)

Coordenadas Origen Único-CTM12
E: 4.707.806,994; N: 2.110.910,104
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.3.6.7 Minería

En el grupo de uso de Minería se encuentra el uso actual Industrial, relacionado a la Explotación de hidrocarburos, constituida por infraestructura y demás construcciones asociadas a la operación de actividad del gasoducto. Este grupo de uso ocupa un área de 0,052 ha, es decir el 0,033% del área de influencia (Fotografía 3-8).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	61



Fotografía 3-8 Grupo de uso Infraestructura (Uso actual Industrial asociado a la cobertura Explotación de hidrocarburos)

Coordenadas Origen Único-CTM12
E: 4.708.580,439; N: 2.111.090,692
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.3.7 Conflicto de uso del suelo

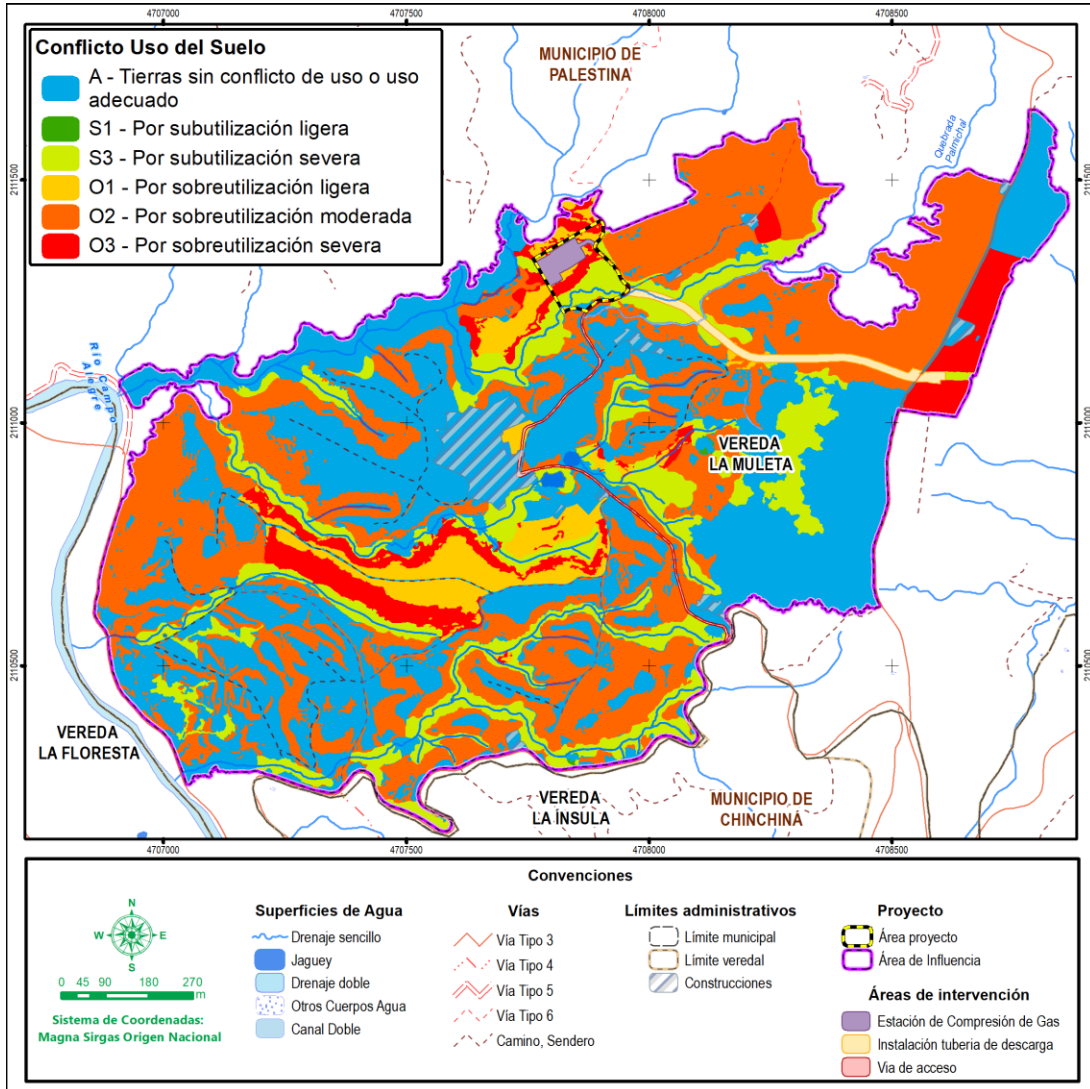
Los Conflictos de Uso de las Tierras son el resultado de la discrepancia entre el uso que el hombre hace del medio natural y el uso que debería tener de acuerdo con la oferta ambiental. Las causas son diversas, tales como la desigualdad en la distribución de las tierras y el manejo incoherente de la relación uso-tierra en una determinada región; generados por el uso sobre intensivo o la subutilización de estos y limitando su capacidad de regenerarse o recuperarse. La comparación se realizó a través de la elaboración y valoración de las unidades cartográficas de Cobertura y Uso Actual en relación con su Uso Potencial o uso recomendado; incluyéndose la definición de usos compatibles para cada unidad de tierra y así, se definió las diferentes clases de conflicto y su respectiva intensidad. (Figura 3-4 y Figura 3-6).

El concepto de subutilización se refiere a las tierras donde el agroecosistema dominante corresponde a un nivel inferior de intensidad de uso, si se compara con la vocación de uso principal o la de los usos compatibles; realiza un uso intenso y dominante, que en comparación con el uso potencial asignado a las tierras y de acuerdo con sus características agroecológicas, provocan sobreutilización. Cuando se presenta un uso adecuado, es porque el uso actual es compatible con el uso principal recomendado, y guarda las

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	62

características de productividad, bajo criterios de conservación o preservación de los recursos.

