EVALUACIÓN INDEPENDIENTE DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL MODIFICADO PARA EL PROGRAMA DE ERRADICACIÓN DE CULTIVOS ILÍCITOS POR ASPERSIÓN AÉREA (PECIG)

CORPORACIÓN GEOAMBIENTAL TERRAE

Sergio Gaviria Melo. Químico, Doctor en Ciencias del suelo

Julio Fierro Morales, Geólogo, Magíster en Geotecnia

Carolina Sorzano López, Bióloga, Magíster (c) Gestión y desarrollo rural

Carlos M. Guío Blanco, Geólogo, M.Sc. Mineralogía de suelos

Eduardo Quintero Chavarría, Ing. Civil, MSc. Geofísica

Luisa Alvarado, Ing. Civil, Esp. (c) Recursos hidráulicos

Henry González, Geólogo

Marcela Numpaque, estudiante de Química

Jeremy León, estudiante de Geografía

Elaborado para

DEJUSTICIA

Octubre de 2020

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 11

2 ALCANCES Y LIMITACIONES 12

3 LA SENTENCIA T-236 DE 2017 DESDE UNA PERSPECTIVA GEOAMBIENTAL 13

3.1 LÍNEA DE TIEMPO DE LA ASPERSIÓN CON GLIFOSATO EN COLOMBIA 13

3.2 ASPECTOS TÉCNICOS DE LA SENTENCIA T-236 DE 2017 16

4 ANÁLISIS GEOAMBIENTAL DEL PMA DEL PECIG 19

4.1 ASPECTOS GEOAMBIENTALES GENERALES ABORDADOS EN EL PMA 25

4.1.1 Geología 26

4.1.2 Metodologías aplicadas a evaluación ambiental 27

4.1.3 Plan de gestión del riesgo 28

4.2 ASPECTOS QUÍMICOS DEL GLIFOSATO Y SU RELACIÓN CON AGUAS Y SUELOS 33

4.2.1 Antecedentes sobre la polémica del uso del glifosato 34

4.2.2 Degradación del glifosato: metabolito AMPA 37

4.2.3 Formulaciones y coadyuvantes 37

4.2.3.1 Surfactante 38

4.2.4 Caminos del glifosato en los suelos 40

4.2.4.1 Propiedades del suelo que determinan el camino del glifosato 42

4.2.5 Aplicación de glifosato en suelos agrícolas de otras latitudes 44

4.2.6 Aplicación de glifosato en suelos tropicales de selva húmeda 45

4.2.7 Caso de estudio en suelos de Altillanura orinocense 47

4.2.8 Suelos de piedemonte, lomerío y valle en Amazonia y Orinoquia 51

4.2.9 Riesgo de transferencia de glifosato/AMPA de los suelos al agua 51

4.2.10 Falencias del PMAG en relación con la química del glifosato 53

4.2.11 Metaanálisis preliminar de características de suelos en Latinoamérica y el mundo y su relación con la adsorción 55

4.3 EVALUACIÓN DEL COMPONENTE EDAFOLÓGICO (SUELOS) 61

4.3.1 Consideraciones generales 61

4.3.1.1 Marco normativo para el componente edafológico 61

4.3.1.2 Definiciones y alcance 65

4.3.2 Descripción de la actividad 67

4.3.3 Caracterización del área de influencia 68

4.3.3.1 Análisis de incertidumbre de las unidades cartográficas de suelos (UCS) 70

4.3.3.2 Línea base de propiedades críticas de suelos 73

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.3.4 Evaluación ambiental 78
4.3.5 Planes y programas 80
4.3.6 Zonificación ambiental 83
4.3.7 Análisis de clases agrológicas y sensibilidad ambiental 86
4.3.8 Estudio caso: Transporte de glifosato en suelos y agua en Casanare 89
4.4 EVALUACIÓN DEL COMPONENTE HIDROGEOLÓGICO (AGUAS SUBTERRÁNEAS) 92
4.4.1 Consideraciones de agua subterránea en el marco de la Sentencia T-236 de 2017 92
4.4.2 Análisis de los términos de referencia de la ANLA 94
4.4.2.1 Del PMA general 95
4.4.2.2 Del PMA especifico 97
4.4.3 Contraste de los términos de referencia con los requerimientos hechos para una planta de plaguicidas. 98
4.4.4 Marco de referencia 100
4.4.4.1 Acceso al agua y las garantías del estado en el contexto colombiano 100
4.4.4.2 Movimiento de solutos en las aguas subterráneas 103
4.4.5 Revisión del EIA 108
4.4.5.1 Aspecto general 108
4.4.5.2 Evaluación del Riesgo 109
4.4.5.3 Demanda, uso, aprovechamiento de recursos naturales 115
4.4.5.4 Evaluación ambiental 116
4.4.5.5 Zonificación de manejo ambiental 117
4.4.6 Análisis de ventanas de detalle en los núcleos 1 y 2 117
4.4.6.1 Núcleo 1 – Estudios ambientales para exploración petrolera en La Macarena 118
4.4.6.2 Núcleo 1: SGC – Modelo hidrogeológico San José del Guaviare 120
4.4.6.3 Núcleo 2 – Caquetá 122
4.5 EVALUACIÓN DEL COMPONENTE HIDROLÓGICO (AGUAS SUPERFICIALES) 124
4.5.1 Consideraciones de agua superficial en el marco de la Sentencia T-236 de 2017 124
4.5.2 Términos de referencia ANLA 125
4.5.3 La aspersión con glifosato: un vertimiento no puntual 127
4.5.4 Revisión de los aspectos hidrológicos del PMA 128
4.5.4.1 Generalidades 128
4.5.4.2 Caracterización del área de influencia 129
4.5.4.3 Demanda, uso, aprovechamiento y o afectación de recursos naturales 131
4.5.4.4 Evaluación ambiental 131
4.5.4.5 Planes y Programas 133
4.5.4.6 Zonificación ambiental 134
4.5.5 Factores hidroclimáticos de los núcleos 1 y 2 que pueden incidir en el análisis de impactos del glifosato 135

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.5.5.1 Caracterización de la precipitación 135
Precipitación media 136
Número de días de precipitación 137
4.5.5.2 Escorrentía superficial 137
4.5.5.3 Erosión hídrica 139
Erosividad de la lluvia 140
4.5.5.4 Morfometría de cuencas 142
Delimitación de cuencas 142
Pendiente media de la cuenca 143
4.5.5.5 Captaciones de agua superficial 144
4.5.5.6 Captaciones de agua superficial 145
4.5.6 Incertidumbres de las técnicas de aspersión del glifosato 146

5 ANÁLISIS GENERAL DE LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y DE MANEJO DEL PMA DEL PECIG 149

5.1 ÁREA DE INFLUENCIA 150
5.2 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL 154
5.3 ZONIFICACIÓN DE MANEJO 164

6 CONCLUSIONES 181

6.1 COMPONENTE EDAFOLÓGICO 181
6.2 COMPONENTE HIDROGEOLÓGICO 181
6.3 COMPONENTE HIDROLÓGICO 182
6.4 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y DE MANEJO 184

7 REFERENCIAS 188

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LÍNEA DE TIEMPO DE LA ASPERSIÓN AÉREA CON GLIFOSATO DE CULTIVOS ILEGALIZADOS. 15
FIGURA 2. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN CON EL PROYECTO DE ASPERSIÓN PARA EL NÚCLEO 1 EN EL MEDIO SOCIOECONÓMICO. C: CARÁCTER (TIPO DE CAMBIO GENERADO POR LAS ACTIVIDADES SOBRE EL AMBIENTE: NEGATIVO O POSITIVO). IA: IMPORTANCIA AMBIENTAL. NIV: NIVEL DE IMPORTANCIA. PO: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (A: PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE QUE OCURRA, B: POCO PROBABLE QUE OCURRA, C: ES POSIBLE QUE OCURRA, D: BASTANTE PROBABLE QUE OCURRA, E: OCURRIRÁ CON ALTO NIVEL DE CERTEZA. 23
FIGURA 3. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN CON EL PROYECTO DE ASPERSIÓN PARA LOS NÚCLEOS 1 Y 2 EN EL MEDIO BIÓTICO. C: CARÁCTER (TIPO DE CAMBIO GENERADO POR LAS ACTIVIDADES SOBRE EL AMBIENTE: NEGATIVO O POSITIVO). IA: IMPORTANCIA AMBIENTAL. NIV: NIVEL DE IMPORTANCIA. PO: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (A: PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE QUE OCURRA, B: POCO PROBABLE QUE OCURRA, C: ES POSIBLE QUE OCURRA, D: BASTANTE PROBABLE QUE OCURRA, E: OCURRIRÁ CON ALTO NIVEL DE CERTEZA. 24
FIGURA 4. EJEMPLO MAPA GEOLÓGICO PRESENTADA EN EL PMA. ESTE TIPO DE INFORMACIÓN NO TIENE NINGUNA UTILIDAD EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA LÍNEA BASE, NI EN LA EVALUACIÓN O GESTIÓN DE IMPACTOS O RIESGOS, EN RAZÓN A UNA ESCALA QUE INVISIBILIZA LOS IMPACTOS. 26
FIGURA 5. MAPA DE ÁREAS DE AFECTACIÓN POR POSIBLE DESCARGA DE EMERGENCIA. SI ESTE MAPA SE CRUZA CON BOCATOMAS DE ACUEDUCTOS, HOSPITALES O CENTROS DE SALUD, ESCUELAS, COLEGIOS Y VIVIENDAS Y SE PRESENTA LA INFORMACIÓN EN UNA ESCALA ADECUADA, COMO LA 1:5.000 NORMATIVA PARA EL RIESGO EN LOS CENTROS POBLADOS EN SUELO RURAL (DECRETO 1807 DE 2014, COMPILADO EN EL DECRETO 1077 DE 2015), EL RIESGO ES INNEGABLE. NO OBSTANTE, NO HA SIDO CONSIDERADO DENTRO DEL PMA 32
FIGURA 6. FÓRMULA QUÍMICA Y ALGUNAS PROPIEDADES DEL GLIFOSATO. LOS GRUPOS FUNCIONALES, INDICADOS EN COLORES, APARECEN DISOCIADOS CON LAS CARGAS ELÉCTRICAS CORRESPONDIENTES A LA MOLÉCULA EN EQUILIBRIO EN SOLUCIÓN ACUOSA. 35
FIGURA 7. ESPECIACIÓN DEL GLIFOSATO QUE RESULTA DE LA LIBERACIÓN PROGRESIVA DE PROTONES (H^+) DE IZQUIERDA A DERECHA. LAS REACCIONES ESTÁN EN EQUILIBRIO ÁCIDO- BASE CON VALORES DE PKA QUE CUBREN TODO EL RANGO DE PH: GH**3**, GH_2^-, GH^{2-} Y G3 SON LAS ESPECIES DE GLIFOSATO EN EL AGUA. 36
FIGURA 8. DEGRADACIÓN MICROBIANA DEL GLIFOSATO POR LA RUPTURA DEL ENLACE C-N DE LA AMINA CON EL COMPONENTE HIDROCARBONADO DEL AMINO-ÁCIDOS (VER FIGURA 4). 37
FIGURA 7. FÓRMULA QUÍMICA Y ESTRUCTURAL DE LA SAL ENTRE GLIFOSATO E ISOPROPIL AMINA (G-IPA). 38
FIGURA 10. ESTRUCTURA QUÍMICA DE DOS SURFACTANTES. 1) IÓNICO: CADENA HIDROCARBONADA DE CARÁCTER HIDROFÓBICO, CON UNA CABEZA HIDROFÍLICA CON CARGA ELÉCTRICA; 2) SURFACTANTE NO IÓNICO: CADENA HIDROCARBONADA HIDROFÓBICA CON UNA CABEZA HIDROFÍLICA SIN CARGA ELÉCTRICA. 39
FIGURA 11. COMPORTAMIENTO DEL GLIFOSATO EN LOS SUELOS: DEGRADACIÓN – ADSORCIÓN – LIXIVIACIÓN. LA LETRA G SIGNIFICA GLIFOSATO; GS, GLIFOSATO EN SUELO Y GW, GLIFOSATO EN AGUA. LAS LETRAS A, B Y C SON LOS HORIZONTES DE SUELO. NIVEL FREÁTICO ES EL LÍMITE SUPERIOR DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. COMO SE PUEDE VER, EXISTE LA POSIBILIDAD DE PERMANENCIA DEL GLIFOSATO EN TODOS LOS HORIZONTES DE SUELO Y EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS SOMERAS. 41
FIGURA 12. PROPIEDADES DEL SUELO QUE INFLUYEN EN LA PERSISTENCIA, DEGRADACIÓN O LAVADO DEL GLIFOSATO. 43

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

FIGURA 13. SECUENCIA DE SUELOS SOBRE LA ALTILLANURA POCO DISECTADA DESDE EL CENTRO HASTA EL BORDE DE UN INTERFLUVIO. SECTOR LAS GAVIOTAS, VICHADA. 48
FIGURA 14. SECUENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS DE ALTILLANURA POCO DISECTADA CON CLIMA CÁLIDO-HÚMEDO. A) ESTRUCTURA Y COLOR DE LOS HORIZONTES; DETALLE DE LOS CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA CON SEGREGACIÓN DE HIERRO POR INCREMENTO EN LA HIDROMORFÍA. B) DINÁMICA HÍDRICA EN EL TRANSECTO: INFILTRACIÓN POR CANALES VERTICALES HASTA ALCANZAR EL NIVEL FREÁTICO (HIDROMORFÍA PERMANENTE), SATURACIÓN DE LOS PRIMEROS HORIZONTES Y FORMACIÓN DE UNA TABLA DE AGUA SUSPENDIDA (HIDROMORFÍA TEMPORAL). EN EL PERÍODO DE LLUVIAS OCURRE ESCORRENTÍA SUB-SUPERFICIAL Y ASCENSO DEL NIVEL FREÁTICO; EN EL PERÍODO SECO OCURRE INFILTRACIÓN, LOS SUELOS SE SECAN Y EL NIVEL FREÁTICO SE PROFUNDIZA. 49
FIGURA 15. EFECTO DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA SOBRE LA ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS SUELOS. EN LOS HORIZONTE AMARILLOS LOS ESPACIOS VACÍOS ESTÁN INTERCONECTADOS Y EL MATERIAL ES PERMEABLE. EN LOS HORIZONTES ROJIZOS, SE PRESENTAN CANALES DE CIRCULACIÓN SEPARADOS POR VOLÚMENES MÁS COMPACTOS MENOS PERMEABLES. 50
FIGURA 16. CORRELACIÓN ENTRE KF Y PH DE MUESTRAS DE SUELO. EN COLORES LA PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS (VERDES SON LOS REPORTADOS POR LA DIRAN EN EL PMA; GRISES SON DE EUROPA, NORTEAMÉRICA Y DE ASIA; NARANJA SON DE LATINOAMÉRICA; ROJO SON DE SUELOS COLOMBIANOS RECABADOS POR TERRAE Y LOS DATOS AZULES SON DATOS GENERADOS A PARTIR DE PARÁMETROS MEDIDOS POR EL IGAC EN CAMPO ENTRE LOS AÑOS 2008 Y 2015 EN LOS SEIS NÚCLEOS DEL PECIG). NÓTENSE LA GRAN DISPERSIÓN DE DATOS Y LA TOTAL NO COINCIDENCIA DE LOS DATOS DEL PMA (VERDES) CON LOS SUELOS COLOMBIANOS (AZULES Y ROJOS) 56
FIGURA 17. CORRELACIÓN ENTRE CIC (CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO) Y TOC (MATERIA ORGÁNICA). EN COLORES LA PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS (GRISES SON DE EUROPA, NORTEAMÉRICA Y DE ASIA Y NARANJA SON DE LATINOAMÉRICA). NÓTESE LA TENENCIA A QUE A MEDIDA QUE SE TIENEN MAYORES VALORES DE CIC TAMBIÉN AUMENTAN LOS VALORES DE TOC. 57
FIGURA 18. CORRELACIÓN ENTRE NF (NÚMERO DE FREUNDLICH) Y PH. EN COLORES LA PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS (VERDES SON LOS REPORTADOS POR LA DIRAN EN EL PMA; GRISES SON DE EUROPA, NORTEAMÉRICA Y DE ASIA; NARANJA SON DE LATINOAMÉRICA; ROJO SON DE SUELOS COLOMBIANOS RECABADOS POR TERRAE Y LOS DATOS AZULES SON DATOS GENERADOS A PARTIR DE PARÁMETROS MEDIDOS POR EL IGAC EN CAMPO ENTRE LOS AÑOS 2008 Y 2015 EN LOS SEIS NÚCLEOS DEL PECIG). NÓTENSE LA GRAN DISPERSIÓN DE DATOS Y LA TOTAL NO COINCIDENCIA DE LOS DATOS DEL PMA (VERDES) CON LOS SUELOS COLOMBIANOS (AZULES Y ROJOS) 58
FIGURA 19. GRÁFICA DE CORRELACIONES ENTRE PARÁMETROS KF: CAPACIDAD DE ADSORCIÓN MÁXIMA (CONSTANTE DE FREUNDLICH), NF: PARÁMETRO QUE CONTROLA LA CURVATURA DEL MODELO DE FREUNDLICH, PH, P: PORCENTAJE FÓSFORO, AL: PORCENTAJE DE ALUMINIO, FE: PORCENTAJE DE HIERRO, CLAY: PORCENTAJE DE ARCILLA, CIC: CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO, TOC: CARBONO ORGÁNICO TOTAL. NÓTESE LA GRAN DISPERSIÓN DE DATOS EN TODOS LOS PARÁMETROS DE SUELOS. 59
FIGURA 20. CORRELACIÓN DE PARÁMETROS KF: CAPACIDAD DE ADSORCIÓN MÁXIMA (CONSTANTE DE FREUNDLICH), NF: PARÁMETRO QUE CONTROLA LA CURVATURA DEL MODELO DE FREUNDLICH, PH, CLAY: PORCENTAJE DE ARCILLA, CIC: CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO, TOC: CARBONO ORGÁNICO TOTAL. LA DISPERSIÓN DE LOS DATOS HACE IMPOSIBLE TIPIFICAR EL COMPORTAMIENTO DEL GLIFOSATO EN SU INTERACCIÓN CON LOS SUELOS. 60
FIGURA 21. INCERTIDUMBRE (EXPRESADA COMO ENTROPÍA CUADRÁTICA) PARA LAS UCS DE LOS DEPARTAMENTOS DE LOS NÚCLEOS 1 Y 2. EN EL EJE HORIZONTAL SE INDICA EL NUMERO DE TIPOS DE SUELOS QUE SE REPORTAN PARA CADA UCS. 72

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

FIGURA 22. *DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ENTROPÍA CUADRÁTICA PARA LAS USC.* 73
FIGURA 23. *DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARBONO ORGÁNICO (C), FÓSFORO (P), CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (CICA) Y ESTRUCTURA MACROMORFOLÓGICA (ESTR) PARA 59 PERFILES MODALES DEL META EN EL NÚCLEO SAN JOSÉ. SE AGREGARON LAS PROPIEDADES POR CM DE PROFUNDIDAD COMO MEDIANA (LÍNEA COLOR CAFÉ) Y RANGO INTERCUARTIL (SOMBREADO). LOS PORCENTAJES MOSTRADOS A LA DERECHA DE CADA PANEL REPRESENTAN EL PORCENTAJE DE PERFILES QUE CONTRIBUYE AL ESTIMADO DE ESA PROPIEDAD A UNA PROFUNDIDAD DETERMINADA..* 76
FIGURA 24. *PERFILES MODALES DE SUELO DEL META, DEL NÚCLEO SAN JOSÉ, CON PROPIEDADES EXTREMAS PRESENTES EN UNO O MAS HORIZONTES PARA SITIOS CON INUNDACIÓN PERIÓDICA O NIVEL FREÁTICO SOMERO: ESTR >7, C>2,6, P>20, CICA <4..* 77
FIGURA 25. SENSIBILIDAD AMBIENTAL DEL MEDIO ABIÓTICO PARA EL NÚCLEO SAN JOSÉ. IZQUIERDA: CLASES DE SENSIBILIDAD DE ACUERDO A CLASES AGROLÓGICAS, DE ACUERDO AL PMA. DERECHA: ZONAS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL DEBIDO A ESCORRENTÍA (AZUL CLARO) E INFILTRACIÓN (AZUL OSCURO) NO DETECTADAS POR EL PMA. 88
FIGURA 26. *SENSIBILIDAD AMBIENTAL DEL MEDIO ABIÓTICO PARA EL NÚCLEO CAQUETÁ. IZQUIERDA: CLASES DE SENSIBILIDAD DE ACUERDO A CLASES AGROLÓGICAS, DE ACUERDO AL PMA. DERECHA: ZONAS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL DEBIDO A ESCORRENTÍA (AZUL CLARO) NO DETECTADAS POR EL PMA. LAS POBLACIONES MORELIA Y VALPARAÍSO UTILIZAN LAS ACUMULACIONES NATURALES DE AGUA EN SUPERFICIE PARA EL CONSUMO DOMÉSTICO.* 89
FIGURA 27. MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. LA RESERVA AVES D' JAH, ENMARCADA EN UN CUADRADO ROJO, SE MUESTRA DENTRO DE LA UCS RAV, EN COLOR AZUL CLARO. EN MORADO, EL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO. EN AZUL, EL DEPARTAMENTO DE CASANARE. 90
FIGURA 28. IZQUIERDA: LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO Y CONCENTRACIONES DE GLIFOSATO EN LA RESERVA. LOS PUNTOS GRISES CORRESPONDEN A MUESTRAS EN LAS QUE NO SE DETECTÓ GLIFOSATO. LOS PUNTOS ETIQUETADOS CON "W#" CORRESPONDEN A AGUA SUPERFICIAL DE ESTEROS; LOS PUNTOS ETIQUETADOS CON "S#" CORRESPONDEN A AGUA COLECTADA EN HORIZONTES SATURADOS EN CALICATAS. LOS PERÍMETROS AZUL OSCURO Y AZUL CLARO REPRESENTAN FRANJAS HIPOTÉTICAS HACIA EL INTERIOR DE LA RESERVA. EN LA IMAGEN DE FONDO (GOOGLE, 2019), LAS ZONAS OSCURAS CORRESPONDEN A ZONAS CON MAS DENSIDAD DE VEGETACIÓN. DERECHA: PERFILES DE SUELO ESQUEMÁTICOS ETIQUETADOS EN EL MAPA. LOS CORCHETES AZULES INDICAN SATURACIÓN DE AGUA; LOS CÍRCULOS REPRESENTAN EL GLIFOSATO, DE ACUERDO A LA ESCALA DEL MAPA. LOS HORIZONTES ESTÁN ETIQUETADOS CON CLASES TEXTURALES DE CAMPO (FAO, 2009): FY: FRANCO ARCILLOSO, FYL: FRANCO ARCILLOSO-LIMOSO, YL: ARCILLO-LIMOSO, Y: ARCILLOSO. LOS PERFILES TIENEN UN NOMBRE COMPUESTO PARA INDICAR LAS GEOFORMAS EN QUE SE ENCONTRABAN: BCO – BANCO, BQT – BANQUETA, BJO – BAJO. 91
FIGURA 29. DISTRIBUCIÓN TIPO DE PUNTO DE AGUA POR DEPARTAMENTO (ENA, 2019) 102
FIGURA 30. UBICACIÓN DE CAPATACIONES DE AGUA SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEA. 103
FIGURA 31. ENSAYO DE TRAZADOR EN UNA COLUMNA DE SUELO. 104
FIGURA 32. EJEMPLIFICACIÓN DE PROCESO DE TRANSPORTE DE UN SOLUTO A ESCALA DE PORO. 105
FIGURA 33. EJEMPLO DE POROSIDAD EN EL SUELO. PERFIL DE SUELO TOMADO DE ESTUDIO DE SUELOS DEL VICHADA, SECCIÓN DELGADA DE SUELO TORRES-GUERRERO ET AL. (2013) Y FISURA DE GLENCORE ACOPIO (2019). 106
FIGURA 34. EJEMPLOS DE DIFERENTES MODELOS DE ISOTERMAS DE SORCIÓN. 106
FIGURA 35. CAPAS CONSIDERADAS PARA DEFINIR ÁREA DE INFLUENCIA. 109
FIGURA 36. ENTRADA DE DATOS DEL MODELO SCI-GROW. 113