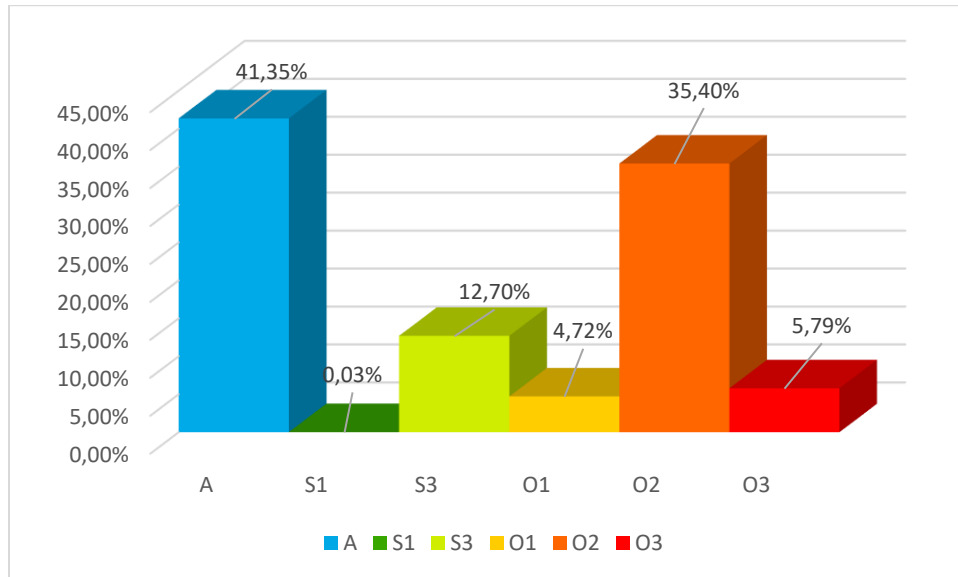
Figura 3-7 Mapa conflictos usos del suelo en el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	63

Figura 3-8 Distribución del conflicto usos del suelo en el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

- **Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado (A)**

Son aquellas unidades en donde el uso actual es concordante con la vocación de la tierra, se evidencian actualmente en las áreas que están dedicadas a los asentamientos, infraestructura, servicios, transporte, cuerpos de agua y sistemas forestales. Ocupa una extensión de 66,16 ha correspondiente al 41,35 % del área de influencia.

- **Suelos con subutilización ligera (S1)**

Tierras cuyo uso actual está cercano al uso principal, pero que se ha evaluado con un nivel de intensidad menor al recomendado y por ende al de los usos compatibles. Se evidencia en tierras empleadas en protección. Está ocupando un área 0,04 ha, 0,03% del área de influencia.

- **Suelos con subutilización severa (S3)**

Tierras cuyo uso actual está muy por debajo, en tres o más niveles de la clase de vocación de uso principal recomendada. Para el área de influencia los usos actuales identificados para esta categoría corresponden a áreas para la conservación y recreación, generando que los recursos naturales presentes en el suelo no se usen de manera adecuada. Está ocupando 20,32 ha, correspondientes al 12,70% del área de influencia.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	64

- Suelos con sobreutilización ligera (O1)

Tierras cuyo uso actual está cercano al uso principal, pero que se ha evaluado con un nivel de intensidad mayor al recomendado y por ende al de los usos compatibles. Se evidencia en tierras empleadas en agricultura en los cultivos transitorios intensivos. Está ocupando un área 7,56 ha, es decir, 4,72% del área de influencia.

- Suelos con sobreutilización moderada (O2)

Tierras en las cuales el uso actual se encuentra por encima, en dos niveles, de la clase de vocación de uso principal recomendada, según la capacidad de producción de las tierras. Se evidencia en las tierras utilizadas para la ganadería correspondiente al pastoreo intensivo. Está ocupando un área 56,64 ha equivalente al 35,40% del área de influencia.

- Suelos con sobreutilización severa (O3)

Tierras en las cuales el uso actual supera en tres o más niveles, la clase de vocación de uso principal recomendado, presentándose evidencias de degradación avanzada de los recursos, tales como procesos erosivos severos y disminución marcada de la productividad de las tierras, se evidencia en tierras empleadas en agricultura en los cultivos transitorios intensivos, actualmente este conflicto ocupa un área de 9,26 ha proporcional al 5,79% del área de influencia.

3.2.3.8 Degradación de suelos

El concepto de degradación de la tierra es un término compuesto que no tiene una característica única, sino una serie de recursos como el suelo, el agua, la vegetación, el clima y el relieve (Stocking, 2003).

“La degradación de los suelos está relacionada con la disminución o alteración negativa de una o varias de las ofertas de bienes, servicios y/o funciones ecosistémicos y ambientales de los suelos, ocasionado por factores y procesos naturales o antrópicos que perturban la dinámica de los ecosistemas” (IDEAM et al., 2015).

La metodología usada está referida a lo indicado en el Protocolo de Salinización (IDEAM et al., Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	65

salinización, 2015). Protocolo de Erosión (MADS et al., 2015), y Protocolo de Desertificación (IGAC et al., 2010), donde se busca identificar si existe erosión acelerada, salinidad del suelo y sodificación, contaminación química, pérdida de nutrientes, sellado y urbanización, y la desertización y desertificación del suelo como parte de la degradación de las tierras. La primera está relacionada con la formación de tierras áridas (desiertos) a causa del empobrecimiento de la cobertura vegetal y la segunda se debe a la pérdida productiva parcial o total en el suelo.