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

FIGURA 37. EN LAS FOTOGRAFÍAS SUPERIORES, APIQUES Y TOMAS DE MUESTRA EN SUELOS LODOSOS, MUNICIPIO DE VALPARAÍSO. EN LA FOTOGRAFÍA INFERIOR ANILLOS MUNZ (INFILTRÓMETRO DE DOBLE ANILLO) PARA PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN CAMPO. 114
FIGURA 38. UBICACIÓN DE VENTANAS DE DETALLE CON RESPECTOS A LOS NÚCLEOS 1 Y 2. 118
FIGURA 39. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS E INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. 119
FIGURA 40. FOTOGRAFIAS DE INVENTARIOS DE MANANTIAL ADELANTADOS POR HUPECOL, FOTOGRAFIA 3.2.44 A 3.2.47.. 120
FIGURA 41. INVENTARIO DE PUNTOS SGC EN SAN JOSÉ DE GUAVIARE. 121
FIGURA 42. INVENTARIO DE MANANTIALES LEVANTADO EN EL EIA PARA EXPLORACIÓN PETROLERA POR C&MA-EMERALD ENERGY (2017) Y DEL ESTUDIO COMUNITARIO ADELANTADO POR VICARIA DEL SUR – 122
FIGURA 43. INVENTARIO DE FOTOGRAFÍAS DE POZOS LEVANTADO EN EL EIA PARA EXPLORACIÓN PETROLERA POR C&MA-EMERALD ENERGY (2017). 123
FIGURA 44. INVENTARIO DE MANANTIALES. A LA IZQUIERDA, MANANTIA DE LA VEREDA LA FLORIDA, MUNICIPIO DE MORELIA, SOBRE LODOLITAS DEL GRUPO ORITO. A LA DERECHA, MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN SITU CON SONDA REALIZADA EN MOYA DEL MUNICIPIO DE VALPARAÍSO. TOMADO DE VICARÍA DEL SUR - TERRAE (2017). 124
FIGURA 45. HIDROGRAFÍA DEPARTAMENTO DEL NÚCLEO CAQUETÁ-PUTUMAYO. FUENTE: DIRAN, 2020.. 129
FIGURA 46. CONVENCIONES MAPA HIDROGRAFÍA NÚCLEO SAN JOSÉ. FUENTE: DIRAN, 2020.. 130
FIGURA 47. EJEMPLO DE DEFICIENCIAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SUBZONAS HIDROGRÁFICAS -SZH IDEAM COMO CUENCAS DE ANÁLISIS. 130
FIGURA 48. RANGOS DE JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS. 132
FIGURA 49. PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL. 136
FIGURA 50. NÚMERO DE DÍAS DE LLUVIA ANUAL. 137
FIGURA 51. ESCORRENTÍA MEDIA ANUAL. 138
FIGURA 52. ÍNDICE DE ARIDEZ. 139
FIGURA 53. ÍNDICE DE FOURNIER MODIFICADO. 141
FIGURA 54. PRODUCCIÓN POTENCIAL DE SEDIMENTOS. 142
FIGURA 55. CUENCAS AFERENTES A LA ZONA DE ESTUDIO. 143
FIGURA 56. PENDIENTES MEDIAS DE LAS CUENCAS. 144
FIGURA 57. CAPTACIONES DE AGUA SUPERFICIAL. 145
FIGURA 58. VALORACIÓN DE LA SENSIBILIDAD BIÓTICA DE ALGUNAS COBERTURAS CONSIDERADAS POR EL PECIG. TOMADO DEL CAPÍTULO 3.4 PÁG. 28. 155
FIGURA 59. AREAS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL ESPECIAL. 157
FIGURA 60. DEFINICIÓN DE LOS TIPOS DE ZONAS ESTABLECIDAS PARA LAS RESERVAS DE LEY 2. 160
FIGURA 61. RANGOS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL SEGÚN EL PUNTAJE OBTENIDO LUEGO DE LA SUMATORIA DE LAS VARIABLES DE LOS TRES MEDIOS: BIÓTICO, ABIÓTICO Y SOCIOECONÓMICO. TOMADO DEL CAPÍTULO 3.4 DEL PECIG, QUIENES LO ADAPTARON DE DELGADO RIVERA, 2012. 163
FIGURA 62. RANGOS Y VALORES DE LA SENSIBILIDAD AMBIENTAL Y SU CORRESPONDENCIA CON LOS TIPOS DE ZONAS DE MANEJO. TOMADO DEL CAPÍTULO 2.7 DEL PECIG. 165
FIGURA 63. PARQUES NACIONALES NATURALES EXCLUIDOS DE LOS NÚCLEOS 1 Y 2 DEL PECIG. 166
FIGURA 64. ZONIFICACIÓN DE MANEJO EN CADA NÚCLEO DONDE SE EVIDENCIA LA PRESENCIA DE ZONAS DE INTERVENCIÓN CON RESTRICCIÓN ALTA (ZONAS ANARANJADAS). 171
FIGURA 65. DIFERENCIAS DE LAS ZONAS DE INTERVENCIÓN CON RESTRICCIÓN ALTA (COLOR ANARANJADO) CONSIDERADAS EN EL TEXTO (IZQUIERDA), Y LAS MISMAS ZONAS CONSIDERADAS COMO

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

INTERVENCIÓN CON RESTRICCIÓN BAJA (COLOR VERDE OSCURO) EN LOS SHAPES (DERECHA), PARA LOS NÚCLEOS 1 Y 2. 172
FIGURA 66. ZONIFICACIÓN DE MANEJO PROPUESTA POR EL PECIG PARA EL NÚCLEO 1, CON EL TRASLAPE DE LA ZONA DE LEY 2 DE LA AMAZONIA (MAPA SUPERIOR) Y EL REAA (MAPA INFERIOR). 173
FIGURA 67. ZONIFICACIÓN DE MANEJO PROPUESTA POR EL PECIG PARA EL NÚCLEO 2, CON EL TRASLAPE DE LA ZONA DE LEY 2 DE LA AMAZONIA (MAPA SUPERIOR) Y EL REAA (MAPA INFERIOR). 174
FIGURA 68. ZONIFICACIÓN DE MANEJO DEL NÚCLEO 1 TRASLAPADA CON LAS ZONAS DE PRESERVACIÓN, CONSERVACIÓN, PROTECCIÓN, RESTURACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS POMCA DE LOS RÍOS UNILLA, MEDIO GUAVIARE Y CAÑO GRANDE EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE. 175
FIGURA 69. ZONIFICACIÓN DE MANEJO DEL NÚCLEO 1 TRASLAPADA CON DMI ARIARI – GUAYABERO EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE. 176
FIGURA 70. ZONIFICACIÓN DE MANEJO DEL NÚCLEO 1 TRASLAPADA CON LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA NACIONAL SERRANÍA EL CAPRICHO, MIROLINDO Y CERRITOS EN EL DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE. 178
FIGURA 71. ZONIFICACIÓN DE MANEJO DEL NÚCLEO 2 TRASLAPADA CON PARQUE NATURAL REGIONAL MIRAFLORES PICACHOS EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ. 178
FIGURA 72. ZONIFICACIÓN DE MANEJO DEL NÚCLEO 2 TRASLAPADA CON LAS RESERVAS NATURALES DE LA SOCIEDAD CIVIL HACIENDA VILLA MERY Y EL DANUBIO EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ. 179
FIGURA 73. ZONIFICACIÓN DE MANEJO DEL NÚCLEO 2 TRASLAPADA CON LA DETERMINANTE AMBIENTAL HUMEDALES EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ. 180

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. PUNTUACIÓN PARA INTERPRETACIÓN SEMI-CUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS MACROMORFOLÓGICAS DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO. 75
TABLA 2. EXTRACTO PARA NÚCLEOS 1 Y 2 EN RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD DE ASPERSIÓN, SUELOS Y AGUA, TOMADO DE LA TABLA 2.6-11: RESULTADO DE LA EVALUACIÓN CON ACTIVIDAD POR NÚCLEOS MEDIO FÍSICO. 78
TABLA 3. EXTRACTO DE LA TABLA PRESENTADA (SIN NUMERACIÓN) EN EL CAP. 2.8, P.12, CORRESPONDIENTE A LA FICHA 02. SE RESALTAN LOS ASPECTOS QUE TIENEN QUE VER CON EL IMPACTO DE LA ASPERSIÓN DE GLIFOSATO SOBRE LOS SUELOS. 81
TABLA 4. RELACIÓN ENTRE LAS CLASES AGROLÓGICAS, LAS CLASES DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL Y LAS ZONAS DE MANEJO, COMPILADAS DE LA TABLA 3-3 (CAPÍTULO 3.4, P. 11-12) Y LA GRÁFICA 2.7-1 (CAPÍTULO 2.7, P. 7). SE USAN LOS MISMOS COLORES QUE LAS TABLAS DEL PMA. 84
TABLA 5. EXTRACTO DE LA TABLA 3.1-4 (CAPÍTULO 3.1, P. 43-46) QUE MUESTRA CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS QUE FAVORECEN LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y POR TANTO EL TRANSPORTE -HACIA- Y/O ACUMULACIÓN DE GLIFOSATO EN CUERPOS DE AGUA EN EL NÚCLEO SAN JOSÉ. LAS CLASES PRESENTAN LOS COLORES DE LA SENSIBILIDAD AMBIENTAL: EN VERDE OSCURO, MUY BAJA; EN VERDE CLARO, BAJA; EN AMARILLO MODERADA, Y EN ROJO, ALTA. LOS COLORES AZULES SE UTILIZAN PARA ILUSTRAR EN EL MAPA DE LA FIGURA 25 LAS ÁREAS CON SUELOS QUE FAVORECEN LA ESCORRENTÍA (AZUL CLARO) Y SUELOS QUE FAVORECEN LA ESCORRENTÍA Y LA INFILTRACIÓN HACIA ACUÍFEROS (AZUL OSCURO) 86
TABLA 6. EXTRACTO DE LA TABLA 3.1-11 (CAPÍTULO 3.1, P. 83-85) QUE MUESTRA CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS QUE FAVORECEN LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y POR TANTO EL TRANSPORTE -HACIA- Y/O ACUMULACIÓN DE GLIFOSATO EN CUERPOS DE AGUA EN EL NÚCLEO CAQUETÁ. LAS CLASES PRESENTAN LOS COLORES DE LA SENSIBILIDAD AMBIENTAL: EN VERDE OSCURO, MUY BAJA, Y EN

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

AMARILLO, MODERADA. EL COLOR AZUL SE UTILIZA EN EL MAPA DE LA FIGURA 26 EN LAS ÁREAS CON SUELOS QUE FAVORECEN LA ESCORRENTÍA. 87
TABLA 7. ÍNDICE NBI PARA LOS MUNICIPIOS QUE SERÁN AFECTADOS POR LA ASPERSIÓN AÉREA. MODIFICADO DE DANE 100
TABLA 8. BASE DE DATOS PRESENTADA POR LA DIRAN DE TIPOS DE SUELOS Y CONSTANTES DE ADSORCIÓN BASADA EN EFSA (2015). TOMADO DE PMA PARA PECIG (DIRAN, 2020) 110
TABLA 9. ELEMENTOS DEL MEDIO CONSIDERAOOS PARA AMBOS ESCENARIOS. TOMADO DE PMA PARA PECIG TABLA 2.6-3 (DIRAN, 2020) 116
TABLA 10. CATEGORIZACIÓN USADA EN LA CALIFICACIÓN DE IMPACTO EN FUNCIÓN DE LA EXTENSIÓN. TOMADO DE PMA PARA PECIG TABLA 2.3-3 (DIRAN, 2020) 116
TABLA 11. PROGRAMAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL. TOMADO DE PMA PARA PECIG (DIRAN, 2020) 133
TABLA 12. CALIFICACIÓN ÍNDICE DE FOURNIER MODIFICADO. FUENTE: LOBO ET AL. (2006), CITADO POR (RAMÍREZ ORTIZ, HINCAPIÉ GÓMEZ, SADEGHIAN KHALAJABADI, & PÉREZ GÓMEZ, 2007) 141
TABLA 13. CLASIFICACIÓN PENDIENTE MEDIA CUENCA. FUENTE: VILLÓN, 2002 143

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

1 INTRODUCCIÓN

El glifosato es un compuesto químico sintetizado por seres humanos y que por sus características de ataque sobre las hojas de las plantas ha sido usado como herbicida en diferentes contextos y a lo largo y ancho de todo el mundo. La formula original fue desarrollada por la empresa estadounidense Monsanto (adquirida en 2018 por la alemana Bayer) y la marca registrada para su venta es Roundup.

El glifosato hace parte de una estrategia de la agroindustria que incluye la modificación genética de cultivos usados para alimentación humana y animal y su utilización masiva, tanto en concentración como en área asperjada, sobre dichos cultivos. La peligrosidad del glifosato sobre la salud humana ha sido estudiada desde hace al menos 35 años, pero es en 2015 cuando el Centro Internacional contra el Cáncer de la OMS lo clasifica en el grupo 2A de nivel de riesgo (cancerígeno probable), luego de la publicación de los estudios de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC por sus siglas en inglés), que pusieron en evidencia los posibles efectos para la salud.

No obstante, las discusiones sobre el carácter dañino del glifosato han llevado a la eliminación progresiva en países de la Unión Europea o a endurecer las condiciones para su aplicación, incluyendo la prohibición de la aspersión aérea en zonas diferentes a cultivos agroindustriales, pues un estado responsable por principio no puede fumigar a los ciudadanos.

Recientemente Bayer debió indemnizar por más de 10.000 millones de dólares a parte de los 100.000 norteamericanos que habían demandado hasta 2018 a Monsanto por no informar sobre el probable efecto cancerígeno del glifosato.

La aspersión aérea con glifosato que pretende retomar el gobierno colombiano es una práctica que se remonta en el territorio nacional a 1997 en el contexto de la lucha contra el narcotráfico. Con actos administrativos del Consejo Nacional de Estupefacientes, se dió inicio a la fumigación de cultivos ilegalizados por el gobierno cuando la legislación ambiental no había fortalecido sus instrumentos de control, particularmente la licencia ambiental.

La persistencia del glifosato en el ambiente también hace parte de un debate no cerrado, donde ha habido la participación de expertos internacionales con conflictos de interés, en algunos casos pagados directamente por la empresa Monsanto. El tránsito del glifosato a las aguas superficiales y subterráneas y a los suelos y su persistencia o degradación están gobernadas por factores complejos de carácter físico y químico y para el caso colombiano, se tienen pruebas directas e indirectas de la persistencia del glifosato en suelos a lo largo de años, con base en los datos del IGAC. Por otra parte, la concentración propuesta para la aspersión aérea de cultivos ilegalizados es inusualmente alta cuando se compara con el contexto internacional.

No obstante lo anterior, y sin ningún soporte técnico – científico, el gobierno a través de la Dirección Antinarcóticos – DIRAN, ha establecido que en relación con el Plan de erradicación de cultivos ilícitos mediante la aspersión aérea con glifosato – PECIG - no existe posibilidad de persistencia del glifosato en el ambiente y que no hay riesgo sobre la calidad de aguas ni una eventual contaminación de suelos. Quizá es representativo del negacionismo implícito en el desarrollo del PMA de la DIRAN una

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

afirmación contenida en el capítulo 2 (pag. 51): "*Al seleccionar los impactos significativos, no se encontraron impactos negativos motivo por el cual no es aplicable llevar el análisis de internalización ni se generan costos asociados a dicha internalización*".

El presente informe se centra en las posibilidades y los datos que demuestran la persistencia del glifosato en los componentes geoambientales de un territorio, particularmente en lo referente a aguas superficiales, aguas subterráneas y suelos, haciendo un revisión de documentos de carácter nacional, latinoamericano e internacional, así como usando datos propios de algunas zonas del país, no necesariamente ubicadas dentro de los núcleos de aspersión propuestos por el gobierno. Con ello, por un lado se comprueba no solamente la persistencia sino la migración a centenares de metros de las zonas de fumigación y por otra, se demuestran las omisiones, falencias y debilidades tanto del instrumento ambiental presentado por la DIRAN como de los términos de referencia emitidos por la ANLA.

Una eventual aprobación de esta práctica violenta sobre el campesinado colombiano pone en riesgo la salud pública y generará contaminación sobre ecosistemas y sobre fuentes de agua que abastecen poblaciones rurales a los que el mismo estado no ha garantizado su suministro. Y no es posible negar la relación entre afectaciones ambientales y salud pública, como ya lo ha ratificado la Corte Constitucional en diferentes sentencias. La ANLA no puede sustraerse del hecho de que solamente la licencia ambiental faculta la práctica de fumigación y que no hay una licencia de salud, así que el proceso de licenciamiento debe incluir la evaluación sobre los riesgos a la salud pública.

2 ALCANCES Y LIMITACIONES

Este documento no pretende un análisis exhaustivo de toda la información existente sobre la relación del glifosato con aguas y suelos ni tampoco posee datos de contaminación sistematizados en un territorio a lo largo del tiempo.

Parte de las limitaciones tienen que ver con la falta de acceso a información de carácter público y que es clave para poder abordar la temática con el soporte de objetividad y rigurosidad al cual insta la Corte Constitucional. Estudios como el de CORPOICA-SINCHI-IDEAM de 2002 solo presenta la metodología. Los monitoreos de aguas y suelos del PECIG no estaban disponibles en la información del PMA modificado, el párrafo está en el informe. Tampoco hubo información sobre modelamiento del comportamiento del glifosato y AMPA en suelos colombianos. El informe de suelos del IGAC recuperado en internet (2019), tiene un tratamiento inocuo de los resultados que no aplica la modelación sobre adsorción-desorción actual.

En otros casos, información valiosa que sí se generó se ha perdido o tiene errores de captura: para el análisis de linea base de propiedades críticas de suelos se encontraron 68 perfiles que coincidían en el PMA y el estudio de suelos del IGAC. De esos 68 perfiles, solo se usaron 59 para el análisis, porque los demás no tenían ubicación o la ubicación estaba errada (fuera de la zona). La mayoría son levantamientos de suelos que se hicieron hace mucho tiempo y solo se reportan líneas de vuelo para ubicarlos.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

También las restricciones por la pandemia limitaron la consecución de información. El estudio general de suelos del Guaviare no fue posible comprarlo en el IGAC por esta situación, y otros estudios que reposan en la biblioteca de AGROSAVIA tampoco.

Pero se constituye en una situación irregular, que los análisis del monitoreo de aguas ordenados en la Ficha 5 del PMA durante la vigencia del PECIG hasta 2015, no hayan estado disponibles y no se pueda tener acceso a los resultados. Solo un informe resumido del monitoreo de suelos presentado en el marco de los requerimientos de la sentencia T-236/2017 que se encontró en internet (IGAC, 2019), presenta para cada núcleo del PECIG los resultados promedio de análisis físico-químico, glifosato y AMPA en suelos: antes, 1 y 60 días después de la aspersión aérea. Este monitoreo se realizó al mismo tiempo que el de aguas, por lo que deben existir datos correlativos en ambos medios.

No obstante, con base en información primaria y secundaria, se demuestra que el abordaje del Plan de Manejo Ambiental -PMA- del PECIG es insuficiente, omisivo y no sustentado y que no cumple con los mínimos exigidos por la Corte Constitucional en su Sentencia T-236 de 2017.

3 LA SENTENCIA T-236 DE 2017 DESDE UNA PERSPECTIVA GEOAMBIENTAL

3.1 Línea de tiempo de la aspersión con glifosato en Colombia

La aspersión de cultivos ilegalizados en Colombia se inicia en la década de los años 80 del siglo pasado pero en 1997 la Resolución No. 1 del 11 de febrero de 1994 expedida por el Consejo Nacional de Estupefacientes -CNE- aprobara esta práctica en parcelas de más de 2 ha (posteriormente, el 11 de agosto de 2000, con Resolución No. 5, el mismo CNE anula el área mínima de 2 ha con lo cual facultó la fumigación de cualquier extensión) establece un marco legal para la actividad.

Es importante destacar que para la fecha de aprobación de la aspersión aérea, la legislación ambiental recien había hecho un reconocimiento del licenciamiento ambiental como herramienta para evitar el deterioro de los ecosistemas, a través de la Ley 99 de 1993. No obstante, los decretos reglamentarios 1753 de 1994 y los subsiguientes que lo reemplazaron, no tienen alusiones directas a la aspersión aérea de agrotóxicos.

Para el 4 de octubre de 2001 el CNE reconoce las quejas de comunidades afectadas por las aspersiones y el 26 de noviembre del mismo año, el en ese entonces Ministerio de Medio Ambiente le impone Plan de Manejo Ambiental al programa de erradicación con aspersión aérea.

En 2003 se suceden varios hechos, por un lado la Corte Constitucional, ante las tutelas interpuestas por pobladores afectados, expide la Sentencia de unificación SU-383 que define la necesidad de consulta previa a poblaciones étnicamente diferenciadas que puedan ser afectadas por las aspersiones; por otro, el CNE expide la Resolución 13 del 27 de junio de 2003 que autoriza a la Policía Nacional a asperjar y por otro, el Ministerio de Medio Ambiente autoriza la concentración de 10,4 litros por hectárea (Resol. 99 del 31 de enero) y posteriormente modifica el PMA incluyendo 8 fichas de manejo (Resol. 1054 de septiembre).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En 2007 el CNE expide la resolución 15 del 20 de septiembre donde se reglan los procedimientos para las comunidades quejosas.

En 2010 el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expide la Guía para la elaboración de estudios ambientales, en la cual son claros los componentes mínimos a desarrollar en los componentes biótico, abiótico y socioeconómico.

En 2013 el Consejo de Estado anula la Resolución 17 de 2001 expedida por el CNE dada la situación de que la aspersión aérea con glifosato genera impactos ambientales, afecta usos y costumbres de poblaciones indígenas y puede estar afectando su salud.

En 2014 la Corte Constitucional expide el Auto 73 sobre consulta previa relacionada con el estado de cosas inconstitucional que fue establecido mediante la Sentencia T-25 de 2004. En este auto la Corte se refiere a los riesgos que la fumigación aérea con glifosato causa sobre los ecosistemas y la salud de los pobladores y la falta de certeza de las consecuencias de dicha actividad.

En 2015, tras la clasificación del IARC, el ministro de salud Gaviria como integrante del CNE propone al interior del Consejo la Suspensión, y a su vez se aprueba y se emite resolución que suspende el PECIG por parte de la ANLA (Resolución 1214 del 30 de septiembre), la cual es acatada por el CNE (Resolución No. 6).

En 2016 se firma el acuerdo final de paz y aunque no se excluye la fumigación aérea, se deja como último recurso si no se llega a acuerdos de sustitución voluntaria.

En 2017 la Corte Constitucional expide tres sentencias relacionadas con consulta previa, la T-80, la T-300 y la T-236. Esta última se constituye en un hito pues además de ratificar el derecho que asiste a poblaciones étnicamente diferenciadas, suspende las actividades del PECIG.

Para 2018, el actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible actualiza el Manual de estudios ambientales, el cual, a pesar de ser reciente, al parecer no fue consultado por la DIRAN para la elaboración de su Plan de Manejo Ambiental para las actividades del PECIG.

En 2019, la ANLA expide términos de referencia para el PECIG, la Corte aclara alcances de la Sentencia T-236 de 2017 mediante el Auto 387, previa celebración de una audiencia pública de seguimiento en marzo de 2019, la DIRAN de la Policía Nacional remite el PMA del PECIG a la ANLA y el gobierno nacional pone a consideración un proyecto de decreto para reanudar las operaciones de aspersión.

Para este 2020, el 5 marzo Dejusticia, Elementa Consultoría en Derechos, Acción Técnica Social ATS y Viso Mutop inicialmente, y luego el 30 del mismo mes, el Procurador Delegado para Asuntos Ambientales y Agrarios presentan solicitud de celebración de Audiencia Pública Ambiental dentro del trámite de modificación del Plan de Manejo Ambiental para el PECIG. En respuesta, la ANLA ordena mediante Auto 03071 del 16 de abril de 2020 la celebración de una audiencia pública virtual con una primera fase previa de tres reuniones informativas (7, 9 y 11 de mayo) y la audiencia como tal convocada para el 27 de mayo de 2020. Sin embargo, ante el Juzgado 2 administrativo de Pasto se radican varias tutelas y se expide un fallo en favor de los derechos fundamentales al debido

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

proceso, a la participación, consulta previa y al acceso de la información ordenándose la suspensión de la mencionada Audiencia. Posteriormente el Tribunal Administrativo de Nariño falla en segunda instancia concediendo los mismos derechos y suspendiendo la Audiencia hasta que la autoridad nacional garantice y demuestre la posibilidad de acceso y participación masiva de la población, sea por medios virtuales o en su defecto en forma presencial, pero insiten que debe realizarse con plena garantía de los mecanismos de particiapción. Es así que mediante Auto 06943 del 23 de julio de 2020 la ANLA levanta la suspensión ordenando de nuevo la celebración de la Audiencia Pública y convocándola para el 1 de septiembre de 2020, previa realización de 3 reuniones informativas virtuales previas (11, 13 y 15 de agosto) y 11 espacios presenciales en algunos municipios del área de influencia del PECIG.

La siguiente figura resume la línea de tiempo:

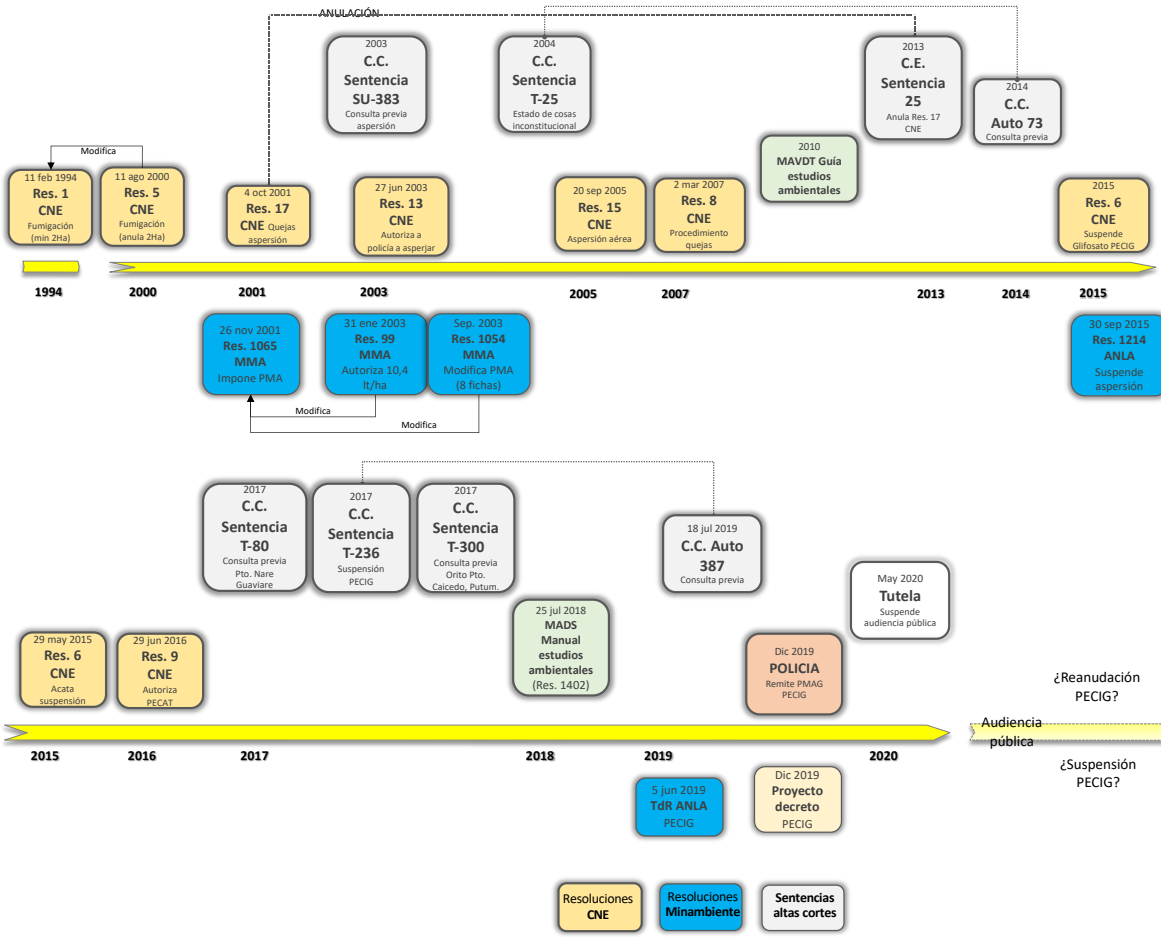


Figura 1. Línea de tiempo de la aspersión aérea con glifosato de cultivos ilegalizados.
Fuente: Elaboración propia

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

3.2 Aspectos técnicos de la Sentencia T-236 de 2017

Una parte significativa de la sentencia se ocupa de tratar el Principio de precaución, y es importante anotar que no solamente lo trata en materia ambiental, sino de salud, en relación con políticas, programas o planes de entidades públicas. Centra el análisis en las discusiones sobre el riesgo de la aplicación de glifosato con base en artículos científicos nacionales e internacionales, con lo cual, hay conceptos involucrados de manera implícita o explícita: la incertidumbre y el riesgo.

Frente a la incertidumbre, plantea que puede no existir la certeza científica absoluta y por tanto los jueces pueden cometer errores por ampararse en un solo estudio no validado por la comunidad internacional o, en el otro extremo, abstenerse de decidir en la espera "*de un ideal inalcanzable de verdad*".

En cuanto al riesgo, plantea el concepto de "nivel de riesgo aceptado" y lo soporta sobre el Principio de precaución, haciendo un largo recorrido de los diferentes escenarios que han sido planteados por la jurisprudencia de la Corte Constitucional, agrupándolas en 5 líneas que son desarrolladas con detalle en la Sentencia:

> *(i) El principio de precaución como norma compatible con el derecho nacional colombiano.*
>
> *(ii) El principio de precaución como norma que faculta a las autoridades para actuar.*
>
> *(iii) El principio de precaución como norma aplicable por los jueces para imponer deberes a las autoridades y a los particulares.*
>
> *(iv) El principio de precaución como regla interpretativa.*
>
> *(v) El principio de precaución como regla de apreciación probatoria.*

Se decanta en este caso la Corte por la tercera línea dado que "*se trata de una controversia donde la parte accionante alega que una actividad realizada por las autoridades estatales genera un riesgo impermisible para la salud humana, y sobre la existencia de dicho riesgo no parece haber un consenso científico.*" Al respecto, es importante anotar que si bien la Corte expresa que debe existir evidencia objetiva de los riesgo potenciales, con lo cual puede estar cargando la prueba a comunidades vulneradas y empobrecidas que son las que podrían ser afectadas, también reconoce que es necesario incluir en estos análisis de riesgo el peor escenario y que este debe ser el preferible "*siempre que se encuentre respaldado por evidencia objetiva.*" Sin embargo, en el aparte de las conclusiones sobre la evidencia del riesgo, deja las cosas claras estableciendo que luego de su análisis, existe "*evidencia objetiva* del riesgo" (itálicas dentro del texto), con lo cual:

> "(…) *sí genera la carga en las autoridades del Estado de descartar las hipótesis de riesgo que se plantean antes de continuar profundizando la actividad riesgosa*" (subrayado fuera de texto)

Esta conclusión es central, pues los análisis realizados por los profesionales de Terrae al PMA del PECIG comprueban que no hubo por parte de la DIRAN un trabajo de evaluación ni mucho menos de descarte de las hipótesis. Que los planteamientos son opiniones, entre otras cosas apócrifas pues

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

no existe una lista de profesionales con sus perfiles para poder evaluar idoneidad, máxime cuando en un enfoque aristotélico la DIRAN basa las conclusiones en la "experticia" de su equipo de trabajo.

La sentencia basa su concepto en el principio de precaución relacionándolo con el riesgo significativo que tiene para la salud humana la fumigación con glifosato, dada la falta de consenso en la literatura especializada. Este hecho es de vital relevancia para las comunidades campesinas y étnicas que ocupan el territorio, y para los que sus fuentes de alimentación y de agua podrían ser afectadas, en este sentido, en la parte inicial de la sentencia se encuentra el siguiente apartado:

> *"La Corte cuenta con elementos para concluir provisionalmente que el glifosato es una sustancia tóxica que dependiendo del nivel de exposición puede causar cáncer u otras afectaciones a las células humanas. Por otra parte, cuenta con elementos para afirmar, también de manera provisional, que el uso del glifosato podría estar relacionado con el aumento de afectaciones de salud en los municipios donde se utiliza. A pesar de las posibles objeciones metodológicas contra algunas investigaciones, el grado de certidumbre en esta etapa del análisis tendría que llevar, al menos, a ordenar una mayor actividad de investigación científica por parte de las autoridades para establecer los distintos tipos de riesgo y mitigarlos"* (subrayado fuera de texto)

También es importante el enfoque garantista cuando en sus consideraciones, la Corte establece que una regulación razonable del riesgo a la salud humana en relación con la "*aspersión de cultivos con un producto tóxico* (que como se ve no está acotado a cultivos ilegalizados) *debería contemplar protecciones automáticas e inmediatas en casos de detección de nuevas fuentes de riesgo. La suspensión o interrupción de actividades en estos casos no debería requerir largos debates ni la formación de consensos políticos al interior del gabinete del gobierno de turno."* (subrayado fuera de texto).

Dado que a este momento el gobierno no ha reconocido la contaminación de suelos y aguas como fuente de riesgo para la salud y el ambiente, se pretende que las pruebas que se exponen a lo largo de este informe, sirvan para prohibir, de manera definitiva y como medida de protección a las comunidades en su mayoría empobrecidas y en estado de vulnerabilidad que pueblan los territorios que pretenden ser fumigados.

En ese contexto, la Corte aborda como tema central el monitoreo, y no solo en escenarios técnicos sino tambien participativos. Dentro de las medidas a adoptar para mitigar el riesgo para la salud humana, la Corte establece la "evaluación continua del riesgo" (numeral 5.4.3.2 de la Sentencia):

> "*El riesgo de la actividad debe ser evaluado continuamente. La evaluación puede contar con la colaboración y los insumos recabados por los órganos encargados de ejecutar el programa de aspersiones. Dicha evaluación debe contemplar varios elementos en este caso. En primer lugar, debe realizarse sobre los efectos del programa como un todo y no exclusivamente sobre el ingrediente activo del herbicida utilizado u otros componentes del mismo. En la evaluación del riesgo deben confluir aspectos como los efectos de la deriva, las afectaciones observadas a los cultivos lícitos, las evaluaciones de quejas en salud y los demás aspectos que se consideren pertinentes*." (subrayados fuera de texto)

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En el mismo sentido, el numeral 5.4.3.4. de la Sentencia establece mínimos para la investigación científica con garantías de riesgo, calidad e imparcialidad:

> "*La investigación científica no necesariamente debe ser contratada o realizada por las autoridades del Gobierno Nacional. Las autoridades pueden hacer uso de las investigaciones que se vienen realizando en otros países, como en efecto ya lo han hecho en el PECIG al establecer el panorama de riesgos. Sin embargo, deben existir reglas dirigidas a filtrar o ponderar la incidencia de conflictos de interés en las investigaciones científicas, con el fin de hacer una evaluación lo más completa y objetiva posible*." (subrayado fuera de texto)

Y es explícita de temas por abordar en las evaluaciones del riesgo, en relación a las quejas de daños por la actividad, dentro de los cuales se incluye:

> *"La Corte considera que procedimientos de este tipo deben cubrir todos los efectos de la erradicación, no solamente los que recaen sobre las actividades agropecuarias lícitas. (…) sino por todo tipo de afectaciones, entre las cuales pueden estar las afectaciones a las viviendas, **a los cuerpos de agua, a la vegetación natural, a los suelos** y a la salud.*
>
> *(…)*
>
> *Por último, los procedimientos de queja deben estar vinculados con la evaluación continua del riesgo que se indicó anteriormente. Es decir, las quejas deben ser evaluadas no solamente para determinar si procede adoptar medidas en relación con el quejoso (ej. indemnización), sino también para seguir acopiando evidencia de daño o de ausencia del mismo para efectos de evaluar el riesgo y tomar las decisiones a que haya lugar."* (subrayados y negrilla fuera de texto)

El informe realizado por Terrae alude a riesgos que no fueron tenidos en cuenta ni dentro de los estudios ambientales que se han realizado para viabilizar la actividad de aspersión aérea ni dentro de la información remitida a la Corte Constitucional en el marco de la Sentencia T-236 de 2017. También se mencionan los innumerables casos en que la DIRAN hace alusión a modelos o análisis cualitativos y a los muy subjetivos "experticia y conocimiento" de quienes (¿?) elaboraron el PMA. Adicionalmente, se centra en probar, con pocos datos pero que en contraposición con la ausencia de ellos en los estudios de la DIRAN constituyen evidencia objetiva, la contaminación por persistencia del glifosato en suelos y aguas y en la gran irresponsabilidad que subyace en las zonificaciones ambiental y de manejo llevadas a cabo en el PMA, a pesar que la Corte fue explícita en establecer que:

> "*(…) debido a la distribución geográfica actual de los cultivos ilícitos, el PECIG también tiende a afectar los territorios con las mayores riquezas naturales y biodiversidad del país. Por lo tanto la Sala exigirá que la decisión que se tome esté fundada en evidencia objetiva y concluyente que demuestre ausencia de daño para la salud y el medio ambiente*." (subrayado fuera de texto)

Adicionalmente, sobre el análisis de alternativas la Corte establece: *"Una de las omisiones más importantes del Gobierno en relación con los programas de aspersión ha sido la falta de*

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

determinación de la eficacia en función de los costos de cada alternativa, razón por la cual es imposible conocer si hay una razón constitucionalmente admisible para que el Gobierno Nacional prefiera continuar realizando aspersiones forzosas con herbicidas tóxicos. Por este motivo es imposible determinar si la aspersión con glifosato, sea aérea o terrestre, es la más adecuada para cumplir el fin propuesto por la actual política de lucha contra las drogas" (subrayado fuera del texto) (Pág. 72). No obstante, 3 años después de expedida la Sentencia de la Corte, existen datos constundentes de la implementación del Programa Nacional Integral de Sustitución de cultivos de uso ilícito (PNIS) que deberían ser de obligatorio análisis por parte del Gobierno, para determinar lo que la Corte en su momento identificó como una omisión.

Las anteriores conclusiones de la Corte, están siendo desconocidas por el Gobierno en cabeza de la ANLA en sus términos de referencia, como por el PECIG en el estudio que presenta. En ninguna parte de ambos documentos se evidencian elementos que cumplan ni siquiera en parte con el desarrollo de actividades para establecer y monitorear los distintos tipos de riesgo sobre la gente y mitigarlos. Siendo el PECIG el estudio para obtener la licencia ambiental de la actividad de aspersión debería incluir, dentro de sus competencias, análisis más completos como lo refiere la Corte.

Considerando la naturaleza técnica de un estudio de impacto ambiental, como lo es el PECIG, es imposible desligar la salud humana de las afectaciones sobre los aspectos ambientales que la ANLA solicita en sus términos de referencia. Es decir las afectaciones directas a la biodiversidad, al agua, y a los suelos, tienen consecuencias claras sobre el estado de la gente que hace parte de tales ecosistemas, y ese estado se ve reflejado en su salud. Pero al establecer los términos de referencia que se deben analizar las afectaciones sobre los aspectos socioeconómicos, es absurdo desconocer lo que pueda ocurrir con la salud de las personas, el núcleo de un análisis socioeconómico es la gente. Esta consideración obvia y determinante para la viabilidad de la aspersión que se busca licenciar es desconocida claramente durante todo el PECIG.

4 ANÁLISIS GEOAMBIENTAL DEL PMA DEL PECIG

Con el fin de abordar las temáticas de las aguas y los suelos como componentes de la naturaleza que pueden ser afectados por la práctica de la aspersión aérea de glifosato sobre cultivos, el grupo técnico de trabajo abordó un trabajo de levantamiento de información de referencia nacional e internacional, de manera que además de la confrontación de la información presentada por la DIRAN, se tuvieran datos y análisis que permitieran una discusión basada en información objetiva.

Por otra parte, algunos de los profesionales de Terrae habían tenido experiencias en estudios que tienen relación directa con la evaluación ambiental de los impactos del glifosato en el componente ambienal. En 2019 se trabajó en el análisis preliminar de la dispersión de glifosato a través de suelos de origen aluvial en la llanura inundable del Casanare, un lugar afectado a lo largo de al menos una década por la fumigación aérea de arroz con pesticidas, entre otros el glifosato y en 2017 se hicieron análisis de las propiedades de suelo del lomerío caqueteño en los municipios de Valparaíso y Morelia, en contextos de defensa del territorio por parte de comunidades campesinas.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

También se tenía experiencia en el grupo de trabajo acerca de las características físicas y químicas de los suelos de altillanura orinocense y su relación con el comportamiento de las aguas subsuperficiales, así como su variación estacional.

Con ello, a pesar del corto tiempo de trabajo, se podía generar una evaluación que vaya en la senda planteada por la Corte de generar información sustentada y objetiva para la toma de decisiones. Este grupo de trabajo transdisciplinar, abordó el análisis de la química del glifosato en relación con el suelo y las aguas, tanto superficiales como subterráneas.

Para ello, se basó en la revisión independiente de los estudios de PMA presentados por la DIRAN EN 2020, los términos de referencia de la ANLA y con base en estos insumos, su confrontación con los datos de estudios de referencia.

Con respecto a los términos de referencia de la ANLA se generan confusiones que pueden llevar a tomar decisiones con base en información incompleta. Por ejemplo, es confusa la división que se hace entre Plan de Manejo Ambiental General y Planes de Manejo Ambiental Específicos. Al respecto establecen:

> *"Este documento incorpora información que debe ser presentada en el Plan de Manejo Ambiental General – PMAG e información más detallada que debe presentarse mediante Planes de Manejo Ambiental Específicos - PMAE, en aras de promover un seguimiento detallado al instrumento de manejo y control y a las condiciones ambientales señaladas, las cuales orientan desde el punto de vista ambiental la elaboración del estudio ambiental."* (Subrayado fuera del texto) (pág. 9)

Se desconoce con qué nivel de rigurosidad técnica la ANLA tomará la desición de licenciamiento, pues no hay ninguna mención sobre los momentos en los que se debe presentar cada tipo de PMA, y con cuál de ellos decidirá.

Lo único que queda claro de dicha separación es que el detalle de la información está contemplado en los PMAE y no en el PMAG, lo cual tiene implicaciones significativas sobre lo adecuado de la información para tomar la decisión del licenciamiento. Técnicamente resulta inadecuado hacer un análisis de impacto ambiental sin el detalle necesario desde el comienzo y en todos los capítulos del estudio. Adicionalmente, esta separación se presta para confusiones e interpretaciones subjetivas que son evidentes a lo largo del PECIG, donde lo que presentan en uno y otro PMA es manejado sin argumentos claros. Por ejemplo, en relación a la escala de la información, se excusan en no presentar información a una escala más detallada porque esto lo harán en los PMAE, pero sí consideran muchos de los capítulos que deben estar en los PMAE. Entonces con la falta de claridad por parte de la ANLA, y dado que el PECIG contempla algunos aspectos de los PMAE y otros no, surge la inquietud de si realmente los complementarán en algún momento, y si a dicha información tendrá acceso el público general, particularmente las comunidades que se verán directamente afectadas por la actividad.

Una vez expuestas las anteriores consideraciones sobre la lógica secuencial que el gobierno debería darle al tema en relación a los riesgos a la salud, y lo estructural sobre los términos de referencia de la ANLA, se muestran a continuación algunas consideraciones del PECIG que son determinantes para

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

la lógica que le dan a todo el estudio en general. Se podrían considerar los ejes sobre los cuales gira toda la información que presentan y los resultados que obtienen.

El primero y decisivo es lo ya mencionado anteriormente sobre la no consideración de los riesgos a la salud humana como elemento que le competa al PECIG.

En segundo lugar, la interpretación que le dan al principio de precaución no tiene ninguna relación con el desarrollo de la Corte, aun cuando esto sea mencionado para explicar cómo la modificación del PECIG está acatando lo solicitado por la Corte. Al respecto mencionan:

> *"En aplicación del principio de precaución y, acorde con lo dispuesto por la autoridad ambiental (ANLA), se han adoptado medidas que actualizan el Plan de Manejo Ambiental respecto a la actividad de aspersión aérea para la erradicación de cultivos ilícitos, adoptando acciones o actividades para prevenir y controlar el impacto del daño admisible por la ley, dentro los parámetros establecidos en ella respecto a la aplicación de agroquímicos (herbicida), bajo el conocimiento de los efectos y resiliencia del medio, adquirido en la práctica de la aplicación del glifosato en la agricultura y los estudios científicos realizados por organizaciones internacionales y nacionales, por los cuales se autoriza la importación, formulación y uso del ingrediente activo y el coadyuvante."* (Subrayado fuera del texto) (Pág. 36 Cap. 1-PECIG)

Como punto de partida, el PECIG considera un contexto para el uso del glifosato en las aspersiones aéreas que no es el adecuado: **una situación es el uso del glifosato en la agricultura, mediada por una decisión voluntaria del agricultor, con una dosis menor a la prevista en la aspersión aérea, una aplicación manual directa y focalizada sobre las malezas y unas medidas preventivas de seguridad para la manipulación de la sustancia, y otra situación muy diferente es el uso del glifosato como medida de erradicación de cultivos de uso ilícito mediada por la decisión del Gobierno, con una dosis mayor, una aplicación aérea con muy alta incertidumbre de su deriva** y de la focalización puntual sobre las plantas de coca y unas medidas preventivas de seguridad que tal vez solo puedan controlar sobre las personas que realizarán la actividad, pero no sobre las personas que habitan los sitios que serán asperjados. En cuanto a las dosis, para la erradicación de cultivos ilícitos se usarán 10,4 l/ha, mientras que para cultivos agrícolas aunque no hay una dosis fija, pues depende del tipo de cultivo y de la concentración del químico entre otros, por lo general se encuentran entre 1 y 4 l/ha. En cultivos de arroz en el Tolima se utilizan 2,5 a 4 l/ha (Bustos 2012), en cultivos de caña en Colombia se usa como madurante en dosis entre 0,75 y 1,5 l/ha (Villegas y Arcila 1995), se recomienda en dosis de 1 a 1,2 l/ha para manejo rutinario de malezas en cultivos de plátano y banano (https://exiagricola.net/tienda/producto/panzer-480-sl-x-20-litros/). El contexto y las implicaciones de ambas situaciones son muy diferentes, y el Gobierno a través de sus diferentes entes no lo puede desconocer.