Para el presente estudio se realizó el análisis considerando la fertilidad, contaminación, compactación, erosión, desertificación y salinización, teniendo en cuenta la oferta edáfica del área de influencia. Incluye los lineamientos definidos en el estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia.

- Fertilidad

En el análisis de la fertilidad como factor de degradación se hace importante el conocimiento de las propiedades químicas del suelo, de las sustancias orgánicas e inorgánicas del sustrato y los elementos aportados por agentes externos. El comportamiento de los elementos químicos, la fisiología y los tipos de suelo son las variables con las que se trabajan para mejorar la fertilidad.

Se analizaron las variables de capacidad de intercambio catiónico, pH, profundidad efectiva (Tabla 3-35) y bases cambiabiles de cada uno de los perfiles realizados en campo (Ver Tabla 3-13 a Tabla 3-23).

Se seleccionaron dichas variables por ser las de mayor notabilidad para los tipos de suelos dominantes, que pertenecen al orden de los andisoles e inceptisoles, los cuales van de bien a mal drenados (USDA, 1964), de igual forma, se consideraron los suelos antrópicos con sus limitantes productivos por contaminación y presencia de artefactos manufacturados.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	66

Tabla 3-35 Fertilidad de los suelos

TAXONOMÍA	CIC	pH	PROFUNDIDAD EFECTIVA	FERTILIDAD INTERPRETACIÓN
Lithic hapludands	Baja	Bajo	Baja	Baja
Inceptic hapluands, Andic humudepts	Media	Bajo	Media	Media
Typic hapludands	Alta	Bajo	Alta	Alta
Thaptic Melanudands, Typic hapludands	Alta	Media	Media	Media
Eutric hapludands	Alta	Media	Alta	Alta

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

La tabla anterior es la síntesis de la interpretación de los resultados del laboratorio de suelos donde se definen los niveles de fertilidad actual que corresponde con los aportes de nutrientes provenientes de fuentes externas de origen orgánica o inorgánico.

Para las consociaciones que incluyen suelos de taxonomía como Inceptic hapluands, Andic humudepts y Thaptic Melanudands se le confiere una fertilidad media, soportada en la dinámica del tipo de arcilla presente y las bases intercambiables las cuales favorecen el intercambio catiónico, particularmente para el caso del magnesio y el potasio. Los suelos de orden andisoles, presentan características como son los altos contenidos de carbono orgánico, alta saturación de bases desaturados y bajos contenidos de fósforo, presentan una fertilidad alta, limitados por la carencia de minerales en su pedogénesis, que le proporcionan fósforo, calcio y potasio entre otros.

En el caso de la consociación Lithic hapludands, se presenta un intercambio catiónico bajo al igual que la saturación de bases, sin embargo, la principal limitante para la fertilidad es la poca profundidad efectiva que presenta, lo cual impide un desarrollo adecuado de las raíces en el suelo. La consociación Typic hapludands presenta una fertilidad alta debido a presentar unos altos contenidos de bases intercambiables y su pH lo hace adecuado para una amplia gama de plantas. La consociación Eutric hapludands presenta una fertilidad alta, soportada en las bases intercambiables las cuales favorecen el intercambio catiónico, particularmente para el caso del magnesio lo que los hace muy fértiles.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	67

Tabla 3-36 Variables de los niveles de evaluación aplicados para la fertilidad

pH (H ₂ O)	APRECIACION	P ppm (BRA Y II)	K meg/100g	% M. O			% N. Total			CIC meg/100g	SATURACION DE BASES (SB) %
				CLIMA			CLIMA				
<4.5 EXTREMADAMENTE ACIDO	BAJO	<15	<0.2	<5	<3	<2	<0.25	<0.15	<0.1	<10	<35
4.6 – 5.0 MUY FUERTEMENTE ACIDO	MEDIO	15-40	0.2-0.4	5-10	3-5	2-4	0.26-0.5	0.16-0.3	0.1-0.2	10-20	35-50
5.1 – 5.5 FUERTEMENTE ACIDO	ALTO	>40	>0.4	>10	>5	>4	>0.5	>0.3	>0.2	>20	>50
5.6 – 6.0 MEDIANAMENTE ACIDO	RELACIONES		CLASIFICACION DE ACUERDO CON SALES Y SODIO		SATURACION		APRECIACION				
6.1 – 6.5 LIGERAMENTE ACIDO	RELACION IDEAL	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca + Mg)/K	Ce mm ohs/cm (dS/m)	PSI	CLASE	<15	SIN PROBLEMAS EN GENERAL LIMITANTE PARA CULTIVOS SUSCEPTIBLES	
6.6 – 7.3 NEUTRO	K DEFICIENTE		>18	>30	>40	0-2	INFERIOR A 15%	NORMAL	15 A 30	LIMITANTE PARA CULTIVOS MODERADAMENTE TOLERANTES	
7.4 – 7.8 LIGERAMENTE ALCALINO	Mg DEFICIENTE	>10	>1			2-4		LIMITE S1			
7.9 – 8.4 MEDIANAMENTE ALCALINO	CONTENIDO OPTIMO	ELEMENTOS MENORES* (ppm)			>16	4-8		S2		30 A 60	LIMITANTE PARA CULTIVOS TOLERANTES
8.4 – 9.0 FUERTEMENTE ALCALINO	SUELO	3-6	1.5-3	15-30	20-30	4-8	SUPERIOR A 15%	NaS1	>60	NIVELES TOXICOS PARA LA MAYORIA DE CULTIVOS	
>9.0 EXTREMADAMENTE ALCALINO	PLANTA	30-100	5-25	30-200	60-500	>16		NaS2		NaS3	
-Extractables con DTPA en suelos; digestión húmeda en tejido vegetal. Boro en suelos (extractable en agua caliente): 0.6 – 1.0 ppm Boro en tejido vegetal: 30/80 ppm							INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI LABORATORIO DE SUELOS ÁREA DE QUÍMICA				
NC (Nivel crítico): 25 ppm NO ₃ ; 20 ppm NH ₄ ; NC: 0.2 ppm B (Fosfato de Calcio); NC: 12 ppm P (Olsen modificado); NC 20 ppm S disponible (Fosfato de Calcio) CONCENTRACION NORMAL EN TEJIDO VEGETAL (Handbook of reference Methods for Plant Analysis, 1998): N (%): 2.5-4.5; P (%): 0.2-0.75; K (%): 1.5-5.5; Ca (%): 1.0-4.0; Mg (%): 0.25 – 1.0; S (%): 0.25 – 1.0 B (ppm): 10 – 200; Cu (ppm): 5-30; Fe (ppm) 100-500; Mn (ppm): 20-300; Zn (ppm): 27-100; Mo(ppm):0.1-0.2; Cl (ppm): 100-500											