No es objeto del presente análisis incluir las discuciones sobre los efectos en la salud y el ambiente que el uso del glifosato tiene incluso en la agricultura, sin embargo, un vistazo general sobre ellas pone en evidencia que incluso si este fuera el contexto adecuado para situar el tema de las aspersiones aéreas para el control de los cultivos de uso ilícito, se encontrarían serias dudas sobre

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

la no toxicidad del mismo. Basta revisar las demandas que han sido ganadas por diferentes agricultores en contra del laboratorio que produce el glifosato.

En este orden de ideas, el PECIG no puede tergiversar el concepto de daño admisible desarrollado por la Corte, así como del principio de precaución, y reducirlos al cumplimiento de las normas que existen para el uso agrícola del glifosato, como se evidencia en el párrafo citado anteriormente: "(…) *adoptando acciones o actividades para prevenir y controlar el impacto* ***del daño admisible por la ley****, dentro los parámetros establecidos en ella respecto a la aplicación de agroquímicos (herbicida) (…)"* (subrayados y resaltados fuera de texto). Para el PECIG, el principio de precaución y el daño admisible se resuleven con las leyes que existen sobre el uso de herbicidas en la agricultura, argumento que queda cuestionado con los estudios internacionales y con los datos de Terrae en Paz de Ariporo, que se detallan en el numeral 4.2., donde es evidente que la aspersión de cultivos lícitos está contaminando suelos y aguas ubicados por fuera de las zonas que reciben el glifosato.

Recogiendo las anteriores deficiencias estructurales y mal interpretaciones, el análisis de impactos que desarrolla el PECIG no podría dar resultados diferentes a los que presentan.

El estudio no contempla un análisis exhaustivo de la información que existe y las conclusiones a las que llegó la Corte sobre los riesgos del glifosato. Se limita al análisis general de los impactos que las diferentes fases de la actividad de aspersión pueden tener, pero no incluyen el análisis del impacto que pueda generar las sustancias que van a utilizar en la aspersión. La Corte menciona que: "…*la evaluación se debe realizar sobre toda la actividad y no únicamente sobre la sustancia utilizada*." Sin embargo, el PECIG se va al extremo de analizar toda la actividad y no contempla el impacto de la sustancia, lo cual no es el sentido de lo dicho por la Corte, pues es claro que menciona …*no únicamente*…, es decir, debe incluirla en la evaluación.

Revisado el capítulo 2.6 del PECIG sobre Evaluación Ambiental, se extrae la información presentada en la siguiente figura, que sería la más cercana a lo que podría ser el análisis de los riesgos del glifosato en la salud humana. En el recuadro rojo se señalan las actividades que considera el PECIG, siendo la aplicación de la mezcla en avión y en helicóptero las que estarían directamente relacionadas con la exposición de las personas a la mezcla.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

NÚCLEO	ACTIVIDAD	IMPACTO	C	IA	Niv	PO	SAI
1	Adecuación y/o mejoramiento de la infraestructura de las bases	Generación de ingresos	P	10	Leve+	D	Baja+
1	Detección de cultivos ilícitos	Generación de ingresos	P	13	Leve+	C	Muy baja+
1	Recepción y almacenamiento de los insumos	Generación de ingresos	P	10	Leve+	D	Baja+
1	Transporte interno de insumos al área de mezcla	Generación de ingresos	P	10	Leve+	D	Baja+
1	Preparación de mezcla	Generación de ingresos	P	10	Leve+	D	Baja+
1	Llenado de la mezcla y el combustible a los hooper de los tanques de las aeronaves	Generación de ingresos	P	10	Leve+	D	Baja+
1	Aplicación de la mezcla en avión	Generación de expectativas	N	-17	Menor	C	Baja
1	Aplicación de la mezcla en avión	Generación de ingresos	P	19	Menor+	C	Baja+
1	Aplicación de la mezcla en avión	Generación/potenciación de conflictos	N	-19	Menor	C	Baja
1	Aplicación de la mezcla en avión	Modificación de actividades económicas	P	17	Menor+	E	Media+
1	Aplicación de la mezcla en avión	Modificación de actividades sociales	P	20	Menor+	D	Media+
1	Aplicación de la mezcla en avión	Modificación en la gestión y capacidad organizativa	N	-18	Menor	C	Baja
1	Aplicación de la mezcla en avión	Modificación en la seguridad de la población	P	17	Menor+	E	Media+
1	Aplicación de la mezcla en helicóptero	Generación de expectativas	N	-17	Menor	C	Baja
1	Aplicación de la mezcla en helicóptero	Generación de ingresos	P	19	Menor+	C	Baja+
1	Aplicación de la mezcla en helicóptero	Generación/potenciación de conflictos	N	-19	Menor	C	Baja
1	Aplicación de la mezcla en helicóptero	Modificación de actividades económicas	P	17	Menor+	E	Media+
1	Aplicación de la mezcla en helicóptero	Modificación de actividades sociales	P	20	Menor+	D	Media+

Figura 2. Resultado de la evaluación con el proyecto de aspersión para el núcleo 1 en el medio socioeconómico. C: Carácter (Tipo de cambio generado por las actividades sobre el ambiente: Negativo o Positivo). IA: Importancia Ambiental. Niv: Nivel de importancia. PO: Probabilidad de ocurrencia (A: prácticamente imposible que ocurra, B: poco probable que ocurra, C: es posible que ocurra, D: bastante probable que ocurra, E: ocurrirá con alto nivel de certeza.
Fuente: Capítulo 2.6 del PECIG, pág. 69.

Como se observa en la anterior figura, dentro de los elementos del medio socioeconómico considerados por el PECIG para evaluar los impactos, no se encuentra la exposición de las personas a la mezcla, ni mucho menos las modificaciones en su salud.

La Corte en relación al seguimiento a las denuncias en salud menciona: "*Aunque en la mayor cantidad de casos se consideró que no había relación causal entre la aspersión y la afectación a la salud, hubo cuatro casos en que se encontró que los síntomas sí fueron causados por las aspersiones. La Corte no encuentra que estos casos hayan llevado a considerar modificaciones operacionales en el PECIG*. (subrayado fuera del texto) (pág. 71). Lo anterior es mencionado por la Corte para el caso del PECIG anterior, lo cual se mantiene en las modificaciones objeto de este análisis.

En relación a los impactos que consideran sobre el medio socioeconómico, como se observa en la anterior figura, la mayoría resulta de carácter positivo sin dar ninguna explicación: la generación de ingresos, la modificación de actividades económicas y sociales, y la seguridad de la población serán impactadas positivamente por la aplicación de la mezcla. No hay un análisis que permita llegar a tales conclusiones.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En la siguiente figura se observa el análisis de impactos para el medio biótico. Aunque se consideran los cambios en la composición de especies como los elementos sobre los cuales analizar el impacto, no se deberían limitar a la composición e incluir cambios en el estado de las especies presentes. En todo caso, revisando la calificación que le dan a los impactos por la de aplicación de la mezcla se observa que, aunque en todos los casos es de carácter (C) negativo (N), el nivel de importancia (Niv) resulta leve, con una probabilidad de ocurrencia (PO) entre poco probable (B) y posible (C), y concluyen con una significancia ambiental del impacto (SAI) en todos los casos Muy baja.

NÚCLEO	ACTIVIDAD	IMPACTO	C	IA	Niv	PO	SAI
5	Aplicación de la mezcla en helicóptero	Cambio en la composición faunística	N	-16	Leve	B	Muy baja
5	Aplicación de la mezcla en helicóptero	Cambio en la composición florística	N	-13	Leve	C	Muy baja
6	Aplicación de la mezcla en avión	Cambio en la composición de especies hidrobiológicas	N	-13	Leve	C	Muy baja
6	Aplicación de la mezcla en avión	Cambio en la composición de polinizadores	N	-13	Leve	B	Muy baja
6	Aplicación de la mezcla en avión	Cambio en la composición faunística	N	-13	Leve	B	Muy baja
6	Aplicación de la mezcla en avión	Cambio en la composición florística	N	-10	Leve	C	Muy baja
6	Aplicación de la mezcla en helicóptero	Cambio en la composición de especies hidrobiológicas	N	-13	Leve	C	Muy baja
6	Aplicación de la mezcla en helicóptero	Cambio en la composición de polinizadores	N	-13	Leve	B	Muy baja
6	Aplicación de la mezcla en helicóptero	Cambio en la composición faunística	N	-13	Leve	B	Muy baja
6	Aplicación de la mezcla en helicóptero	Cambio en la composición florística	N	-10	Leve	C	Muy baja

Fuente: DIRAN - Policía Nacional, 2020.

Figura 3. Resultado de la evaluación con el proyecto de aspersión para los núcleos 1 y 2 en el medio biótico. C: Carácter (Tipo de cambio generado por las actividades sobre el ambiente: Negativo o Positivo). IA: Importancia Ambiental. Niv: Nivel de importancia. PO: Probabilidad de ocurrencia (A: prácticamente imposible que ocurra, B: poco probable que ocurra, C: es posible que ocurra, D: bastante probable que ocurra, E: ocurrirá con alto nivel de certeza.
Fuente: Capítulo 2.6 del PECIG, pág. 66.

Los argumentos detrás de los resultados de la evaluación de impactos obtenida no se presentan en ninguna parte del estudio. Solo mencionan que los valores de *Evidencia (Ev) o Probabilidad de ocurrencia (PO) se establecen con base en los conocimientos y experiencia del grupo evaluador*, lo cual resulta bastante subjetivo si no se aclara cuáles fueron los conocimientos o estudios que se consideraron, ni la experiencia de los profesionales para concluir que la significancia ambiental del impacto de la aspersión sobre la composición de las especies es Muy baja.

Sobre el análisis de impactos vale la pena citar a la Corte, para evidenciar una vez más que la modificación del PECIG desconoce sus consideraciones:

> "*En el caso del PECIG, la Sala considera que hay razones poderosas para fijar un nivel de protección alto. En primer lugar, se trata de un programa cuyos impactos no han sido estudiados de manera completa, como se explicó anteriormente. En segundo lugar, existen importantes controversias sobre los riesgos asociados a la sustancia escogida para ejecutar el programa. En tercer lugar, los estudios existentes—con contadas excepciones—no revisan la situación en el terreno en las zonas apartadas de Colombia, donde se dan las mayores*

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

concentraciones de cultivos ilícitos y por tanto la mayor probabilidad de aspersión. En cuarto lugar, las poblaciones afectadas por las aspersiones ejecutadas en el marco del PECIG tienden a ser sujetos de especial protección. En quinto lugar, debido a la distribución geográfica actual de los cultivos ilícitos, el PECIG también tiende a afectar los territorios con las mayores riquezas naturales y biodiversidad del país. Por lo tanto la Sala exigirá que la decisión que se tome esté fundada en evidencia objetiva y concluyente que demuestre ausencia de daño para la salud y el medio ambiente. Esto no equivale a demostrar, por una parte, que existe certeza absoluta e incuestionable sobre la ausencia de daño. Tampoco equivale a establecer que la ausencia de daño es absoluta o que la actividad no plantea ningún riesgo en absoluto". (pág. 78-79)

El análisis de impactos del PECIG llega a conclusiones con vacíos argumentativos que preocupa, pues este capítulo es básico para la definición de los programas del Plan de Manejo y para las restricciones de manejo que luego deben ser consideradas en la zonificación. En general, el nivel de significancia de un impacto es directamente proporcional a su relevancia como programa del Plan de Manejo, pues es allí donde se establecen las medidas de mitigación y compensación de los impactos significativos.

La falta de una descripción detallada de las actividades, las afirmaciones sin sustento como que, en referencia a las áreas de reserva forestal establecida por la Ley 2 de 1959, "*las actividades de erradicación de cultivos ilícitos no degradarían dichas áreas, por el contrario, la intervención de erradicación genera la posibilidad de la sucesión o restauración de las coberturas vegetales naturales*" o que "*la regeneración de la capa vegetal se presenta en general en 20 días*" (numeral 1.5.5.1 del PMA) sin que medie ninguna referencia técnica o científica dan una buena idea de la poca responsabilidad de la DIRAN con su Plan de manejo ambiental.

Para concluir esta primera parte, la falta de consideración de la salud humana como un elemento crítico dentro de los impactos a evaluar, la simplificación del concepto de daño admisible desarrollado por la Corte, así como del principio de precaución, reduciéndolos al cumplimiento de las normas que existen para el uso agrícola del glifosato, así como los bajos niveles de significancia ambiental de los impactos que obtienen en su análisis, se consideran decisivos para el ligero abordaje que realizan en los demás capítulos del PECIG.

4.1 Aspectos geoambientales generales abordados en el PMA

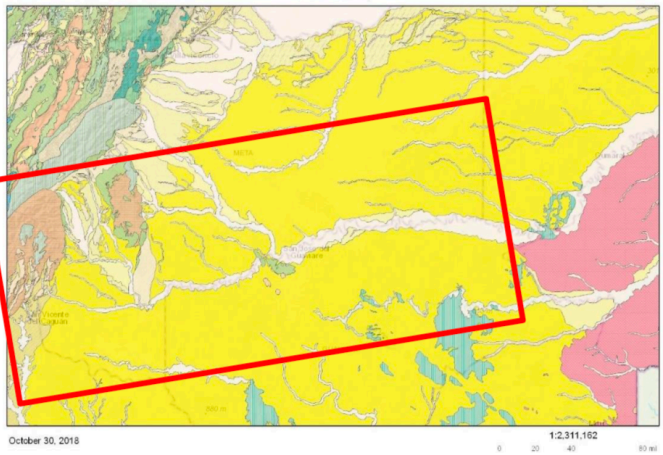
En los numerales subsiguientes se tratarán de manera detallada los aspectos químicos del glifosato y sus eventuales efectos en suelos, aguas superficiales y aguas subterráneas. No obstante, hay componentes con un desarrollo muy precario en el PMA presentado por la DIRAN (2020) como la geología, la geomorfología y la evaluación de riesgo. De igual manera, las fichas de manejo son genéricas, sin detalles sobre aspectos de monitoreo y centradas en el manejo ambiental de las bases de operación de las aeronaves, aspecto que no fue siquiera abordado por la Corte Constitucional. Estas temáticas serán abordadas de manera rápida en el presente numeral.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.1.1 Geología

En función de la tipología del proyecto de aspersión, estos abordajes geológicos son completamente inútiles. La eventual dispersión o aprisionamiento del glifosato en suelos depende de su mineralogía, razón por la cual se necesitan estudios micropedológicos, aspecto que será abordado en los numerales 4.1 y 4.2. La geología presentada es una enumeración de materiales geológicos sin ningún vínculo con el proyecto, a pesar de que debía haber sido usada, por ejemplo en el establecimiento de zonas de recarga de acuíferos, aspecto no incluido en el PMA a pesar de que estas zonas son objeto de protección especial.

Figura 3.1-2 Mapa Geológico del Departamento del Meta



Fuente: Servicio Geológico Nacional 2019

Figura 4. Ejemplo mapa geológico presentada en el PMA. Este tipo de información no tiene ninguna utilidad en el establecimiento de una línea base, ni en la evaluación o gestión de impactos o riesgos, en razón a una escala que invisibiliza los impactos.
Fuente: Figura 3.1-2 del PMA (DIRAN, 2020)

En cuanto a la geología estructural, las fallas geológicas no son vinculadas con su potencial sismicidad a pesar de que en el numeral de riesgos del PMA de la DIRAN, la única amenaza natural tratada es la sismicidad. Tampoco se considera que las fallas geológicas pueden ser definitorias en el establecimiento de zonas de recarga de acuíferos, dado que como ya se mencionó, el plan de manejo ambiental no aborda las temáticas de aguas subterráneas.

La escala a la cual se toma información secundaria hace que la geología sea simplemente una enumeración de nomenclaturas de unidades geológicas sin ningún sentido ni ninguna utilidad para la evaluación ambiental, pues en la escala 1:100.000, una cancha de fútbol reglamentaria se representaría con un rectángulo de 1 mm en su lado más largo. No obstante lo anterior, y a pesar de lo laxo de los requerimientos de la ANLA, que invisibilizan los impactos relacionados con este componente, alguna de la información usada es escala 1:500.000, donde los 100 metros de supuesta

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

protección de corrientes de agua sería representada en el mapa con líneas del grosor de un cabello humano:

> *"Sierra de la Macarena*
>
> *En esta zona reside se ubica* (sic) *el Parque Natural de La Macarena, reserva ecológica natural que geológicamente es desconocida, por la escasa información o interés tanto para su exploración estratigráfica como para su cartografía temática.*
>
> *(…)*
>
> *Hasta la fecha no se cuenta con un estudio que establezca los contactos de estas unidades litológicas y sus relaciones estratigráficas, la información que se obtuvo parte de interpretaciones de sensores remotos. En general, se utilizaron las unidades descritas en el Atlas geológico Digital de Colombia y cartografiadas en planchas de escala 1:500.000."*

Dada la inocuidad de este tipo de información, solo queda concluir que **el soporte geológico, fundamental para aspectos como la evolución de suelos, la recarga de acuíferos y el establecimiento del riesgo sísmico, es inexistente** y la información presentada no es de ninguna utilidad dada la escala de trabajo exigida por la ANLA, situación que conlleva la invisibilización de cualquier impacto ambiental que sobre elementos no renovables del ecosistema, como son los objetos geológicos y los suelos, se pueda causar con la aspersión aérea.

4.1.2 Metodologías aplicadas a evaluación ambiental

A pesar de las órdenes de la Corte en el sentido de realizar estudios objetivos y basados en evidencia científica, el PMA es un compendio de opiniones con un aparente barniz técnico, pero que se basan en la subjetividad, sin datos de soporte. En un aparte tan importante como la evaluación ambiental, existen deficiencias y omisiones gruesas que dan lugar a falta de motivación para la toma de decisiones de fondo respecto a permitir una actividad riesgosa.

No se definen ni acotan conceptos, sino que se hace alusión a estudios de sectores cuyo desempeño ambiental ha dejado pasivos ambientales significativos: "*Evidencia y Probabilidad de ocurrencia: en este paso se utiliza el concepto de Probabilidad de ocurrencia empleado por Ecopetrol (2012), en el cual se emplea como un factor de corrección al final de la IAI*." (PMA, cap. 2, num. 2.3.3.4, pág. 82.)

Las afirmaciones sin sustento que se dan a lo largo de todo el PMA, también aparecen en estos ítems: "*Lo anterior, permite inferir que los impactos con nivel de importancia Masivo no son representativos, lo que guarda relación con la capacidad ambiental de estas zonas para soportar actividades extractivas tan intensas*." (PMA, cap. 2, num. 2.3.3.4, pág. 84.). Como es evidente, no se soporta de ninguna manera la resiliencia de los territorios por afectar ni se describen de una manera comprensible y sustentada los descriptores cualitativos con los cuales se denominan las afectaciones.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.1.3 Plan de gestión del riesgo

El PMA incluye en su numeral 2.8.5. un Plan de gestión del riesgo, que supuestamente sigue lo reglamentado en el Decreto 2157 de 2017. Es importante anotar que este decreto es reglamentario de la Ley 1542 de 2012, que en su artículo 42 establece:

> "***Artículo 42. Análisis específicos de riesgo y planes de contingencia****. Todas las entidades públicas o privadas encargadas de la prestación de servicios públicos, que ejecuten obras civiles mayores o que desarrollen actividades industriales o de otro tipo que puedan significar riesgo de desastre para la sociedad, así como las que específicamente determine la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, deberán realizar un análisis específico de riesgo que considere los posibles efectos de eventos naturales sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia, así como los que se deriven de su operación (…)*"

Ya la Corte Constitucional fue enfática en que existe un riesgo sobre la salud humana y el ambiente en relación a la aspersión aérea con glifosato y que es necesario establecer por un lado, la tipología de los riesgos y su eventual mitigabilidad y por otro, seguir acopiando evidencias de daño o de ausencia del mismo para la toma de decisiones a que haya lugar. Todo lo anterior, en marco de objetividad y completitud científica.

Si bien la DIRAN hace un reconocimiento implícito del riesgo de la actividad al generar un plan para ello, no se encuentra que el desarrollo de dicho plan cumpla con los requerimientos normativos aludidos por la propia DIRAN.

El Decreto 2157 del 20 de diciembre de 2017 "Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012" contiene en su capítulo 5 Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de las Entidades Públicas y Privadas, las siguientes disposiciones:

> *Artículo 2.3.1.5.1.1.1. Objeto. Reglamentar el artículo 42 de la Ley 1523 de 2012 estableciendo el marco regulatorio dirigido a los responsables de realizar el Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de la Entidades Públicas y Privadas (PGRDEPP) como mecanismo para la planeación de la gestión del riesgo de desastres.*
>
> *Artículo 2.3.1.5.1.1.2. Alcance. El Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de la Entidades Públicas y Privadas (PGRDEPP) incluirá, entre otros aspectos, el análisis específico de riesgo que considere los posibles efectos de eventos de origen socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia de posible afectación por la entidad, así como de su operación que puedan generar una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad. Con base en ello realizará el diseño e implementación de medidas para reducir las condiciones de riesgo actual y futuro, además de la formulación del plan de emergencia y contingencia, con el fin*

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

de proteger a la población, mejorar la seguridad, el bienestar y sostenibilidad de las entidades.

(…)

***Artículo 2.3.1.5.2.1. Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de la Entidades Públicas y Privadas (PGRDEPP)**. Es el instrumento mediante el cual las entidades públicas y privadas, objeto de presente capítulo, deberán: identificar, priorizar, formular, programar, programar y hacer seguimiento a las acciones necesarias para conocer y reducir las condiciones de riesgo (actual y futuro) de sus instalaciones y de aquellas derivadas de su propia actividad u operación que puedan generar daños y pérdidas a su entorno, así como dar respuesta a los desastres que puedan presentarse, permitiendo además su articulación con los sistemas de gestión de la entidad, los ámbitos territoriales, sectoriales e institucionales de la gestión del riesgo de desastres y los demás instrumentos de planeación estipulados en la Ley 1523 de 2012 para la gestión del riesgo de desastres.*

En relación con los requerimientos de la norma, **el PMA no sigue las disposiciones anotadas, pues no genera conocimiento del riesgo, ni tiene análisis específicos de riesgo ni plantea un plan de gestión que incluya las etapas y componentes exigidos por la norma**. Estas deficiencias y omisiones serán sustentadas de manera detallada a lo largo del presente numeral.

La metodología incluida en el PMA involucra una "Matrix RAM" que al parecer es de uso en el sector petrolero, pero quizá en razón a la fecha en que esta matriz ha sido usada, no se ajusta a las disposiciones normativas vigentes ni parece haber sido ajustada al proyecto de aspersión aérea:

*"**Matrix RAM (Risk Assessment Matrix)***

La Matriz de Evaluación de Riesgos es una herramienta para la evaluación semicuantitativa de los riesgos y facilita la clasificación de las amenazas a la salud, seguridad, medio ambiente, relación con clientes, bienes e imagen de la empresa. Los ejes de la matriz según la definición de riesgo corresponden a las consecuencias y a la probabilidad. Para determinar el nivel de las consecuencias se utiliza una escala de "0" a "5"; para evaluar la probabilidad, se utiliza una escala de "A" a "E", basándose en la experiencia o evidencia histórica en que las consecuencias identificadas se han materializado dentro de la industria, la empresa o el área; representa la probabilidad de que se desencadenen las consecuencias potenciales o reales estimadas, según el caso. El cruce de las dos escalas determina la evaluación y clasificación cualitativa del riesgo. Para este caso de la RAM, estimar la probabilidad y las consecuencias no es una ciencia exacta. La estimación de la consecuencia se basa en la respuesta a "qué ocurrió" o "qué pudo o podrá ocurrir; mientras que la estimación de la probabilidad se basa en información histórica respecto de casos ocurridos anteriormente en similares condiciones, sabiendo que las circunstancias nunca son exactamente las mismas."