Fuente: (IGAC, 2009)

- Contaminación

El desarrollo de las comunidades implica el consumo de recursos naturales, siendo el suelo uno de los más afectados, en los últimos años ha aumentado el interés en evaluar la calidad y la salud del recurso suelo, debido a que es un componente fundamental de la biósfera, del que se obtienen alimentos, insumos para la industria y recursos energéticos (Mutelet, 2010)). Los posibles contaminantes en el suelo pueden ser clasificados según diferentes propiedades, siendo la clasificación más sencilla, aquella realizada según la densidad de los compuestos (Serrano, 2012).

Los problemas de contaminación tanto en suelos como en agua y aire se deben principalmente a acciones antropogénicas; entre las que cabe destacar la extracción de recursos naturales. Además, el manejo inadecuado de los materiales y residuos peligrosos ha provocado en el mundo un grave problema de contaminación de los suelos y los cuerpos de agua.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	68

El suelo y subsuelo constituyen un recurso natural difícilmente renovable que desempeña funciones como medio filtrante durante la recarga de los mantos acuíferos y la protección de estos en el lugar donde ocurren los ciclos biogeoquímicos, hidrológicos y las redes tróficas, además de ser el espacio donde se realizan las actividades agrícolas, ganaderas y ser el soporte de la vegetación (Saval, 1995).

El comportamiento de los contaminantes orgánicos está en función de sus características físicas y químicas. Además, las características del medio, como son la unidad del suelo, permeabilidad, estructura, tamaño de las partículas, contenido de humedad y de materia orgánica, así como la profundidad del manto freático, factores climatológicos como la temperatura y la precipitación pluvial también tienen una gran influencia. Todas las variables en su conjunto definen el tamaño y la distribución tridimensional del frente de contaminación en una zona específica.

La presencia de contaminantes en el suelo se ha conceptualizado a través de observaciones indirectas que indican la acumulación de los contaminantes orgánicos en asociación con adsorbentes naturales (Luthy, 1997), estableciéndose los siguientes procesos: absorción a la materia orgánica en forma, amorfa o natural o en líquidos de la fase no Acuosa (LFNA), condensada o en polímeros o residuos de combustión, adsorción a superficies orgánicas húmedas (hollín, adsorción en superficies minerales (cuarzo) y adsorción dentro de los microporos o en minerales (zeolitas).

En suelos contaminados con hidrocarburos, la biorremediación puede llevarse a cabo con los microorganismos que habitan el suelo y con el establecimiento de plantas; esto último es mejor conocido como fitorremediación. En la fitorremediación se utilizan plantas para recuperar suelos contaminados por compuestos orgánicos como el petróleo, porque éstas remueven y destruyen a los contaminantes (Anderson & Walton, 1995).

Lo anterior, se debe a que en las raíces de las plantas (zona rizosférica) existe una proliferación de microorganismos del suelo para llevar a cabo la degradación de compuestos orgánicos. Así, se ha demostrado la capacidad que tienen las plantas y su rizósfera en la remoción de contaminantes como insecticidas y herbicidas presentes en el suelo (Walton & Anderson, 1990).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	69

- Compactación

La compactación es una de las propiedades más importantes del suelo que sucintamente indica la capacidad del material para soportar carga sin sufrir deformación (Montenegro & Malagón, 1990), considera que la compactación es relativa al objeto de estudio (ingeniería civil, ecología, agronomía y agrología) y así mismo son conexos los valores indicadores de calidad.

En el contexto del presente estudio de impacto ambiental, se consideró la ocurrencia de tierras con diferente vocación y uso, y por lo tanto con diferentes referentes de niveles de compactación.

- Degradación por erosión y salinización

La degradación de los suelos y tierras se refiere a la mengua o alteración negativa de una o varias de las ofertas de bienes, servicios y/o funciones ecosistémicas y ambientales, producida por procesos naturales o antrópicos que, en casos críticos, pueden originar la pérdida o la destrucción total del componente ambiental (IDEAM, 2004).

Esta puede ser física, química y biológica; en la primera sobresale la erosión y la compactación, para la segunda prima la salinización de los suelos, la acidificación y la contaminación, debida en general al uso excesivo de riego y fertilizantes y como consecuencias de las actividades mineras e industriales, la tercera está relacionada con la pérdida de variabilidad y diversidad biótica de los suelos.

En lo relacionado con la degradación del suelo por erosión, se aplicó la estructura metodológica definida en el Protocolo para la Identificación y Evaluación de la degradación de Suelos por Erosión (MADS et al., 2015). En el análisis para la degradación de suelos por erosión se logró mediante la delimitación de cada unidad cartográfica con tipo-grado-clase, pendiente, taxonomía y textura. El resultado es una leyenda de tipo alfanumérico, donde se representa el tipo en letras mayúsculas, el grado en minúsculas y la clase en números. El sistema de clasificación utilizado posee tres categorías según el nivel de abstracción:

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	70

- Tipo: Corresponde al desgaste o denudación de suelos y rocas que producen distintos procesos en la superficie de la tierra. Estos se encuentran representados mediante los siguientes símbolos: Sin erosión (S), Hídrica (H), Eólica (E), Hídrica y Eólica (M).
- Grado: Hace referencia a la medida de la capa superficial del suelo. Esta se encuentra representada mediante los siguientes símbolos: Sin erosión (se), Ligera (l), Moderada (m), Severa (s) y Muy Severa (ms)
- Clase: Es el resultado de la acción de fuerzas de la naturaleza (tales como el agua, el viento, el hielo y la gravedad) y el transporte de esos productos sueltos o disueltos de origen a otro distinto. Esta se encuentra representada mediante los siguientes símbolos: Sin erosión (00), Laminar (01), Surcos (02), Cárcavas (03), laminar y Surcos (04), Surcos y Cárcavas (05), Terraceo (06), Terraceo y Laminar (07), Terraceo y Surcos (08), Depresión de deflación (09), Pavimento del desierto (10), Deflación/Dunas (11).

Para finalizar y teniendo en cuenta lo anterior, se concluye que la zona presenta desde el punto de vista edáfico suelos con bajo lavado de elementos, con saturaciones de bases medias a altas lo cual le atribuye una toma de nutrientes muy buena por parte de la planta, pH moderadamente ácidos contribuyendo a la poca movilización de sus elementos; en cuanto al carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total sus niveles son muy altos promoviendo la movilización de la relación C/N; no hay presencia de sales ya que los datos de conductividad eléctrica son normales y la fertilidad actual es media a baja. En términos generales se requiere de un manejo eficiente para evitar el deterioro de los recursos naturales. A continuación, en la Tabla 3-37 y Figura 3-9 se presenta respectivamente la distribución porcentual y espacial de la susceptibilidad a la degradación del suelo por erosión para el área de influencia.

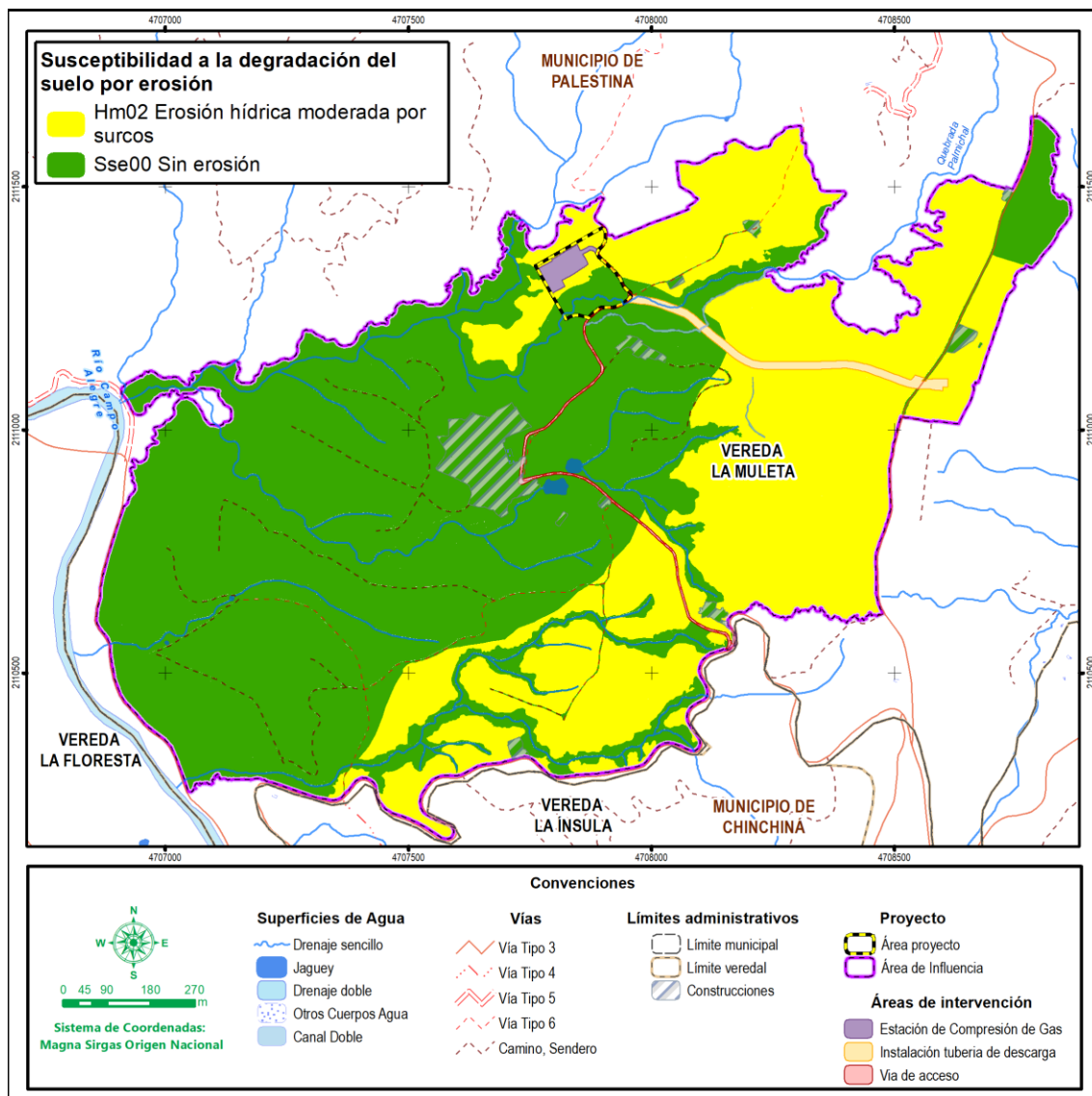
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	71