Por un lado, el análisis es cualitativo, lo cual está en contravía de lo dispuesto por la Corte Constitucional, pero además requeriría un análisis histórico que no aparece en el PMA. **Tampoco son claros los planteamientos del riesgo basados en tablas de Ecopetrol para una actividad que**

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

como la aspersión aérea nada tiene que ver con la exploración, explotación, transporte o refinación de hidrocarburos. Se esperaría que sobre ciertos avances conceptuales se hubiese planteado una metodología adaptada a una actividad particular y concreta, de manera que se de cumplimiento al pedido de la Corte en el sentido de evaluaciones objetivas y sustentadas.

Se incluyen evaluaciones de probabilidad, pero para una actividad que como la aspersión ocurre en unos pocos minutos, tampoco se ve el ajuste de las metodologías usadas:

> ***"Evaluación de la probabilidad***
>
> *El eje horizontal representa la probabilidad de ocurrencia del evento con las consecuencias identificadas. La escala del eje horizontal se define como:*
>
> *A- Baja probabilidad de ocurrencia; ha sucedido o se espera que suceda solo pocas veces, una vez entre los 20 y 50 años.*
>
> *B- Limitada probabilidad de ocurrencia; sucede en forma esporádica una vez entre los 5 y 20 años.*
>
> *C- Mediana probabilidad de ocurrencia; sucede algunas veces una vez entre los 1 y los 5 años.*
>
> *D- Significativa probabilidad de ocurrencia; sucede en forma reiterada, entre 1 vez y 10 veces al año.*
>
> *E- Alta probabilidad de ocurrencia; ocurre en formas, más de 10 veces al año."*

Al respecto de la probabilidad, no se determina en ninguna parte del capítulo qué tipo de eventos son los analizados: ¿fallas de las aeronaves, fallas en los contenedores, contaminación de agua, actos de sabotaje?. Sin estos datos, es imposible acercarse a una gestión de riesgo, pues las probabilidades son difíciles de establecer en un escenario con monitoreos precarios y sin conocimiento de los territorios que van a ser afectados.

También se abordan en el Plan de gestión de riesgos las amenazas naturales, y a pesar de que es pertinente establecer la cartografía de este tipo de eventos en las bases de operación, solamente se refieren a la amenaza sísmica (con la consignación de las categorías de amenaza de acuerdo con la Norma Sismorresistente de 2010). Los otros tipos de amenaza son incluidas dentro de amenazas socio-naturales, así:

> "• *Amenazas Socio - Naturales*
>
> *Contempla los eventos que, por el desarrollo de actividades humanas, pueden desencadenarse en una amenaza natural como incendios forestales, inundaciones o movimientos en masa.*
>
> *Por el desarrollo de la actividad, las amenazas socio - naturales que puede generar, son los incendios forestales por incendio / explosión de las aeronaves tripuladas en aire o en tierra*."

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Si bien es cierto que movimientos en masa o inundaciones no afectarían la aspersión propiamente dicha, **no se muestran mapas que demuestren que se ha analizado la probabilidad de ocurrencia de este tipo de eventos (y otros como las avenidas torrenciales) en las bases de operación**, donde se almacenan estos materiales tóxicos y otros como combustibles que pueden generar graves problemas de contaminación.

En el aspecto de vulnerabilidad, los abordajes son ligeros, incompletos y omisivos, pues no se dan las caracterizaciones socioeconómicas de los actores sociales e institucionales que pueden ser afectados, **no hay inventarios de escuelas, colegios, centros de salud, bocatomas de acueductos, estaciones de bomberos, entre otras**. La vulnerabilidad es tomada como baja, sin explicaciones diferentes a lo siguiente:

> "*La vulnerabilidad es baja, dado que se cuenta con la identificación previa de cultivos ilícitos y cultivos de pancoger existentes en la zona, evitando así la intervención sobre cultivos legales de la población y afectar su economía.*
>
> *Si los cultivos de pancoger pudieran ser afectados, el Estado colombiano ha establecido diferentes políticas y directrices para el manejo y tratamiento de las quejas y demandas que se originen por afectación a sus bienes.*
>
> *Sitios de captación de agua: los sitios de captación de agua no son intervenidos en el desarrollo de la actividad, de tal forma que no hacen parte del área de influencia, esta información esta descrita en el Capítulo 3 ítem 3.2 caracterización medio Biótica."*

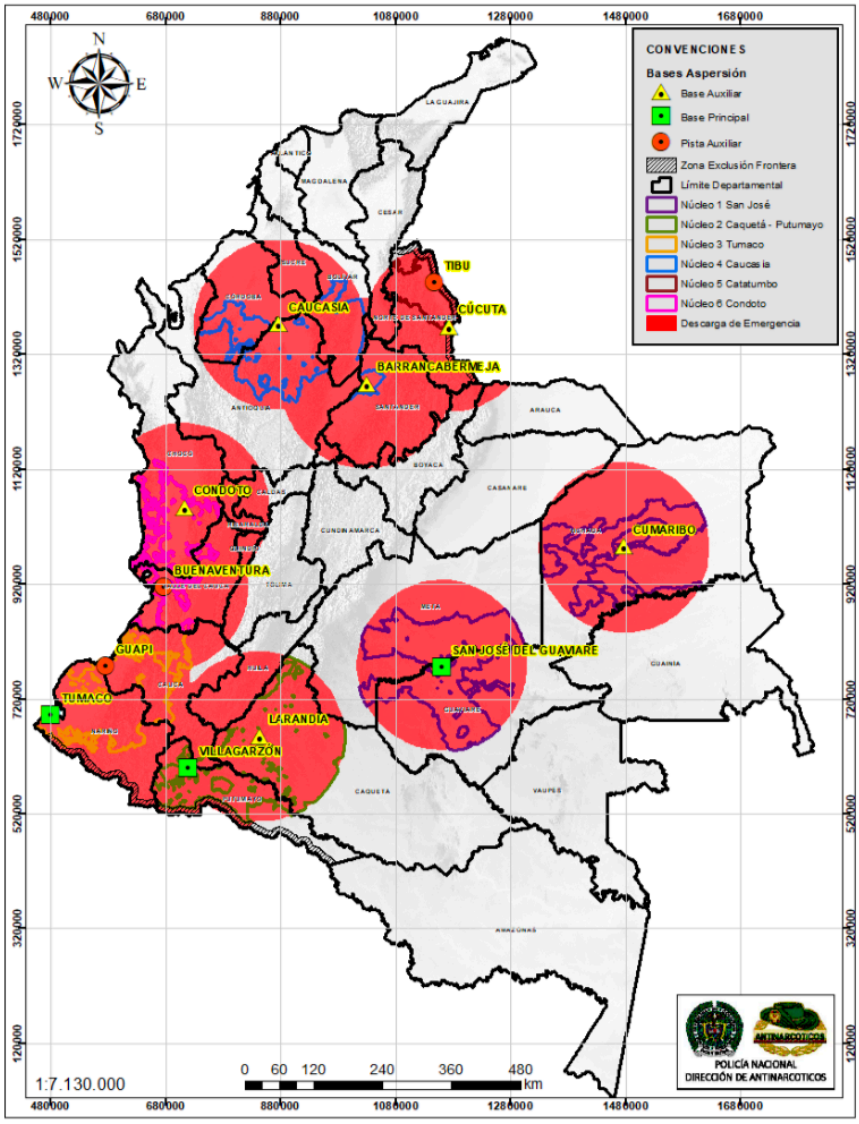
Como se verá más adelante, en los numerales 4.4. y 4.5, existen un sinnúmero de puntos de captación de agua para consumo humano que no han sido detectados ni considerados en el PMA.

Si la información de infraestructura social y de servicios se cruzara con el mapa mostrado de "afectación por descarga de emergencia" (Figura 2-6 en la página 66), el mapa de riesgos, a una escala adecuada, que debiera ser de 1:5.000 en centros poblados, para responder con la normativa de la inserción del riesgo en el ordenamiento territorial, mostraría un escenario preocupante de una actividad que no ha sido estudiada de manera adecuada como amenaza y una vulnerabilidad completamente invisibilizada en el PMA.

Es evidente que no se cumple con la normativa de riesgos vigente al no tener análisis específicos de riesgos y que este tema, abordado detalladamente por la Corte Constitucional, la cual solicitó estudios objetivos y sustentados científicamente, se constituye en otro de los incumplimientos a los requerimientos de la Corte Constitucional en la Sentencia T-236 de 2017.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Figura 2-6 Áreas de afectación por posible descarga de emergencia



Fuente: DIRAN, Policía Nacional 2020

Figura 5. Mapa de áreas de afectación por posible descarga de emergencia. Si este mapa se cruza con bocatomas de acueductos, hospitales o centros de salud, escuelas, colegios y viviendas y se presenta la información en una escala adecuada, como la 1:5.000 que es la obligatoria en la normativa para el riesgo en los Centros poblados en suelo rural (Decreto 1807 de 2014, compilado en el Decreto 1077 de 2015), el riesgo es innegable. No obstante, no ha sido considerado dentro del PMA
Fuente: Figura 2-6 del PMA (DIRAN, 2020)

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.2 Aspectos químicos del glifosato y su relación con aguas y suelos

El glifosato es el ingrediente activo del herbicida de mayor uso en el mundo. La formulación original de la empresa norteamericana Monsanto (en 2018 comprada por la empresa alemana Bayer), se ha vendido en el mundo entero con el conocido nombre de Roundup. Es un herbicida de amplio espectro utilizado primordialmente en la agricultura para eliminar las malezas en cultivos de diferente tipo. El glifosato fue registrado como herbicida en 1974, patente que expiró en 2000 por lo que actualmente existen muchas empresas en el mundo que fabrican libremente herbicidas basados en este agente activo. También se usa como desecante en cereales y granos justo antes de la cosecha y para secar los productos recolectados en regiones de alta humedad, práctica que sin embargo deja residuos del herbicida en los alimentos.

La mala fama que ha adquirido el glifosato como un producto que atenta contra el medio ambiente y la salud humana, se debe a la utilización masiva en cultivos intensivos y su uso en plantaciones de cultígenos modificados genéticamente (OGM). En lo que concierne al presente estudio, este estigma viene de la asociación de la empresa Monsanto en operaciones militares con el gobierno de los Estados Unidos, con aspersiones concentradas de glifosato sobre plantaciones de coca en América Latina desde hace varias décadas, además del empleo por aspersión aérea del mortífero e inhumano "agente naranja", otro herbicida utilizado para desfoliar la selva y los cultivos durante la guerra de Vietnam en la década del 60 al 70 (Archambeaud, 2011). Para completar el panorama, la polémica sobre el uso del glifosato estalló en 2015 cuando fue clasificado en el grupo 2A de nivel de riesgo (cancerígeno probable), por el Centro Internacional contra el Cáncer de la OMS, luego de la publicación de los estudios que pusieron en evidencia los posibles efectos para la salud (IARC, 2015).

Desde años anteriores se había iniciado ya en países europeos la discusión sobre la reducción del glifosato y otros pesticidas empleados en agricultura por sus efectos negativos. En Alemania, los biólogos han dado la voz de alarma por la caída vertiginosa en la población de insectos por el uso de herbicidas que afecta los ecosistemas, especialmente la polinización de las plantas, y se promueve el incremento de la agricultura biológica. La Unión Europea planteó la eliminación progresiva del uso del glifosato a partir de 2017 y hoy Austria es el primer país en prohibir efectivamente este herbicida mientras que los otros países apuestan por su eliminación en los próximos dos a tres años. En la región el máximo valor de glifosato aplicado en 2015 era de 4,32 kg/ha/año de ingrediente activo que corresponde a 12L del herbicida (EFSA, 2015). La reducción en el uso ha sido muy importante, en 2017 se empleaba solamente 0,2 Kg/Ha/año en promedio (entre 0,1 y 0,5 Kg/Ha/año) de ingrediente activo en uso agrícola (ENDURE, 2019).

En junio de 2020 la empresa Bayer acaba de indemnizar por más de 10.000 millones de dólares a parte de los 100.000 norteamericanos que habían demandado hasta 2018 a Monsanto por no informar sobre el probable efecto cancerígeno del glifosato[1]. Bayer aduce que este acuerdo tiene solamente un carácter económico, propuesto para evitar la prolongación de los pleitos heredados de Monsanto, pero no reconoce los efectos para la salud en que se basan las demandas y se abstiene

[1] www.nytimes.com/2020/06/24/business/roundup-settlement-lawsuits.html#click=https://t.co/659SdV3TEV

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

de informar en las etiquetas del producto Roundup el carácter cancerígeno probable del herbicida. Se escuda en el concepto de varias organizaciones, incluida la Agencia de Protección Ambiental EPA, que indica pruebas insuficientes[2].

En Colombia, luego del informe de IARC de 2015, el gobierno tomó la decisión de suspender el uso del glifosato en la aspersión aérea de cultivos de coca hasta no aclarar los impactos sobre la salud y el medioambiente, base de la sentencia T-236/2017 de la Corte Constitucional. La reanudación del PECIG que se discute actualmente, está basado en la aplicación de un PMA modificado respecto al que existía en el programa antes de la suspensión. Después de más de 20 años, este programa no ha visto ningún resultado positivo en el control de las plantaciones de coca, pues los cultivos desaparecen y se reinstalan en nuevas áreas que son deforestadas para este fin.

A pesar de las numerosas demandas por efectos perjudiciales en la salud y el medio ambiente de las poblaciones asentadas en esas regiones apartadas, donde el estado no hace una presencia efectiva, el gobierno insiste en continuar con el programa de aspersión aérea con glifosato. En Europa esta práctica está totalmente prohibida en la actividad agrícola, una sociedad civilizada por principio no fumiga a sus ciudadanos. En Estados Unidos se permite la aspersión aérea en algunos Estados donde existen grandes cultivos agrícolas, respetando un sinnúmero de condiciones y restricciones que establece la EPA para cada región geográfica y siguiendo protocolos estrictos que tienen que ver con condiciones climáticas, tipo de cultivo, formulación del herbicida y forma de aplicación, entre otras (ver por ejemplo, EPA, 2010).

En Colombia se han fumigado extensos territorios con cultivos de uso ilícito desde 1997 con la intención de controlar el narcotráfico por medio de aspersiones sobre zonas de concentración de cultivos. Sin embargo, muchas de las áreas asperjadas hasta 2015 correspondían a siembras en pequeñas parcelas con densidades territoriales bajas, de menos de 2 ha/km^2 (UNODC, 2016).

Las aspersiones se han realizado en dosis de 10,4 L/Ha utilizando formulaciones del herbicida preparadas a partir del producto equivalente ácido glifosato de 360g/L. Corresponde aproximadamente a una aplicación de 3,7 Kg/Ha y la propuesta es asperjar cada predio en promedio dos veces al año, lo cual da un valor de 7,4 Kg/Ha/año (PMA modificado-PECIG, 2019. Cap.2.4). Comparado con las **dosis toleradas actualmente en Europa** para cultivos agrícolas de 0,2Kg/Ha/año (ENDURE, 2019), la dosis de glifosato que se quiere aplicar en Colombia en la aspersión aérea de cultivos de coca es en promedio de **20 a 40 veces superior**.

4.2.1 Antecedentes sobre la polémica del uso del glifosato

Para entender mejor las características y el modo de acción de los herbicidas basados en glifosato (HBG), se presenta una síntesis de la química de los productos de la aplicación.

El glifosato (N-fosfono-metil-glicina) es una molécula constituida por un aminoácido (glicina) unido a un grupo fosfono, es decir, se trata de un producto órgano-fosforado. Es un herbicida sistémico

[2] www.lemonde.fr/planete/article/2018/08/11/les-monsanto-papers-a-la-base-de-la-controverse-sur-le-glyphosate_ 5341505_3244.html

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

que penetra en el sistema vascular y bloquea la acción de una enzima clave en la síntesis de aminoácidos y otros nutrientes esenciales para las plantas. “El glifosato ejerce su acción por inhibición de la actividad de la enzima 5- enolpiruvilshikimo-3-fosfosintasa (EPSP), por lo que no permite la síntesis de los aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina y triptófano, esenciales para la formación de otros productos como ligninas, alcaloides y ácidos benzoicos que son necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Grossbard & Atkinson, 1984; Franz *et al.*, 1997)”, según Bustos (2012).

El herbicida se aplica sobre el follaje verde en pastos, hierbas perennes, arbustos y árboles, que se debilitan y eventualmente mueren por inanición. Microorganismos como bacterias y hongos también son afectados por este camino, que no es compartido por los animales (PAN Europe, 2018).

En la Figura 6 se muestra la fórmula química y estructural, y algunas propiedades que determinan su uso como herbicida:

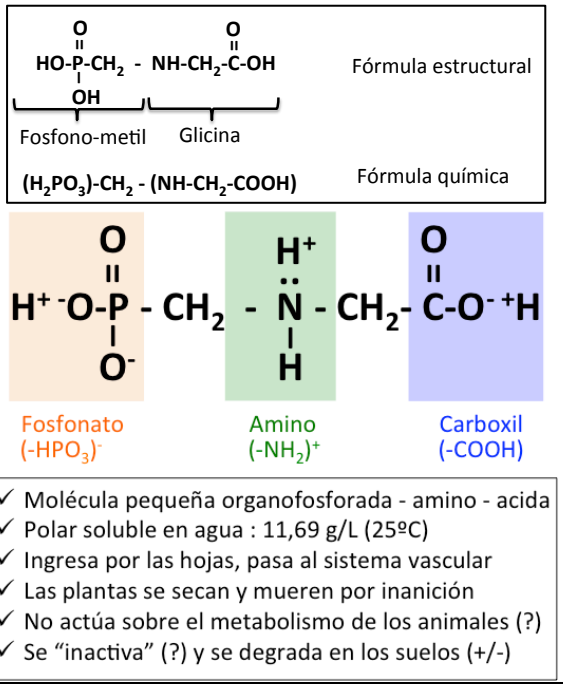


Figura 6. Fórmula química y algunas propiedades del glifosato. Los grupos funcionales, indicados en colores, aparecen disociados con las cargas eléctricas correspondientes a la molécula en equilibrio en solución acuosa.
Fuente: Elaboración propia

La molécula es un ácido poliprótico, es decir, contiene varios grupos funcionales polares susceptibles de liberar o asociar protones (H^+) por medio de reacciones ácido-base. Las especies que aparecen en diferentes rangos de pH están determinadas por los valores de las constantes de disociación ácida (Ka), expresadas para cada especie en la forma logarítmica pKa (Figura 7).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

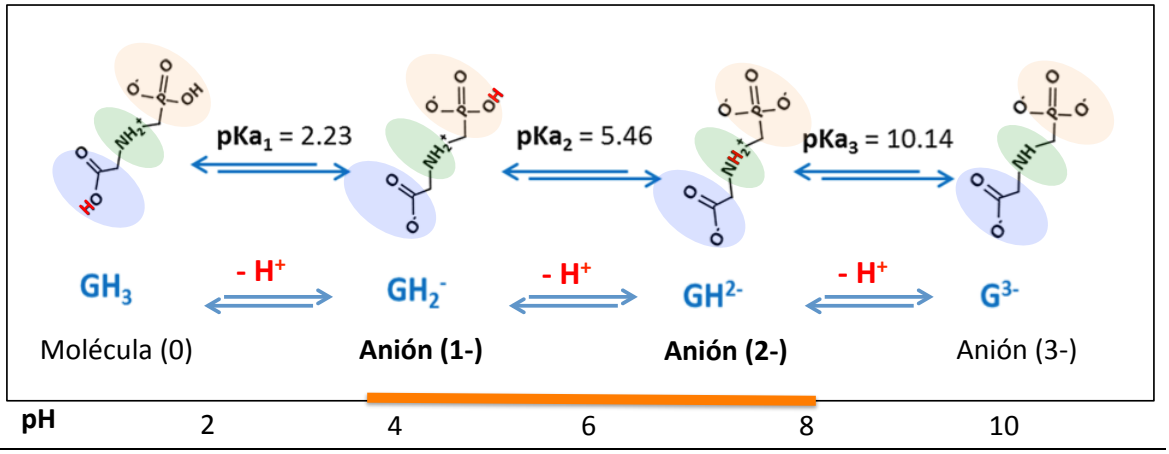


*Figura 7. Especiación del glifosato que resulta de la liberación progresiva de protones (H^+) de izquierda a derecha. Las reacciones están en equilibrio ácido- base con valores de pKa que cubren todo el rango de pH: GH**3**, GH_2^-, GH^{2-} y G3 son las especies de glifosato en el agua.*
Fuente: Elaboración propia con base en Dollinger et al., 2015

La especie ácido glifosato es estable en valores de pH muy ácidos (pKa_1=2,23), valor que depende de su concentración en agua: la solución al 1% tiene un pH medido en equilibrio de 2,5. Esta especie química tiene simultáneamente cargas eléctricas negativa y positiva que se compensan entre sí dando origen a una molécula con carga neta 0. En el grupo fosfonato, uno de los grupos OH ha perdido el H^+ y está en forma de anión (HPO_4^-), mientras que el grupo amino ha ganado un H^+ y se encuentra en forma de catión (NH_2^+). En esta especie quedan tres protones susceptibles de disociarse, uno en cada grupo funcional, por lo que la molécula se representa como **GH_3**.

A medida que aumenta el pH, la molécula pierde uno tras otro los grupos H^+. El primero corresponde al grupo carboxilo, adquiriendo una carga neta negativa **GH_2^-** del anión monovalente; luego entra en equilibrio con la siguiente especie que pierde otro H^+ del grupo fosfonato (pKa_2=5,46) y la especie adquiere dos cargas negativas quedando en la forma del anión divalente **GH^{2-}**. Estas dos especies aniónicas son estables a pH comprendidos entre 4 y 8, entre ligeramente ácido, neutro y ligeramente alcalino que es rango más frecuente en los suelos. Finalmente, el producto pierde el último H^+ disponible del grupo amino y forma el anión trivalente **G^{3-}** que es estable a pH alcalino (pKa_3=10,4).

Las especies aniónicas **GH_2^-** y **GH^{2-}** son atraídas por las cargas positivas de minerales como óxidos y silicatos del suelo, formando complejos que son adsorbidos; se dice que por este mecanismo el glifosato pierde su poder reactivo en el medio abiótico.