Tabla 3-37 Susceptibilidad a la degradación del suelo por erosión

TIPO	GRADO	CLASE	CALIFICACIÓN EROSIÓN	OBSERVACIÓN	ÁREA	
					ha	%
S	se	00	Sse00	Sin erosión	98,283	61,432
H	m	02	Hm02	Erosión hídrica moderada por surcos	61,704	38,568
TOTAL					159,987	100,000

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Figura 3-9 Susceptibilidad a la degradación del suelo por erosión



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	72

Para la salinización, sodificación y acidez, el uso de las variables como el pH, la conductividad eléctrica, razón de adsorción de sodio, porcentaje de sodio intercambiable y saturación de bases permitieron evaluar el grado de incidencia. A continuación, se señala la definición y aclaraciones de importancia que fueron tomadas del “Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización” (IDEAM et al., 2017). El término “Salinización de suelos” hace referencia al “proceso de aumento, ganancia o acumulación de sales en el suelo, es decir, al incremento de la salinidad”. Por lo general, el aumento de sales en el suelo y en concentraciones elevadas afecta las características fisicoquímicas y biológicas de los suelos y sus servicios ecosistémicos, entre ellos el desarrollo de las plantas, especialmente de cultivos y la biota edáfica.

Existen diferentes tipos de sales, clasificadas por grupos químicos según su afinidad o composición. En términos edáficos, se hace referencia a las sales que se encuentran en los suelos, generadas in situ, por condiciones naturales o que han llegado al suelo por diversos agentes (incluido el hombre). Se presentan en tres formas: sales solubles (presentes en forma iónica en la solución o fase acuosa del suelo); sales intercambiables (son aquellas en forma iónica presentes en la fase cambiante del suelo. Se relacionan con la capacidad de cambio catiónico (CIC) o aniónico (CIA) y sales poco solubles (como carbonatos, yeso y otras sales de poca solubilidad, que generalmente se encuentran precipitadas en forma mineral). La clasificación de la degradación de suelos por salinización se realiza de modo jerárquico en cuatro categorías:

◇ Tipo de salinización

Hace referencia a la condición por la cual se presenta la acumulación de sales, esto es, su origen. En este caso, se distingue un origen natural, otro antrópico y uno mixto.

◇ Grado

Indica el nivel o contenido de sales en los suelos y su relación entre ellas. Para determinarlo se utilizan los indicadores de conductividad eléctrica (CE), razón de adsorción de sodio (RAS), porcentaje de sodio intercambiable (PSI), reacción de sales poco solubles o contenido de sulfatos. De forma indirecta, se puede utilizar la reacción de suelo (PH) y saturación de bases (SB), entre otros. Con ello se establecen cinco (5) grados de menor a

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	73

mayor relación con degradación de las funciones y servicios de los suelos: Muy ligero, ligero, moderado, severo y muy severo.

◇ Clase

Se refiere al tipo de sal o ion dominante en la solución y el complejo de cambio del suelo y se diferencian así:

- Suelos sódicos: Son aquellos que contienen alta cantidad de sodio intercambiable y bajo nivel de sales solubles. Estos tienen una connotación especial debido a los efectos específicos adversos sobre el crecimiento de plantas y estructura del suelo.
- Suelos calcáreos: Son aquellos que contienen frecuentemente más de 15% de CaCO_3 en el suelo, el cual puede hallarse en distintas formas (polvo, nódulos, ostras, etc.) (FAO, 1973).
- Suelos magnésicos: Para Colombia se propone una clasificación de suelos magnésicos cuando el contenido de magnesio intercambiable es mayor a 40%.
- Suelos yesíferos: Son aquellos que contienen cantidades altas de yeso para interferir en el crecimiento de las plantas. Estos suelos ocurren generalmente en condiciones secas a áridas, donde existen fuentes de sulfato de calcio. En muchos casos, el yeso está asociado con otras sales de calcio, sodio y magnesio (FAO, 1990).
- Suelos alcalinos: Comprende los suelos cuyo pH es superior a 7,4, y en los que no hay dominancia de una sal o ion específico. Se considera que hay una relación entre pH altos y el contenido de sales.
- Suelos sulfatados ácidos: Son suelos recientes que han evolucionado bajo condiciones hidromórficas (inundados o encharcados) y a partir de materiales minerales y orgánicos ricos en hierro y azufre.

◇ Procesos de salinización

Diversos trabajos identifican tipos o formas de salinización para condiciones locales, y estudios detallados reportan algunos procesos por origen o forma de llegada de las sales a los suelos. Sin embargo, no se precisa una clasificación específica al respecto. Se pueden, entonces, mencionar las actividades más importantes que aportan a la salinización:

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	74

- Sequías y climas cálidos
- Inundaciones con fuentes salinas
- Aplicación excesiva o continua de fertilizantes
- Adición excesiva de enmiendas
- Riegos continuos con aguas con altos contenidos de sales
- Avenamiento o drenajes que generan oxidación de azufre
- Vertimiento de aguas servidas o residuales, industriales o mineras
- Erosión que permite el afloramiento de horizontes o capas salinas

3.2.3.8.1 Determinantes ambientales

De acuerdo con la Ley 99 de 1993, el objeto de las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible, es la ejecución de políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables en lo relacionado con su administración, manejo y aprovechamiento. Así, las corporaciones son las encargadas de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente.