En 2007 la UE declaró el glifosato como un herbicida no biodegradable, contrario a la comercialización del producto de Monsanto como biodegradable y no tóxico. El glifosato es altamente persistente en los suelos y produce deterioro en la calidad de las aguas (Benbrook, 2019; Borggaar y Gimsing, 2008; Eslava et al., 2007). Ha sido investigado por sus efectos perjudiciales para la biodiversidad, tanto vegetal como animal y la salud humana.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.2.2 Degradación del glifosato: metabolito AMPA

Aunque se ha comprobado que el glifosato es altamente persistente en suelos y aguas, es conocida su degradación parcial para producir el metabolito AMPA, ácido amino-metilfosfónico. Esta molécula reconocida por su persistencia en los suelos y su carácter tóxico, se produce por la ruptura del enlace C-N del aminoácido glicina del glifosato por acción microbiana en los suelos (Figura 8)

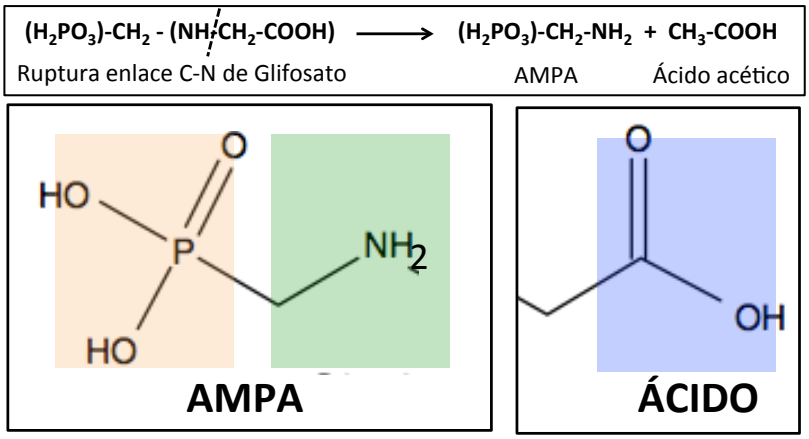


Figura 8. Degradación microbiana del glifosato por la ruptura del enlace C-N de la amina con el componente hidrocarbonado del amino-ácidos (ver Figura 4).
Fuente: Elaboración propia.

La molécula AMPA se considera más tóxica que el propio glifosato. Al igual que el glifosato, se ha detectado en aguas corrientes, humedales y aguas subterráneas, por lo que deben aplicarse herramientas para la detección de riesgos de dispersión de este y otros productos de degradación en el medio ambiente. **El AMPA retiene el grupo fosfonato, mayor responsable de las propiedades herbicidas del glifosato, se degrada más lentamente y se adsorbe con mayor fuerza en los suelos. Por estas razones es más persistente que el glifosato, prolongando los efectos tóxicos sobre las plantas** (Bustos, 2012).

4.2.3 Formulaciones y coadyuvantes

La especie glifosato es muy agresiva debido a su carácter ácido, por lo que los productores de herbicidas basados en glifosato (HBG) prefieren utilizar sales que neutralizan. Las más comunes son las sales de sodio y amonio, pero por razones de estabilidad, se han diseñado otras más elaboradas. La fórmula que se ha establecido es Glifosato – Isopropilamina (G-IPA). La formulación del herbicida varía según el contenido de la sal en el producto comercial, por ejemplo G-IPA al 41% tiene un pH de 4,7.

Las fórmulas química y estructural de la sal Glifosato – Isopropilamina se presenta en la Figura 7.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

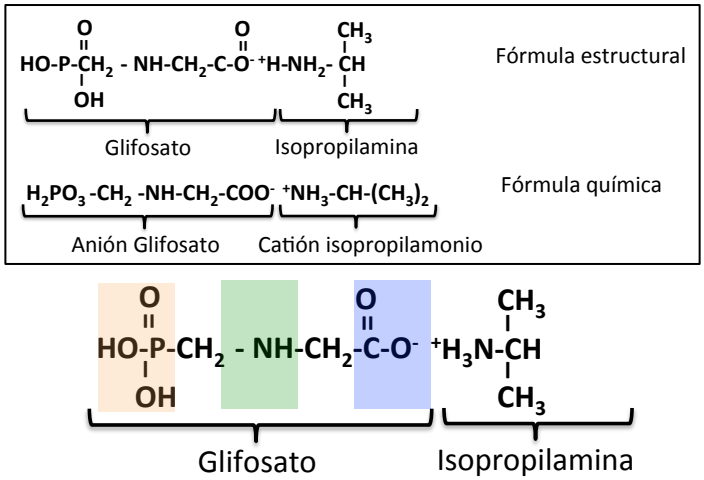


Figura 9. Fórmula química y estructural de la sal entre Glifosato e Isopropil amina (G-IPA).
Fuente: Elaboración propia

La molécula isopropilamina se une al glifosato por medio de una reacción ácido-base ente el grupo carboxilo que libera parcialmente un protón formando el anión (COO^-) que es captado por el grupo amino adquiriendo la carga positiva del catión amonio ($-NH_3^+$).

El Roundup® se formula como sal de glifosato-isopropilamonio (G-IPA) con concentración del 48% (p/v) o sea 480g/L, lo que corresponde a 360 g/L del ácido glifosato equivalente. La aplicación recomendada para cultivos agrícolas en Francia es en forma diluida en agua, entre 1 y 2% (INRA, 2017). En Estados Unidos se recomienda la aplicación diluida en agua entre 0,5 y 10%, según el tipo de cultivo (EPA, 2010).

La guía de valoración de riesgo ambiental y social (ESRA, por las siglas en inglés) del Forest Stewardship Council, indica que **la sal de glifosato presente en 52 formulaciones reconocidas en Estados Unidos, es un pesticida de alto riesgo** (Highly Hazard Pesticide, HHP) basado en la clasificación dentro del grupo de Toxicidad Crónica y la demostración de su potencial propiedad cancerígena (FSC-US, 2020).

4.2.3.1 Surfactante

Para la aplicación de la sal de glifosato se requiere en la formulación del herbicida un surfactante, es decir, una sustancia con la propiedad de disminuir la tensión superficial de las gotas de agua, con el fin de cubrir completamente las hojas de las plantas para aumentar la superficie de contacto con el agente activo. Este aditivo debe ser soluble en agua pero también requiere cierta solubilidad en compuestos no polares. Para ello existen infinidad de productos que tienen en común una cadena o cola hidrocarbonada de carácter hidrofóbico que se adsorbe en materiales no polares y una cabeza hidrofílica que se adsorbe en materiales polares (Figura 10).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

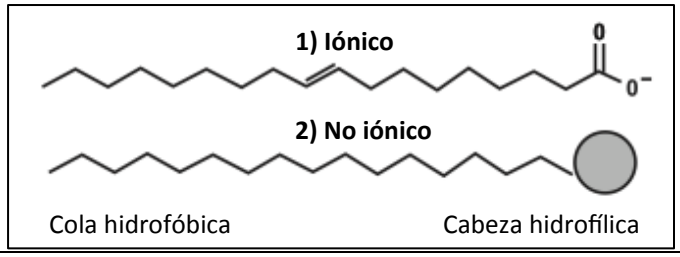


Figura 10. Estructura química de dos surfactantes. 1) Iónico: Cadena hidrocarbonada de carácter hidrofóbico, con una cabeza hidrofílica con carga eléctrica; 2) Surfactante no iónico: Cadena hidrocarbonada hidrofóbica con una cabeza hidrofílica sin carga eléctrica.
Fuente: Elaboración propia

El surfactante actúa como puente entre sustancias no polares y polares, por ejemplo la capa cerosa que recubre las hojas y el herbicida, lo que ayuda a la penetración del ingrediente activo dentro de los tejidos de la planta.

Los surfactantes iónicos pueden ser aniónicos (carga negativa), catiónicos (carga positiva) o anfóteros en los que la carga depende del pH.

Los surfactante no iónicos son los más utilizados en las formulaciones de herbicidas basados en glifosato y generalmente tienen carácter tóxico.

Debido a su naturaleza aniónica, el glifosato por sí mismo no penetra la cutícula vegetal, por lo tanto, la fitotoxicidad del herbicida es facilitada por la adición de un surfactante (Mann et al., 2009 citado por Bustos, 2012). A nivel mundial, el surfactante predominante usado en los productos Roundup® es un amino polietoxilado (POEA), que es una mezcla de alquil-aminas de cadena larga sintetizadas a partir de ácidos grasos de origen animal (Williams et al., 2000 citado por Bustos, 2012). El POEA es fuertemente adsorbido en el suelo, acumulándose en altas concentraciones y se vuelve peligroso para organismos bénticos durante el periodo de aplicaciones continuas de herbicidas (Tsui y Chu, 2004, citado por Bustos, 2012).

Cuando se consideran las formulaciones, los diferentes surfactantes son más importantes en la valoración del riesgo ya que pueden incrementar la toxicidad del glifosato. Adicionalmente, la guía de valoración de riesgo del FSC-US, indica que estudios en Suramérica han mostrado una asociación entre formulaciones para aspersión aérea mezclada con surfactantes y el potencial efecto genotóxico. Por comparación, este efecto no es esperado debido a menores concentraciones del herbicida aplicados en los bosques de Estados Unidos (FSC-US, 2020).

Un estudio de efectos del glifosato en los Llanos Orientales que mostró la toxicidad de los productos sobre peces, hace una crítica muy fuerte sobre el uso del herbicida y la formulación con el surfactante Cosmo-Flux que actúa simultáneamente con el surfactante POEA en la formulación (Eslava et al., 2007). Un seguimiento de la actuación de la Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas (CICAD) entre 2009 y 2015, mostró que las formulaciones de glifosato aplicadas

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

en el PECIG desde finales de los años 90, con composición y concentraciones prohibidas en otras latitudes, han sido defendidas de manera sospechosa por Monsanto (Mamacoca)[3].

Un cambio de productos Monsanto por una formulación colombiana basada en Glyphos® con el surfactante Cosmo-flux® durante el PECIG en los años 2000, causó preocupación en el medio empresarial internacional. Para volver al "camino correcto", se realizaron varios trabajos por el grupo liderado por Solomon quien había estado a cargo de las formulaciones de los herbicidas para el PECIG desde 1999, entre otros con Roundup® y Gly41® (Sentencia T-236 de 2017, p. 145). Estos estudios tuvieron por objeto evaluar la toxicidad de los nuevos productos (Bernal et al., 2009). Las conclusiones de los artículos que tuvieron el cuidado de no llamar la atención sobre efectos perjudiciales de los productos, sugerían preferir formulaciones basadas en el herbicida y los surfactantes registrados por Monsanto (Marshall et al., 2009). En la última etapa del PECIG el producto utilizado era el herbicida chino Cuspide 480SL que es también criticado por sus efectos no suficientemente estudiados sobre el medio ambiente y la salud, en una "guerra química" entre proveedores.

4.2.4 Caminos del glifosato en los suelos

El glifosato que se aplica como herbicida (G inicial) puede seguir tres caminos reconocidos (Borggaar y Gimsing, 2008): la degradación y la adsorción en los suelos (Gs) y la lixiviación o lavado (Gw) por las aguas (Figura 11).

Degradación: Algunos microorganismos del suelo pueden utilizar el glifosato como fuente de energía para producir el metabolito AMPA y otros productos de degradación, siguiendo diferentes caminos. Si la presencia de microorganismos capaces de descomponer estos compuestos están dadas, los productos pueden sufrir el proceso de "mineralización" que los lleva la destrucción de las estructuras químicas para finalmente quedar convertidos en las especies finales más simples: fosfatos, amonio y gas carbónico. Este proceso de biodegradación elimina las especies tóxicas del herbicida en el suelo.

Por el contrario, **los metabolitos que no se degradan, siendo el principal el AMPA, pueden persistir atrapados en el suelo y/o pasar a las aguas** (Benbrook, C.M., 2019; Eslava et al., 2007).

[3] http://www.mamacoca.org/docs_de_base/Fumigas/cicad_ii_segunda_ronda_de_estudios.html

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

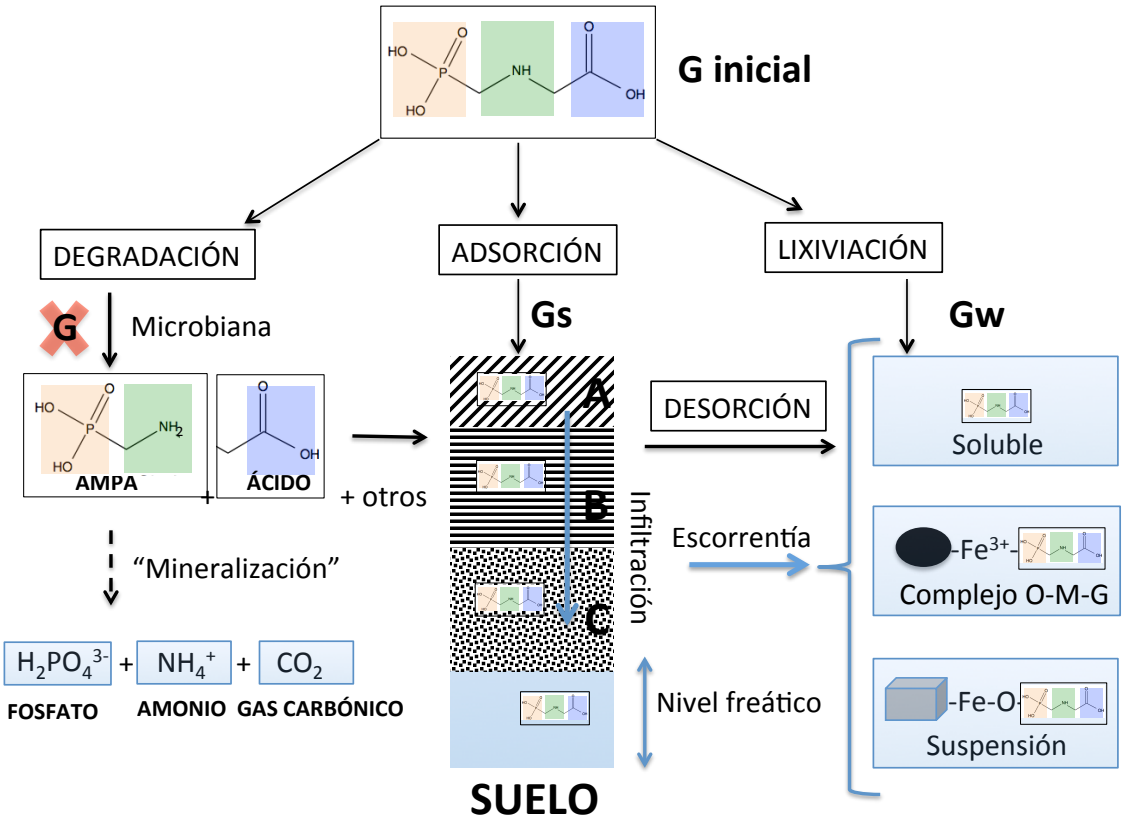


Figura 11. Comportamiento del glifosato en los suelos: degradación – adsorción – lixiviación. La letra G significa glifosato; Gs, glifosato en suelo y Gw, glifosato en agua. Las letras A, B y C son los horizontes de suelo. Nivel freático es el límite superior de las aguas subterráneas. Como se puede ver, existe la posibilidad de permanencia del glifosato en todos los horizontes de suelo y en las aguas subterráneas someras.
Fuente: Elaboración propia

Adsorción: Los defensores del glifosato indican que la molécula es inmediatamente inactivada en el primer horizonte del suelo a pocos centímetros de la superficie (PMA-PECIG, 2019; Hewitt et al, 2009, entre otros). Allí sería degradado por los microorganismos y/o adsorbido por los componentes minerales y orgánicos. El mecanismo más usual es la interacción con cationes asociados, entre los cuales los de mayor carga (Al^{3+} y Fe^{3+}) forman los enlaces más fuertes con el anión glifosato.

Lixiviación: Numerosos estudios han demostrado que el herbicida y sus productos de degradación pueden liberarse y seguir su camino a lo largo del perfil de suelos, ya sea asociados a partículas coloidales o por desorción en la solución del suelo durante la infiltración de las aguas (Okada et al, 2018; Mamy et al, 2016; Dollinger et al, 2015; Borggaar y Gimsing, 2008, entre otros). Los productos químicos pasarían de un horizonte al siguiente y podrían alcanzar las aguas freáticas.

Este camino de desorción y lavado por infiltración y escorrentía sub-superficial, **lleva el glifosato hacia las corrientes de agua superficial o a las aguas subterráneas en forma de especie soluble**, asociado a materia orgánica del suelo formando complejos estables con un catión metálico

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

(Complejo O-M-G) que puede viajar en solución, o finalmente asociado en partículas en suspensión con minerales coloidales del suelo, principalmente arcillas y óxido e hidróxidos de hierro y aluminio.

4.2.4.1 Propiedades del suelo que determinan el camino del glifosato

La transferencia de glifosato al agua (Gs a Gw) depende del grado de adsorción en el suelo y se define por funciones que dependen de las propiedades del suelo. Son cinco las propiedades que tienen el mayor efecto sobre el devenir del glifosato en las diferente clases de suelos: pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), carbono orgánico (C.O.), tipos de minerales y presencia de fosfatos. La Figura 12 resume estos factores.

pH : Como se indicó anteriormente, la especiación del glifosato y su potencial disociación es función del pH del medio acuoso donde está solubilizado el agente activo. Las especies más comunes que se encuentran en los diferentes tipos de suelos son los aniones mono y divalentes GH_2^-, GH^{2-} que se encuentran en equilibrio a pH intermedio entre 4 y 8. Estas especies con carga negativa pueden reaccionar con especies químicas de carga positiva como los cationes de metales y fijarse en los suelos. En general, a pH ácido ocurre una mayor adsorción de glifosato que disminuye cuando el pH aumenta.

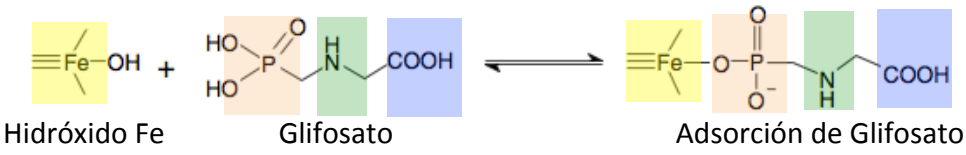
CIC : La Capacidad de Intercambio Catiónico expresada en los análisis físico-químicos de suelos en meq/Kg, es una propiedad que depende de la existencia de sitios en minerales y compuestos orgánicos donde los cationes del suelo se pueden alojar. Estos espacios coinciden con estructuras químicas de carga negativa que ejercen una atracción sobre las cargas positivas de cationes cuya fuerza aumenta con la carga eléctrica en el siguiente orden: $Al^{3+} > Fe^{3+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^{+}$. Los aniones glifosato compiten con los del suelo para esos sitios de intercambio. A medida que aumenta la CIC, se incrementa la adsorción del glifosato en el suelo (Dollinger et al, 2015).

Materia Orgánica : La fracción orgánica expresada en porcentaje de carbono orgánico en los análisis de suelos (%C.O.) contiene especies con grupos funcionales que forman enlaces con el glifosato por intermedio de cationes metálicos de carga alta como Al^{3+} y Fe^{3+}. El glifosato así asociado puede persistir en el suelo o por descomposición de la materia orgánica formar complejos solubles que son liberados al agua y lixiviados (Many et al, 2016; Eslava et al, 2007; Tsui y Chu, 2003).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

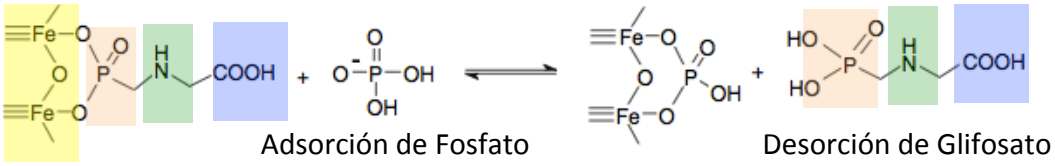
- **pH** ácido, neutro , alcalino (4 a 8) ⟶ Especies GH_2^- , GH^{2-}
- **Capacidad de Intercambio Catiónico** : CIC (meq/Kg)

  $Al^{3+} > Fe^{3+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^+$
- **Materia Orgánica (% C.O.)** ⟶ Complejos con Glifosato
- **Minerales** : Óxidos de Fe y Al, Arcillas ⟶ Fe-O-G ; Al-O-G



Hidróxido Fe Glifosato Adsorción de Glifosato

- **Fosfato :** Reemplaza el Glifosato ligado a minerales



Adsorción de Fosfato Desorción de Glifosato

Figura 12. Propiedades del suelo que influyen en la persistencia, degradación o lavado del glifosato. Fuente: Elaboración propia

Minerales : Entre los componentes inorgánicos del suelo, los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, forman enlaces fuertes Fe-O-G y Al-O-G. El glifosato se adsorbe sobre la superficie de los óxidos y también de los minerales arcillosos. Se ha demostrado que las caolinitas (arcillas ricas en aluminio) comunes en suelos tropicales, adsorben más que las illitas (arcillas potásicas) y que las esmectitas (arcillas expansivas con calcio y sodio) a pesar que la CIC es inferior en la primera. Lo anterior es probablemente debido a que las partículas de caolinita se recubren con óxidos de hierro con mayor poder de adsorción que la arcilla (Borggaard y Gimsing, 2008).

En la figura anterior se muestra un ejemplo de reacción entre hidróxido de hierro (Fe-OH) y glifosato que se establece con pérdida de agua. Estos enlaces disminuyen la reactividad del glifosato, mientras no exista la competencia con una especie de mayor fuerza que desplace la molécula de su sitio de inactividad química.

Fosfato: En los enlaces fuertes Al/Fe-O-G el glifosato está unido a los minerales con un enlace Al/Fe-O-P con el grupo fosfonato. Este enlace puede romperse ante la presencia de fosfato libre en el suelo que compite con él. El fosfato obliga a la desorción del glifosato y se adsorbe sobre la superficie del mineral. En la Figura 12 se presenta un ejemplo de reacción con el hierro.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.2.5 Aplicación de glifosato en suelos agrícolas de otras latitudes

Los numerosos estudios sobre el herbicida y su metabolito AMPA han estado orientados principalmente al uso agrícola sobre suelos de alta calidad, en particular para regiones de estaciones y en regiones subtropicales. En muchos casos corresponde a monocultivos sobre suelos de clases agronómicas de alta calidad (clases de uso 1 a 4), en países desarrollados de Europa y Norteamérica, y algunos para el uso en grandes plantaciones de cultivos modificados genéticamente (GM) resistentes al glifosato como en Argentina, donde en promedio se consumen alrededor de 200 millones de litros de herbicidas basados en glifosato (HBG) al año.

Las propiedades que orientan el camino del glifosato son variables en las diferentes clases de suelos, así como por las condiciones ambientales de clima y cobertura biótica en el medio natural. Los procesos de meteorización de minerales y la transformación de los residuos vegetales en otras latitudes son más lentos, comparados con los que ocurren en suelos tropicales de clima húmedo.

Los suelos de color pardo de las zonas templadas se caracterizan, en general, por mayores contenidos de materia orgánica humificada y minerales secundarios en transformación progresiva, heredados de la roca que forman un complejo de alteración con variedad de arcillas (esmectitas, illitas, cloritas y caolinitas). Estos suelos tienen en general pH comprendidos entre 6 y 8, CIC media a alta, hidróxidos de hierro y aluminio amorfos, son ricos en cationes intercambiables y en fósforo. Estas propiedades se han puesto en relación con el comportamiento que se espera del glifosato cuando entra al suelo, con el fin de predecir su inactivación por adsorción y degradación o su translocación a las aguas (Dollinger et al., 2015). Con los rangos de propiedades para suelos agrícolas indicadas, el glifosato efectivamente es adsorbido y degradado.

Por otro lado, en zonas húmedas y frías de los bosques templados de latitud alta, las bajas temperaturas anuales promedio propician la formación de suelos orgánicos muy ácidos. En ellos ocurre ataque químico de minerales que liberan complejos solubles orgánicos ligados con aluminio y hierro; en zonas planas inundables se forman turbas, suelos que acumulan con el tiempo gran cantidad de materia orgánica vegetal en diferentes grados de descomposición. Estos ambientes son susceptibles a la contaminación del agua con pesticidas que se asocian químicamente con los complejos órgano-metálicos. Se ha evidenciado este impacto cuando se hacen aplicaciones de glifosato para controlar malezas en plantaciones forestales situadas aguas arriba, por efecto de la escorrentía.

Los estudios sobre la adsorción, degradación y lixiviación del glifosato una vez entra a las plantas y al suelo, han permitido aplicar modelos de transferencia hacia las aguas superficiales y subterráneas que ponen en relación las propiedades físico-químicas con la adsorción o la lixiviación. En suma, las investigaciones han producido resultados orientadores, pero por la complejidad y variedad de los sistemas naturales, sigue la discusión sobre la persistencia del herbicida y sus metabolitos en los diferentes compartimentos, incluyendo el paso a los animales y al ser humano. En las Pampas argentinas se ha demostrado la acumulación y persistencia de glifosato y AMPA en los suelos, y la presencia de ambos compuestos en sedimentos, aguas superficiales y aguas subterráneas (Okada et al., 2018).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Un estudio sobre glifosato y AMPA en suelos agrícolas de Francia, mostró que una parte significativa del glifosato asperjado sobre cultivos de colza retornan al suelo con los residuos de las plantas (Mamy et al., 2016). La degradación del glifosato es mucho más lenta cuando se incorpora con el material de las plantas en comparación con el que cae directamente al suelo (Mamy et al., 2016). Esta comprobación debe ser tenida en cuenta a la hora de evaluar la persistencia del herbicida cuando la coca es asperjada y las hojas de las plantas desfoliadas caen al suelo. **La rápida descomposición del material orgánico en ambientes tropicales, puede poner nuevamente disponible el glifosato en los suelos y eventualmente liberarlo a las aguas por las lluvias intensas que caracterizan las regiones objeto del PECIG**.

En Europa y en Estados Unidos el uso de glifosato en cultivos agrícolas tecnificados permite hasta cierto punto alta precisión en el control de las aplicaciones que se realizan directamente en el terreno. Sin embargo, las restricciones son cada vez mayores y se imponen estrictas medidas de control siguiendo protocolos exigentes. Hoy en día se utilizan concentraciones cada vez más bajas, con tendencia a cero en el corto plazo. Para los grandes cultivos en Europa es prohibida la aspersión aérea; en Estados Unidos se hace bajo extremas medidas de seguridad, con protocolos precisos ordenados por la autoridad ambiental EPA.

Las medidas de control en países industrializados para plantaciones agrícolas, consideran condiciones específicas con rangos precisos de aplicación según condiciones climáticas locales reconocidas con estaciones meteorológicas, conocimiento detallado de suelos, tipo y estado de cultivos, formulaciones y concentraciones bajas del producto para cada región. Los protocolos dan información prácticamente quirúrgica en la aplicación del herbicida para grandes plantaciones. En el PECIG el planteamiento de aplicación es genérico para todos los núcleos en miles de hectáreas, sin ninguna especificidad acorde con las condiciones locales de suelo, agua y clima.

4.2.6 Aplicación de glifosato en suelos tropicales de selva húmeda

En contraste con los suelos de las zonas templadas y subtropicales, en los suelos tropicales donde se cultiva la coca la materia orgánica se mineraliza y desaparece rápidamente. Esto es debido a la intensa actividad biológica en ambientes oxidantes con alta temperatura y humedad. Los minerales reactivos se degradan dando productos de meteorización simples que son comunes a la mayoría de los suelos: arcillas ricas en aluminio (caolinitas y vermiculitas), óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio (hematita, goetita, gibsita) y minerales residuales no reactivos como el cuarzo. Los pH de los suelos son extremada a ligeramente ácidos (3,5 a 6,0); la CIC son bajas; son muy pobre en cationes básicos y fósforo disponible.

Con estas propiedades, los suelos son de baja calidad agrológica (clases agrológicas 5 a 8) y presentan toxicidad por aluminio. Las propiedades desfavorables resultan del empobrecimiento producido por la degradación de la materia orgánica y la alteración de los minerales, los suelos son lavados y pierden nutrientes en un ambiente agresivo con una alta tasa de meteorización.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Las propiedades anteriores son comunes para los suelos muy desarrollados de los órdenes de los ultisoles y oxisoles que predominan en extensas regiones del PECIG. Estos suelos ocurren sobre rocas de edad Terciaria ricas en arcillas del piedemonte y del lomerío Amazónico. También predominan en las altillanuras de la Orinoquia, a partir de sedimentos finos provenientes de ese mismo tipo de fuentes durante el Cuaternario. Durante el largo tiempo de exposición a la intemperie, han sido sometidos a intenso lavado por las lluvias.

Suelos poco desarrollados que pertenecen a los órdenes de los inceptisoles y entisoles ocurren en el piedemonte y en los valles aluviales actuales de clima húmedo a muy húmedo. A pesar de su estado incipiente de desarrollo que podría propiciar una mejor calidad agrológica, estos suelos han heredado los componentes de materiales muy meteorizados y son también de baja calidad con propiedades agrológicas desfavorables. En estos medios se establecen los cultivos de coca que no son exigentes en cuanto a calidad de los suelos, para el cultivo se deforestan áreas de selva o bosques de galería asociados al sistema de drenaje.

Las condiciones climáticas con lluvias torrenciales difíciles de prever, es solo uno de los factores impredecibles que tendría que enfrentar el programa. El PMAG del PECIG indica que cada aspersión debe ser planificada al detalle, estableciendo para cada campaña un PMAE. Si se tiene en cuenta que las misiones salen de bases aéreas localizadas lejos de las áreas de aspersión; que la autonomía de vuelo está limitada por la obligación de establecer el acompañamiento de las avionetas con helicópteros que vigilan la seguridad; que los campos en su mayoría son pequeñas parcelas de pocas hectáreas inmersas en las zonas selváticas, entremezcladas con vegetación del bosque, en otros casos vecinas a cultivos lícitos y comunidades humanas; que se debe hacer un muestreo de suelos y aguas con personal técnico de las instituciones encargadas, antes y un día después de la aspersión en zonas de difícil acceso y seguridad; que las condiciones del tiempo deben asegurar la ausencia de lluvias y baja velocidad del viento; que no debe haber cursos de agua en el campo, ni a 100 metros a la redonda; y que la precisión exigida en el programa es de 10 metros, entre otro factores, hacen el PMAE prácticamente imposible de cumplir.

Adicionalmente, **los argumentos que presenta el PECIG sobre la inocuidad de la aspersión aérea para justificar su aplicación, asegura sin fundamento objetivo y en contra de las evidencias, el bajo impacto del HBG**. En la documentación oficial de las agencias ambientales de Estados Unidos y Europa, el uso de glifosato se debe llevar a cabo con restricciones extremas en cuanto a baja concentración del producto, tipo de surfactante, modo de aplicación, debido a los impactos ya demostrados para el medio ambiente y la salud.

El PECIG plantea utilizar altas concentraciones, surfactantes de toxicidad probada en otras latitudes y aspersión por vía aérea con los riesgos de contaminación ambiental que conllevan. Para refrendar lo anterior, se puede contrastar la hipótetica operación quirúrgica planteada en el papel por el PECIG, con las condiciones reales del campo donde se pretende fumigar. **El uso masivo del pesticida en las aplicaciones concentradas que propone el PECIG, hace que exista alto riesgo para que los componentes del herbicida pasen a todos los compartimentos del geoecosistema**.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.2.7 Caso de estudio en suelos de Altillanura orinocense

Se presenta un caso de estudio que sintetiza la relación suelo-agua en la región de altillanura correspondiente a una porción importante del Núcleo 1 del PECIG (Gaviria, 1993; Gaviria y Faivre, 2006). Este estudio ordena los suelos en secuencias dentro del paisaje y pone en evidencia las modificaciones en sus propiedades en relación con los flujos de agua. Este conocimiento de procesos internos en los suelos es la base para entender el comportamiento del herbicida en cualquier tipo de suelo, de acuerdo con la discusión planteada en los numerales anteriores.

Los suelos cartografiados por el IGAC en los estudios generales que presenta el PECIG para la altillanura en Vichada y Meta (parte del Núcleo 1), se ordenan en las clases taxonómicas de oxisoles y ultisoles. La composición mineralógica de estos suelos desarrollados a partir de sedimentos aluviales antiguos es muy simple. Han sufrido una larga exposición al aire en diferentes condiciones de humedad que dependen de su posición topográfica en la altillanura, disectada progresivamente por el sistema de drenaje. La disección del paisaje ocurre con profundización de los niveles freáticos.

El caso más ilustrativo muestra una secuencia de suelos ricos en materiales arcillosos, sobre un interfluvio de la altillanura poco disectada al oeste del Departamento del Vichada (Figura 13):

En los suelos predominan los colores amarillo y rojo de óxidos de hierro cristalizados (hematita y goetita); los minerales arcillosos ricos en aluminio son abundantes (caolinita, vermiculita y gibsita); los materiales más gruesos son limos y arenas de cuarzo. En el presente caso, los suelos contienen 50% de arcillas en los horizontes superficiales, valores que se incrementan hasta 70% en los horizontes rojizos.

En los perfiles se establece de arriba hacia abajo conjuntos de horizontes de colores amarillo, amarillo rojizo, rojo amarillento y rojo. Los perfiles se van aclarando a lo largo de la secuencia hasta decolorarse por completo en la parte baja y en el fondo de los perfiles; cuando se alcanza el nivel freático, los suelos son grises con manchas rojizas de óxidos de hierro que precipitan y se endurecen formando pequeños nódulos conocidos con el nombre de “plintita” (ver suelo CO5 en la Figura 13).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

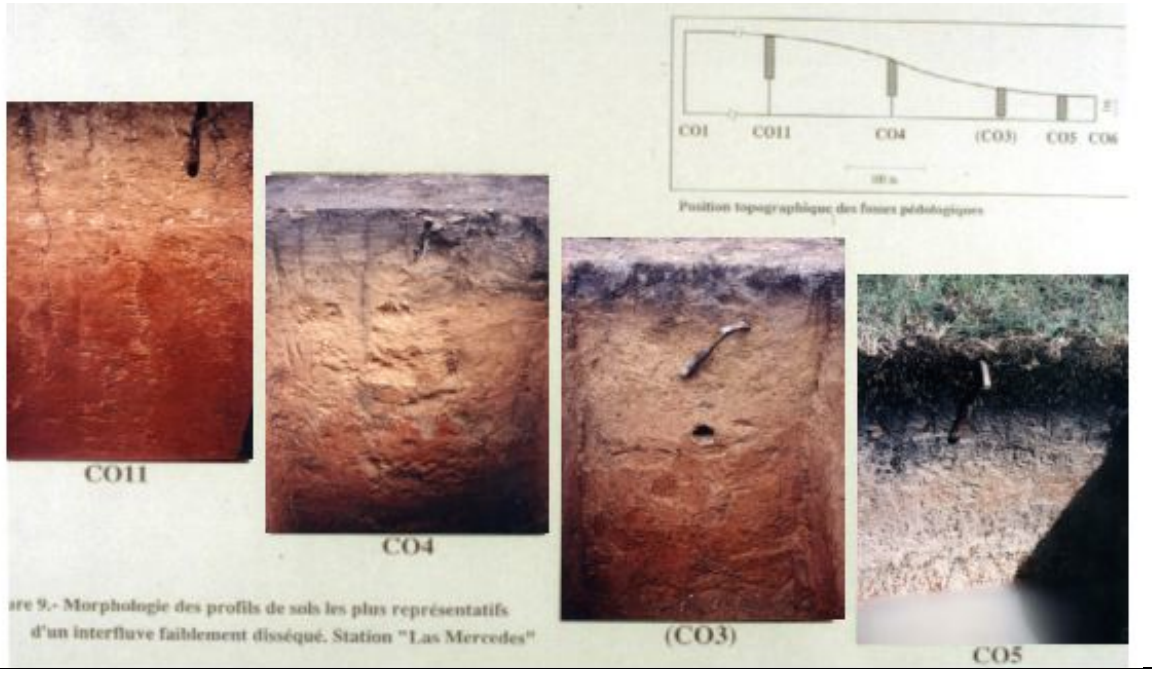


Figura 13. Secuencia de suelos sobre la altillanura poco disectada desde el centro hasta el borde de un interfluvio. Sector Las Gaviotas, Vichada.
Fuente: Gaviria (1993)

El clima actual de alta pluviometría tiene una estación seca a comienzos del año y una larga estación húmeda que deja excedentes hídricos importantes. El agua penetra y satura los suelos gracias a la estructura porosa de los materiales y la presencia de canales por donde circula el agua (Figura 14).

La topografía es casi plana en la mayor parte del área, pero existe una ligera disección del paisaje causada por el drenaje natural. En la parte baja de la secuencia, los suelos se saturan con agua, creando las condiciones reductoras propicias para la disolución de los óxidos de hierro. El hierro soluble se lava con las aguas o precipita formando nódulos de plintita, mientras la matriz de suelo se decolora a gris (Figura 14a).

La dinámica hídrica en los suelos se establece en el ciclo climático anual de la siguiente manera (Figura 14b):

La época de verano inicia con suelos secos y nivel freático bajo; con las primeras lluvias, en los suelos se da inicio al llenado de los poros en los horizontes superficiales; a medida que aumentan las precipitaciones ocurre infiltración a través de los canales verticales y el agua alimenta el nivel freático o tabla de agua permanente que se encuentra a varios metros de profundidad en la parte alta de la secuencia; con el avance de la estación húmeda, todos los espacios porosos se saturan y el nivel freático se acerca a la superficie; ocurre escorrentía sub-superficial que sigue los horizontes amarillos creando una tabla de agua suspendida sobre los niveles rojizos.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

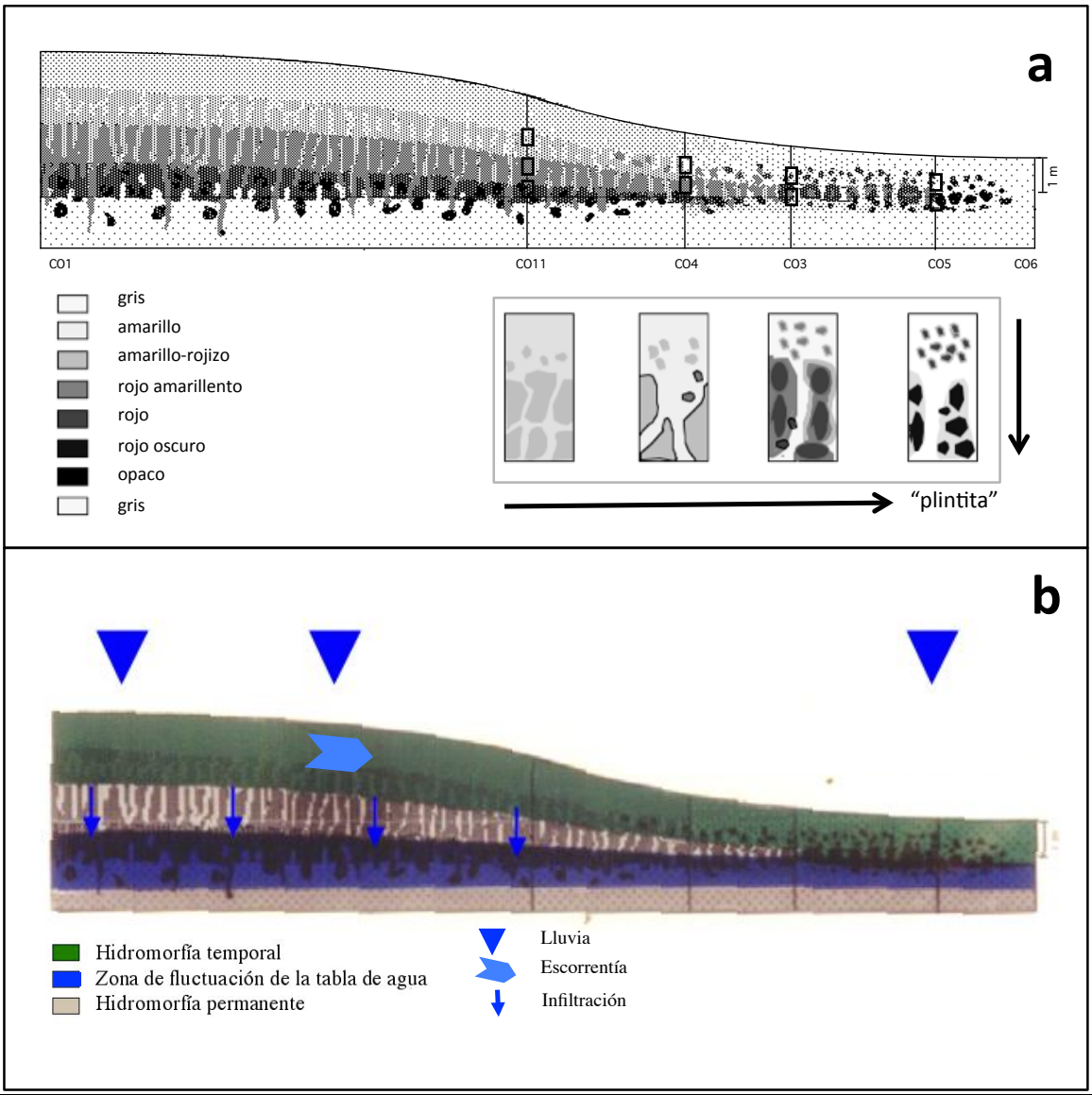


Figura 14. Secuencia de suelos arcillosos de altillanura poco disectada con clima cálido-húmedo. a) Estructura y color de los horizontes; detalle de los cambios en la estructura con segregación de hierro por incremento en la hidromorfía. b) Dinámica hídrica en el transecto: infiltración por canales verticales hasta alcanzar el nivel freático (hidromorfía permanente), saturación de los primeros horizontes y formación de una tabla de agua suspendida (hidromorfía temporal). En el período de lluvias ocurre escorrentía sub-superficial y ascenso del nivel freático; en el período seco ocurre infiltración, los suelos se secan y el nivel freático se profundiza.
Fuente: Gaviria, 1993; Gaviria y Faivre, 2006

El agua se descarga en la parte baja de la secuencia, espacio donde se unen la tabla superficial con la subterránea; los suelos sufren inundación durante varios meses del año. Estos suelos

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

hidromórficos acumulan materia orgánica en los primeros horizontes y son grises en la zona saturada.

El alto drenaje interno, a pesar de la textura arcillosa de los suelos, se explica por la intensa actividad de insectos sociales, principalmente hormigas y termitas, que generan una enorme porosidad, como se observa en secciones delgadas de suelo como una estructura granular. Los horizontes amarillos son los más trabajados por la fauna del suelo; los horizontes rojizos presentan micro-porosidad de origen biológico en canales alrededor de volúmenes menos trabajados y más compactos (Figura 10).

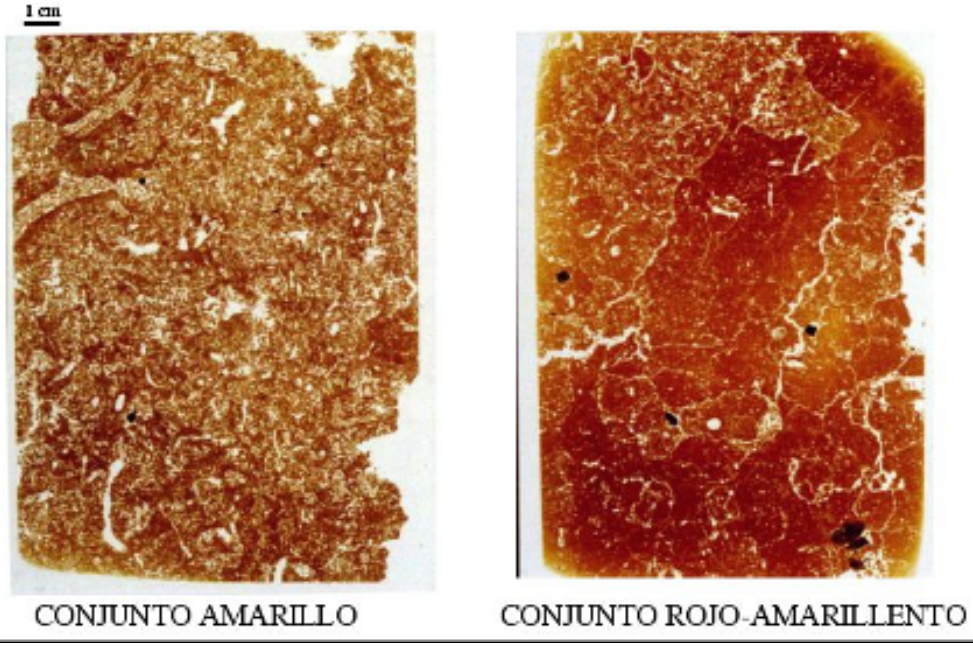


Figura 15. Efecto de la actividad biológica sobre la organización estructural de los suelos. En los horizonte amarillos los espacios vacíos están interconectados y el material es permeable. En los horizontes rojizos, se presentan canales de circulación separados por volúmenes más compactos menos permeables. Fuente: Gaviria, 1993

Esta secuencia de suelos se repite en grandes superficies del territorio de altillanura, con algunas variaciones en su funcionamiento hídrico que dependen de la condición climática de mayor o menor humedad regional; de la textura de los suelos (más o menos arcillosos; contenidos variables de limos y arenas); del grado de disección; de la posición de los suelos en el paisaje; de la extensión de las zonas planas inundables que forman los valles donde circula el agua.

La cartografía del IGAC refleja estas variaciones y organiza los suelos en agrupaciones taxonómicas basadas en la sistemática de la clasificación USDA que se representa en los mapas. No obstante, la asociación de suelos en agrupaciones generales no permite reconocer estas secuencias evolutivas, lo que dificulta la interpretación sobre el funcionamiento hídrico de los suelos que se expresa en los diferentes perfiles.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.2.8 Suelos de piedemonte, lomerío y valle en Amazonia y Orinoquia

En las áreas de piedemonte y lomerío de clima húmedo a muy húmedo con vegetación de bosque sobre rocas de textura fina de edad Terciaria, los suelos son menos profundos y están menos desarrollados que en la altillanura. Es el caso de la región sur del Vichada y el norte del Guaviare (Núcleo 1), y del piedemonte y la zona de lomerío del Caquetá (Núcleo 2). Los mapas indican, en general, limitaciones en el uso de suelos por pendiente y por excesos de agua, factores que favorecen la escorrentía. Se puede generar erosión, que es más activa en aquellas zonas que han sido deforestadas. Ocurren ultisoles en las cimas e inceptisoles en las pendientes de las colinas y lomas que contienen arcillas susceptibles a la erosión.

Los valles reciben los materiales transportados por las corrientes de agua desde las regiones montañosas, los piedemontes o localmente por la erosión lateral de los suelos de lomerío. En las planicies de los ríos o en los vallecitos de drenaje local, los suelos presentan hidromorfía temporal por escorrentía e hidromorfía permanente a poca profundidad. Durante las temporadas de mayores lluvias están sometidos a períodos de inundación.

Los suelos de los valles son principalmente inceptisoles y entisoles hidromórficos que se caracterizan por pobre desarrollo del perfil. Contienen horizontes claros o grises por el lavado continuo de hierro. En algunos casos, el abatimiento de los niveles freáticos da origen a horizontes con plintita por precipitación localizada de óxidos de hierro. Estos suelos acumulan en los horizontes superficiales material de descomposición vegetal que adquieren colores oscuros. El alto contenido en compuestos orgánicos contribuye a una mayor CIC que en los suelos minerales.