Esto significa que las CAR tienen un rol importante en la incorporación de los temas ambientales en los ejercicios de ordenamiento territorial de los municipios y distritos, principalmente, en los modelos de ocupación territorial por ellos propuestos. Para lo anterior, las CAR en conjunto con los organismos adscritos y vinculados al MADS y con las entidades técnicas y científicas del SINA, deben adelantar estudios enfocados al análisis territorial que les permita tomar decisiones y emprender las acciones pertinentes para identificar las determinantes ambientales de su jurisdicción (MADS, 2016)

Según la Procuraduría General de la Nación la identificación de las determinantes ambientales deriva de un análisis territorial, con una mirada integral, donde converge el conocimiento del territorio, el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la conservación y protección de los bienes y servicios ecosistémicos, la prevención de amenazas y riesgos, la promoción del modelo de planificación y de coordinación interestatal y la adopción de un modelo de desarrollo municipal.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	75

El objetivo del análisis del uso reglamentado del suelo es determinar las restricciones de usos que pueden encontrarse en el área de influencia, y que pueda afectar normativamente el desarrollo de este. Para este propósito, se revisa el Plan de Gestión Ambiental Regional 2020 – 2031 -PGAR- (Corpocaldas, 2020) incluyendo la cartografía asociada del municipio de Chinchiná. Los regímenes de uso encontrados en la información municipal disponibles se presentan a continuación:

Se realizó la revisión de la resolución 471 de 2019, por la cual se definen la estructura ecológica principal en el territorio en jurisdicción de Corpocaldas (PPN – Nevados y Selva de Florencia, Reserva Forestal Central, Reserva Forestal Río Blanco y Q. Olivares, Áreas Protegidas de CORPOCALDAS, Corredores de conectividad -Cuchilla Jardín Támesis-Tatamá y Páramo Sonsón PPN Selva de Florencia PNN Nevados-, Páramos, Humedales, Áreas de interés ambiental municipal). La clase agrológica VIII (Áreas de interés municipal), que se encuentra dentro del área de influencia, juntos con las áreas para la conservación del agua, procesos erosivos y zonas de protección forestal no pueden ser objeto de urbanización.

Adicionalmente, se revisa la Resolución No. 2022-277, por la cual se establece que las clases agrológicas II y III “son suelos de protección que no se pueden urbanizar y son determinantes en ordenamiento territorial, pero no son determinantes ambientales porque no hacen parte de las áreas de conservación y protección ambiental.” Estos suelos corresponden entonces a áreas para la producción agrícola y ganadera.

Adicionalmente, se tiene que: en caso de presentarse una contaminación por hidrocarburos en el suelo la susceptibilidad de este a presentar cambios en la superficie es alta debido a que “contaminación por hidrocarburos de petróleo ejerce efectos adversos sobre las plantas indirectamente, generando minerales tóxicos en el suelo disponible para ser absorbidos, además, conduce a un deterioro de la estructura del suelo; pérdida del contenido de materia orgánica; y pérdida de nutrientes minerales del suelo, tales como potasio, sodio, sulfato, fosfato, y nitrato” de igual forma, el suelo se expone a la lixiviación y erosión. La presencia de estos contaminantes ha dado lugar a la pérdida de la fertilidad del suelo, bajo rendimiento de cosechas, y posibles consecuencias perjudiciales para los seres humanos y el ecosistema entero.” (Arias, 2017).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	76

Ahora bien, surge la necesidad de tener claro el concepto de calidad de los suelos relacionado con la capacidad específica que tiene el suelo para funcionar en un ecosistema natural o antrópico, con fines de mantener la productividad y el equilibrio ecosistémico (Pinzon, 2000). Para que este concepto sea utilizable se debe contar con variables que permitan evaluar la condición del suelo (Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso: Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso, (García et al., 2012) donde las variables figuran una condición e información sobre los cambios o tendencias (Dumanski et al., 1998).

Para lograr establecer la calidad de los suelos para el área de influencia se utilizó como referente los pedones descritos en campo y los resultados de laboratorio; buscando cuantificar y conocer el comportamiento edáfico en torno a sus propiedades. Los análisis de laboratorio se evaluaron diagnosticando las variables químicas y físicas, determinando si sus contenidos son altos, medios o bajos con las técnicas y métodos reportados en la Tabla 3-9 y Tabla 3-10, lo anterior en aras de establecer el comportamiento y calidad de los suelos. Adicionalmente, todos los resultados de % de sodio intercambiable (PSI) son nulos, por lo tanto, son suelos que no presentan salinidad ni riesgo de presentarla a futuro.

Las principales características que se evalúan para determinar la calidad de los suelos son fertilidad, densidad, capacidad de intercambio catiónico, pH, contenidos de hidrocarburos, metales pesados y grasas y aceites (Cantú, 2007).

A partir de lo anterior y, de acuerdo con que los resultados reportados por el laboratorio en los ítems mencionados anteriormente se encuentran dentro de los rangos óptimos y/o aceptables para un suelo de buena calidad, se concluye que las unidades de suelo ubicadas dentro del área de influencia presentan una buena calidad, adicionalmente, no presentan problemas químicos, físicos, biológicos, ni de contaminación, haciéndolo un suelo apto para la producción pecuaria y agrícola.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	77

BIBLIOGRAFÍA

- UPRA. (2018). *Metodología de evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a escala general*. Bogotá (UPRA): Unidad de Planificación Rural Agropecuaria https://upra.gov.co/es-co/Documents/01_Proyectos_Normativos/202102_Evaluaci%C3%B3n%20de%20tierras%20para%20la%20Zonificaci%C3%B3n.pdf
- USDA. (1964). *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. United States Department of Agriculture.
- Anderson, T. A., & Walton, B. T. (1995). Fate of Petroleum Hydrocarbons in Plants. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 1-22.
- Arias, J. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 151-167.
- Cantú, M. P. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del suelo*, 25(2), 173-178.
- CAR. (29 de octubre de 1998). *Acuerdo número 16 de 1998 por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial de la Cuenca Alta del Río Bogotá*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- CORINE. (1990). *Metodología Corine Land Cover*. Comisión de la Comunidad Europea.
- Corpocaldas. (2020). *Plan de Gestión Ambiental Regional 2020 - 2031*. Caldas.
- Dumanski, J., Pieri, C., & Goddard, T. (1998). The role of soil quality indicators in sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 11-19.
- FAO. (1973). *Manual de Suelo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (1976). *Clasificación de las tierras por aptitud de uso*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (1976). *Clasificación de las tierras por aptitud de uso*. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (1985). *Land evaluation: Guidelines for land use planning*. Roma: Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (1990). *Mapa Mundial De Suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	78

- García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*.
- ICDE, P. d. (10 de 10 de 2024). *Clasificación de las Tierras por su Vocación de Uso*. Clasificación de las Tierras por su Vocación de Uso: <https://www.icde.gov.co/datos-y-recursos/clasificacion-de-las-tierras-por-su-vocacion-de-uso>
- IDEAM. (2004). *Metodología para la evaluación de la degradación de suelos y tierras*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, Metodología Corine Land Cover*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM, CAR, & UDCA. (2015). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca & Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- IDEAM, CAR, & UDFJC. (2017). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, & Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- IDEAM, MADS, & UDCA. (2015). *Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia*. Bogotá D.C: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/estudio-nacional-de-la-degradacion-de-suelos-por-erosion-en-colombia/>
- IGAC & CORPOICA. (2017). *Mapas de Clasificación de las Tierras por su Vocación de Uso a escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi .
- IGAC & ICA. (1985). *Zonificación agroecológica de Colombia*. Bogotá D.C.
- IGAC. (2003). *Manual de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Us*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi .
- IGAC. (2009). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento de Caldas. Escala 1: 100000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. Subdirección de Agrología - Grupo Interno de trabajo Levantamiento de suelos.
- IGAC. (2009). *Niveles de evaluación aplicados para la fertilidad*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Laboratorio de suelos. Área de química.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	79

- IGAC. (2012). *Mapa a nivel nacional de vocación de la tierra a escala 1:100.000*. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi .
- IGAC. (2016). *Resolución 1575 de 2016*. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- IGAC. (2021, 05 11). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. Diccionario de Términos Léxico Agrológico: https://www.igac.gov.co/sites/default/files/listadomaestro/in-gag-pc05-06_diccionario_del_lexico_agrologico.pdf
- IGAC. (2024, Octubre 18). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. Interpretación y diagnóstico del análisis de suelos: <https://antiguo.igac.gov.co/es/contenido/interpretacion-y-diagnostico-del-analisis-de-suelos-q-01q-03q-04>
- IGAC, & CORPOICA. (2001). *Evaluación de la vocación actual de uso de las tierras de Colombia a escala 1:500.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi & Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- IGAC, IDEAM, & MAVDT. (2010). *Protocolo para la identificación y evaluación de los procesos de degradación de suelos y tierras por desertificación*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Jaramillo Noreña, J. E. (2022). *Manejo agronómico: análisis de suelos y requerimientos nutricionales*.
- Jaramillo, D. (2012). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Luthy, R. G. (1997). Remediation of Contaminated Sediments. *Environmental Science & Technology*, 334A-340A.
- MADS. (2016). *Lineamientos generales para la incorporación del componente ambiental en los planes de ordenamiento territorial*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MADS, IDEAM, & UDCA. (2015). *Protocolo para la evaluación de la erosión hídrica del suelo*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales & Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- MADS, IDEAM, & UDFJC. (2015). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	80

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, & Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Montenegro, F., & Malagón, C. (1990). *Mecánica de Suelos*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Mutelet, F. R. (2010). Partition coefficients of organic compounds in new imidazolium and tetralkylammonium based ionic liquids using inverse gas chromatography. 234-242.
- Pinzon, A. (2000). Calidad de suelos y su relación con la productividad agrícola. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 45-56.
- Prialé Farro, C. A. (2016). *Muestreo de suelos: referencias sobre el análisis e interpretación de resultados*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA.
- Prialé, A. (2016). *Muestreo de suelos: referencias sobre el análisis e interpretación de resultados*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA.
- Saval, M. E. (1995). *El suelo: Un recurso natural no renovable*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Serrano, M. R. (2012). Clasificación de contaminantes en suelos según su densidad. *Ingeniería y Ciencia*, 113-124.
- SIAC. (2021). *Sistema de Información Ambiental de Colombia*. Retrieved 07 10, 2024, from Suelo y Tierra: <http://www.siac.gov.co/suelosytierras>
- Stocking, M. (2003). *Manual para la evaluación de campo de la degradación de la tierra*.
- USDA. (1964). *Clasificación de tierras por su capacidad de uso*. Washington, USA. : U.S. Department of agriculture.
- Walton, B. T., & Anderson, T. A. (1990). Microbial Degradation of Pesticides in the Rhizosphere. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 1-22.
- Zinck, J. (1988). *Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales*. ITC Faculty of Geo Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.
- Zinck, J. A. (2012). *Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. I*. Enschede, The Netherlands: ITC Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.3. Suelos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	81