En este informe no se profundiza en el reconocimiento de las secuencias de suelos en estos paisajes. Para reconocer los efectos del glifosato en estos ambientes, los estudios del PECIG deberían elaborar transectos con base en la información sobre génesis y taxonomía a partir de los estudios de suelos del IGAC y otras fuentes disponibles. Se deben establecer topo-secuencias de suelos y estudiar las propiedades físico-químicas de los perfiles desde la superficie y en profundidad para descifrar su dinámica hídrica. **Los flujos de agua son el medio de transporte potencial del herbicida, valoración que no se tuvo en cuenta en la elaboración del PMA del PECIG. Solamente se consideró el horizonte superficial de suelos escogidos sin criterio de selección diferente a la de estar localizados dentro de un cultivo de coca**.

4.2.9 Riesgo de transferencia de glifosato/AMPA de los suelos al agua

Por la escala de trabajo, que para el caso del PECIG ha sido la general (1:100.000), es difícil reconocer las interrelaciones entre los suelos y su funcionamiento hídrico en el PMA. Sin embargo se reconoce en este informe que los procesos geoquímicos en los ambientes descritos siguen patrones comunes, aún con variaciones de las propiedades físico-químicas. Aplicando los modelos de adsorción y transferencia del glifosato al agua, se debería poder predecir, al menos cualitativamente, el impacto real del herbicida en los núcleos del PECIG. Lo anterior no se ha intentado seriamente en el PMA modificado, lo que deja serias dudas sobre la inocuidad del programa.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Los análisis del monitoreo de aguas ordenados en la Ficha 5 del PMA durante la vigencia del PECIG hasta 2015 no han estado disponibles y no se ha tenido acceso a los resultados. Solo un informe resumido del monitoreo de suelos presentado en el marco de los requerimientos de la sentencia T-236/2017 que se encontró en internet (IGAC, 2019), presenta para cada núcleo del PECIG los resultados promedio de análisis físico-químico, glifosato y AMPA en suelos: antes, 1 y 60 días después de la aspersión aérea. Este monitoreo se realizó al mismo tiempo que el de aguas, por lo que deben existir datos correlativos en ambos medios.

Para los núcleos 1 y 2 se analizaron 41 muestras de suelos en cada caso, recolectadas entre los años 2008 y 2015. **El análisis mostró que el promedio de los suelos contenía glifosato y AMPA, antes y después de la aspersión. Esta evidencia llama la atención pues está indicando que los suelos han acumulado tanto el herbicida como su metabolito de degradación y que estos productos persisten con el paso del tiempo**.

Aún sin reconocer si la fuente del herbicida son aspersiones locales realizadas por los cultivadores para el control de malezas en el cultivo, o si corresponden a acumulaciones generadas por aspersiones aéreas durante la vigencia del programa, es claro que las nuevas aspersiones con altas concentraciones de glifosato previstas por el PECIG puedan tener un efecto acumulativo y un alto riesgo de contaminación en los diferentes compartimentos del sistema: biota, suelo y agua.

Varios factores favorecen el paso del glifosato a las aguas de escorrentía y de infiltración en los suelos tropicales de piedemonte, lomerío, altillanura y valle. En general, la saturación de agua en los suelos durante largos períodos del año, crea condiciones químicas reductoras que son responsables de la movilidad del hierro y de la degradación de los minerales. De acuerdo con los modelos de adsorción y transferencia en los suelos, estos procesos físico-químicos pueden influir notablemente en el comportamiento del herbicida (Dollinger et al., 2015).

Si se asperjan con glifosato suelos de la parte superior de la altillanura, estos pueden adsorber el herbicida, fijarlo y degradarlo parcialmente para producir AMPA. El pH ácido, el alto contenido en arcilla, óxidos de hierro y aluminio, son factores que favorecen este proceso. Sin embargo, la mayor parte de esos suelos se encuentran cubiertos por vegetación de sabana y sufren largos meses de sequía que dificultan el establecimiento de los bosques y eventualmente de los cultivos de coca. Por lo tanto, en el paisaje de altillanura las plantaciones se localizan en las franjas cubiertas por bosques de galería asociados a los cursos de agua, sobre suelos donde la fluctuación del nivel freático permite la alimentación con agua para las plantas en épocas secas. Los cultivos se hacen en parcelas de pocas hectáreas que se abren en medio del bosque.

En estos ambientes, el glifosato puede sufrir desorción o pasar directamente al agua en los períodos de saturación hídrica, y moverse por escorrentía sub-superficial o por infiltración hasta alcanzar el nivel freático. En los suelos de lomerío puede ocurrir algo similar, pero con un transporte más rápido del herbicida en solución con las aguas de escorrentía superficial. **Los estudios del transporte del herbicida han demostrado la presencia de glifosato y AMPA en los sedimentos de fondo en zonas inundadas**. Esos aportes pueden provenir directamente de la erosión de los suelos contaminados con el herbicida y/o del transporte en suspensión ligado con las arcillas.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En los valles de los ríos y los sistemas de drenaje, los suelos inundables conservan materia orgánica y pueden ser receptores del herbicida y sus productos de degradación. Las condiciones climáticas con frecuentes lluvias torrenciales, pueden transportar el herbicida, ya sea sobre el suelo por drenaje externo rápido, o al interior del perfil hacia las aguas freáticas por infiltración a través de la porosidad, antes que se adsorba o se degrade (ver Figura 6).

La liberación de iones de hierro, aluminio y la abundancia de compuestos orgánicos son condiciones ideales para que parte del glifosato y su metabolito AMPA pasen del suelo a las aguas en forma de complejos órgano-metálicos. Este efecto de acumulación química se pudo comprobar en el caso de estudio de suelos inundables del Casanare presentado en el numeral 4.3.8.

Si bien no es un aspecto abordado en profundidad en el presente informe, vale la pena anotar que desde la química orgánica, también se da una gran incertidumbre por la complejidad involucrada en la adsorción del glifosato. La adsorción es un fenómeno de superficies sobre el cual diferentes parámetros fisicoquímicos influyen a favor o en contra de la interacción entre soluto y superficie. El glifosato puede interactuar con materia orgánica presente en el suelo debido a que en la composición de ésta se encuentran moléculas con grupos funcionales como –OH, -NH2, -CONH2, -COOR, -COOH, grupos que son necesarios para generar interacciones tipo enlace de hidrógeno con la estructura del glifosato, ya ella se encuentra conformada por grupos como (R-NH), ácido (R-COOH) y fosfato (R-POOOH2).

En teoría se podría pensar que en la mayor parte del área, las clases de suelos identificados cumplen con los requisitos de los modelos para la adsorción y degradación del herbicida y su pretendida inactivación. Sin embargo, la intensidad y la forma de circulación del agua en estos suelos, debido a sus características físicas y químicas que no ocurren en suelos agrícolas de clases 1 a 4, hace necesario reconocer los perfiles de suelo a mayor profundidad y no solamente evaluar la presencia del glifosato en los primeros centímetros como propone el PECIG.

Los modelos aplicados a suelos agrícolas y forestales de climas templados que establecen la intensidad de la adsorción y transferencia del herbicida a las aguas deben revisarse cuando se aplican a los suelos tropicales de ambiente húmedo en Colombia. La incertidumbre frente a los modelos y conceptualizaciones usados por la DIRAN en el PMA es comprobada cuando se comparan los valores de la DIRAN con un universo de valores que incluye suelos de diferentes partes del mundo, como se verá en el siguiente numeral.

4.2.10 Falencias del PMAG en relación con la química del glifosato

La primera falencia del PECIG es justificar la aspersión aérea con HBG, desconociendo las numerosas investigaciones que demuestran efectos perjudiciales para la salud y el medio ambiente. Justifica su aplicación con la declaración que se aplica con las recomendaciones dadas por los fabricantes y aprobadas por las autoridades sanitarias colombianas.

El PECIG hace caso omiso de la clasificación del glifosato en el grupo 2A de riesgo para la salud como probable cancerígeno del IARC-OMS. Intenta minimizar el efecto negativo para la salud, apoyado con estudios científicos presumiblemente ordenados por las mismas empresas productoras del

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

herbicida desvirtuando estudios de científicos independientes de todo el mundo en los que se demuestra lo contrario.

En contravía con la tendencia en los países desarrollados de eliminar a corto plazo la aplicación de glifosato en la agricultura y en otros usos de control de malezas, el PECIG plantea continuar la aspersión aérea con glifosato y aplicar dosis hasta 40 veces superiores a las permitidas hoy en día en Europa.

El PMA modificado no resuelve las preguntas planteadas por la sentencia T-236/2017 respecto al impacto del herbicida sobre los ecosistemas de selva tropical, suelos y aguas en las regiones previstas para el PECIG. La evaluación realizada en esta consultoría reconoce efectos biogeoquímicos de riesgo en los suelos de los núcleos 1 y 2.

La información de los resultados del programa de monitoreo ambiental no es clara (Ficha 5); los informes de aguas y suelos son documentos públicos que deberían estar a disposición, lo que no ha sido el caso.

De la información extraída de un documento resumido del monitoreo de suelos del IGAC (2019), se evidencia contaminación y persistencia de glifosato y AMPA en todos los suelos del PECIG entre 2008 y 2015. Aunque no conocemos los análisis de aguas, las altas dosis de glifosato previstas y las propiedades de los suelos que determinan su relación con las aguas de escorrentía e infiltración, hacen prever los siguientes probables efectos:

- persistencia del glifosato (G) en suelos ligado a arcillas
- persistencia del G en suelos ligado a óxidos de hierro y aluminio
- acumulación de G en hojas de coca y de vegetación nativa asperjadas
- contaminación de suelos con surfactantes
- degradación parcial de G y formación del metabolito AMPA
- desorción de G por disolución de hierro de la zona saturada
- transporte de G/AMPA ligado a arcillas en suspensión acuosa
- transporte de G/AMPA ligado a materia orgánica en aguas
- transporte G en solución con las aguas de escorrentía

Estos riesgos de contaminación de suelos y aguas no se han analizado en el PMA. Se aplica un modelo de adsorción de glifosato con información de suelos de otras latitudes sin precisar los criterios de selección y no se discute con la información existente, el eventual comportamiento del herbicida en las condiciones ambientales del medio colombiano del PECIG.

La aplicación de aspersión aérea se presenta como una operación quirúrgica que se realiza milimétricamente en el territorio, cumpliendo con todos los requisitos del protocolo de seguridad para la salud y el medio ambiente, con afectación mínima de los suelos y de las aguas, con deriva mínima y deviación menor a 10 metros.

En la operación, las variables involucradas en la aplicación del PMA específicas para cada lugar, son en la práctica imposibles de cumplir por la logística, la seguridad, la variación impredecible de las condiciones climáticas, el tamaño de las parcelas, el entorno selvático alrededor de los cultivos, la

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

dificultad en la toma de muestras representativas, y muchos otros factores no controlables en las condiciones reales.

En conclusión, **el PMA modificado que presenta el PECIG no cumple con incluir una evaluación técnicamente sustentada, desde el punto de vista de la química de suelos y aguas**, del impacto ambiental y en la salud pública ni considera el riesgo de contaminación en suelos, aguas y biota, así como para la salud humana debido a las altas dosis previstas de glifosato en la aspersión aérea.

4.2.11 Metaanálisis preliminar de características de suelos en Latinoamérica y el mundo y su relación con la adsorción

La DIRAN considera frecuentemente en el PMA para el PECIG que el glifosato tiene comportamiento de adsorción lineal, soportados en una base de datos insuficiente para cualquier tipo de análisis estadístico, máxime en un tema de tanta complejidad como lo es el comportamiento del glifosato en suelos. Consideramos insuficiencia debido a que: i) los datos reportados no son de suelos colombianos y tampoco poseen características similares, ii) el número de muestras de la base de datos presentada es de 20, cantidad muy baja para un análisis confiable, iii) No existe análisis de parámetros importantes para determinar el comportamiento de ésta molécula en el suelo como capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de hierro, aluminio, fósforo y arcilla, propiedades que fueron descritas en la sección *–propiedades del suelo que determinan el camino del glifosato-.*

Ante la evidencia de inconsistencias y omisiones respecto a las características de los suelos en aspectos fundamentales para entender la eventual contaminación de suelos y aguas por glifosato, TERRAE hizo la revisión de treinta (30) artículos de estudios en suelos americanos, europeos y asiáticos que evalúan cómo es el comportamiento del glifosato al entrar en contacto con el suelo. Con los datos encontrados en dichos artículos y los reportados por la DIRAN en el PMA se generó una base de datos robusta (184 datos) sobre los parámetros implicados en la adsorción del herbicida. Esta tabla se sometió a un tratamiento de datos en el que se graficaron para verificar lo concluido en el PECIG. Ver Tabla de Anexo 2.

Los datos en color verde son los reportados por la DIRAN en el PMA, los datos de color gris son de suelos de Europa, Norteamérica y de Asia, los datos naranja son de suelos de Latinoamérica, los datos en color rojo son de suelos colombianos recabados por Terrae y los datos azules son datos generados a partir de parámetros medidos por el IGAC en campo entre los años 2008 y 2015 en los seis núcleos del PECIG[4]. En la diagonal se encuentra los parámetros evaluados. En el eje horizontal por columna se tienen los valores de cada parámetro que se encuentre en ella y en el eje vertical el parámetro que se encuentre en la fila.

Antes de mostrar el consolidado del análisis de todas las propiedades usadas, se ilustra la tipología de análisis con el parámetro pH, donde se observa que los valores para las muestras

[4] Datos Kf y nf han sido generados teniendo en cuenta la fórmula empírica de el artículo Dollinger et al (2015) que que considera parámetros como el pH, la capacidad de intercambio catiónica y el porcentaje de arcilla.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

latinoamericanas (color naranja) se encuentran en un rango menor a siete (7) pero mayor a cuatro (4), para las muestras **colombianas** (rojas y azules) se encuentran en el rango de 4 a 5, típicos valores de suelos ácidos que predominan en el país y las muestras reportadas por la DIRAN en el PMA (verdes) se encuentran por lo general en valores mayores de seis (6). Como se puede observar los valores de pH de las muestras sobre los que la DIRAN se soporta para entender cómo se comporta el del glifosato en el fenómeno de adsorción con suelos colombianos se encuentra generalmente por encima de los valores de pH que exponen los suelos latinoamericanos y el pH de los suelos de Colombia no se encuentra en el rango de pH de EFSA usado por la DIRAN.

Las gráficas de correlación se construyen comparando para cada muestra tomada diferentes parámetros medidos, es decir, cada uno de los puntos graficados representa un muestra en la que se compara en el eje **x** una de las variables contra otra variable medida o estimada en el eje **y**. Por ejemplo, en las siguientes figuras se compara K*f* contra pH (en la primera figura) y CIC (capacidad de intercambio catiónico) contra TOC (Carbono total orgánico). Cada una de ellas con su respectiva particularidad en cuanto a la forma en que se distribuyen en el gráfico e implícitamente la posibilidad de establecer una relación (con capacidad de predicción) entre las variables. Esto último es particularmente importante en este caso puesto que se podría establecer una fórmula para estimar K*f* y n*f* (con proceso riguroso para su estimación) que dependa de parámetros fáciles de estimar en laboratorio.

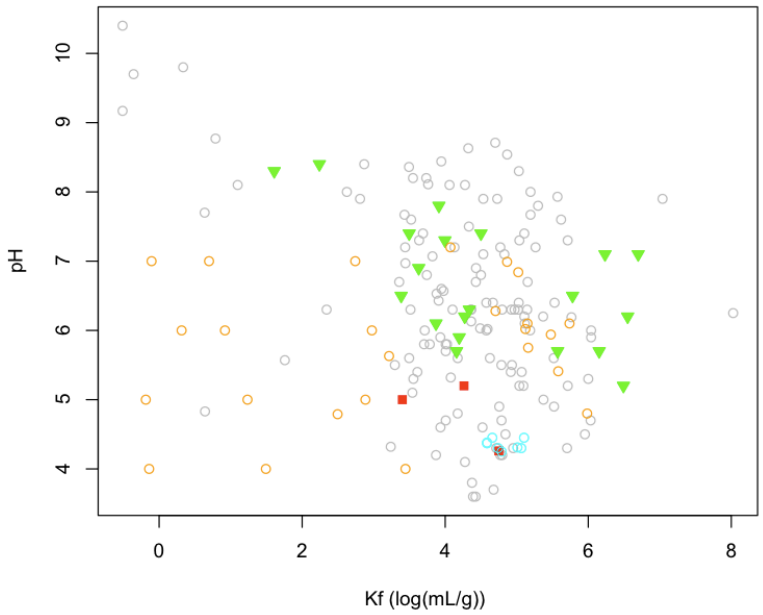


Figura 16. Correlación entre Kf y pH de muestras de suelo. En colores la procedencia de las muestras (verdes son los reportados por la DIRAN en el PMA; grises son de Europa, Norteamérica y de Asia; naranja son de Latinoamérica; rojo son de suelos colombianos recabados por Terrae y los datos azules son datos generados a partir de parámetros medidos por el IGAC en campo entre los años 2008 y 2015 en los seis núcleos del PECIG). Nótense la gran dispersión de datos y la total no coincidencia de los datos del PMA (verdes) con los suelos colombianos (azules y rojos)
Fuente: Elaboración propia

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Por ejemplo, al analizar la anterior gráfica (figura 14) se puede ver que los datos se encuentran distribuidos en toda el área. De hecho, se puede ver que cada uno de los puntos resaltados en color, que serán detallados más adelante, se tienden a agrupar en puntos diferentes de la gráfica, conformando zonas con rangos específicos de valores probables. Por tanto, no se puede ver una tendencia clásica de incremento o decremento de K*f* a medida que se incrementa el pH.

Caso contrario a la siguiente gráfica en donde se puede ver que los puntos parecen agruparse entorno a una línea, con lo que se puede concluir que de las muestras indican que a medida que se incrementa la CIC se incrementa la TOC. Dicha relación es aún más marcada para el caso de las muestras resaltada en color naranja que para los de color gris. Esto indica que un suelo con mayor porcentaje de carbono orgánico total tiene más puntos con carga negativa donde puede canjear cationes intercambiables por moléculas de glifosato.

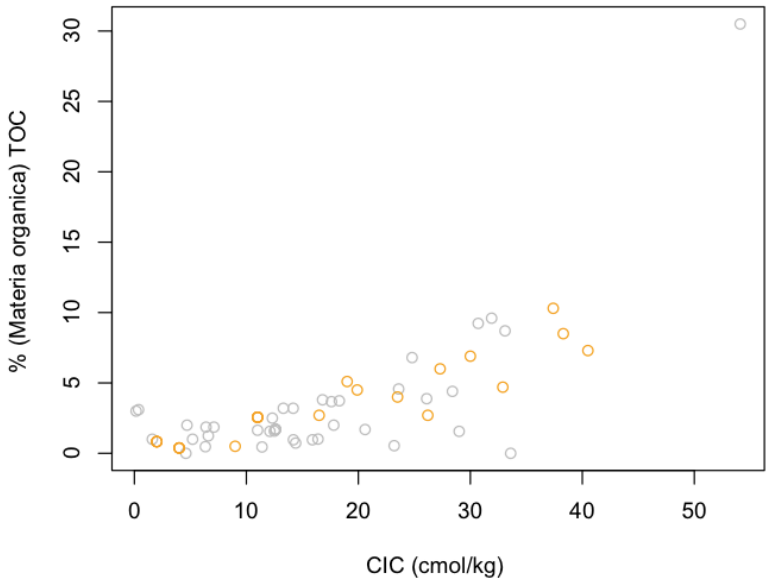


Figura 17. Correlación entre CIC (capacidad de intercambio catiónico) y TOC (Materia Orgánica). En colores la procedencia de las muestras (grises son de Europa, Norteamérica y de Asia y naranja son de Latinoamérica). Nótese la tenencia a que a medida que se tienen mayores valores de CIC también aumentan los valores de TOC.
Fuente: Elaboración propia

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

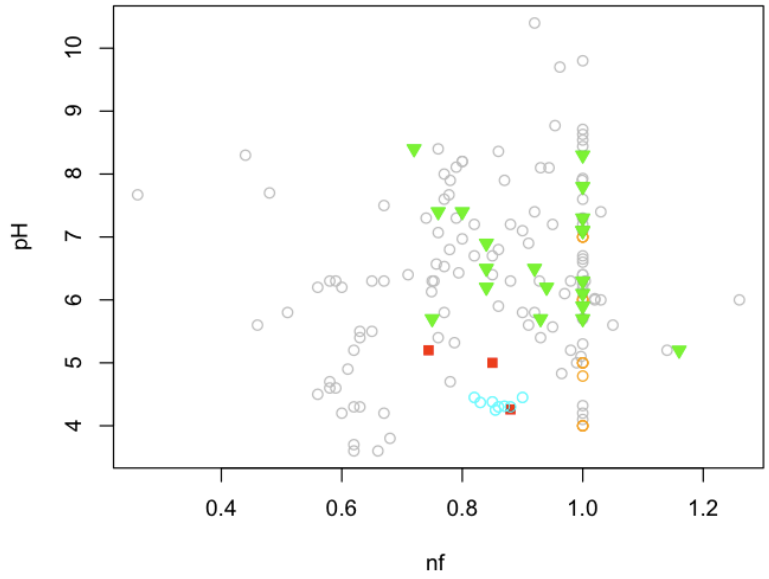


Figura 18. Correlación entre nf (número de Freundlich) y pH. En colores la procedencia de las muestras (verdes son los reportados por la DIRAN en el PMA; grises son de Europa, Norteamérica y de Asia; naranja son de Latinoamérica; rojo son de suelos colombianos recabados por Terrae y los datos azules son datos generados a partir de parámetros medidos por el IGAC en campo entre los años 2008 y 2015 en los seis núcleos del PECIG). Nótense la gran dispersión de datos y la total no coincidencia de los datos del PMA (verdes) con los suelos colombianos (azules y rojos)
Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la gráfica en n*f vs* pH (figura 18) se puede observar que algunos datos se encuentran agrupados en diferentes regiones de la gráfica. Los datos que la DIRAN reporta (verdes) se encuentran entre los rangos de n*f* entre 0,7 y 1,2 y pH entre 6 y 9, los datos generados a partir de parámetros medidos por el IGAC (azules) se encuentran en los rangos 0,8-0,9 para n*f* y 4-5 para pH, agrupados en forma de nube, lo que indica que no poseen una dispersión alta, es decir, que no se encuentran tan alejados unos de otros y por tanto exponen una tendencia.

Contrario a esto los datos grises se encuentran en los rangos 0,2-1,2 para n*f* y 3-10 para pH, lo que indica que los datos se encuentran muy dispersos o distribuidos en toda la gráfica, y por tanto no se encuentra tendencia en ellos, lo que se traduce en que no se puede predecir si a un determinado valor de pH el glifosato puede ser adsorbido o no.

De igual forma, en algunos casos la tendencia lineal, puede estar orientada verticalmente (u horizontalmente), como es el caso de la figura anterior en donde se puede ver que el común de los datos verdes es tener un n*f* de 1 sin importar el pH. Esto se debe en particular al tipo de modelo de adsorción considerado (lineal o de Freundlich) en donde, se construye una gráfica de correlación entre concentración soluto en agua contra cantidad de soluto adsorbido en un suelo (mayor detalle ver sección en donde se detalla los modelos o tipos de curvas que existen).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

El cruce de dos parámetros permitió identificar incertidumbres, por lo cual se procedió a graficar las relaciones de todas las características, tanto las generadas para la elaboración de este informe como la constante Kf y el número de Freundlich (nf) como las tomadas directamente en los suelos estudiados tales como el potencial de hidrógeno (pH), el porcentaje de hierro (%Fe), el porcentaje de aluminio (%Al), el porcentaje de fósforo (%P), el porcentaje de arcilla (%clay), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el carbono orgánico total (TOC), para tener la siguiente figura.

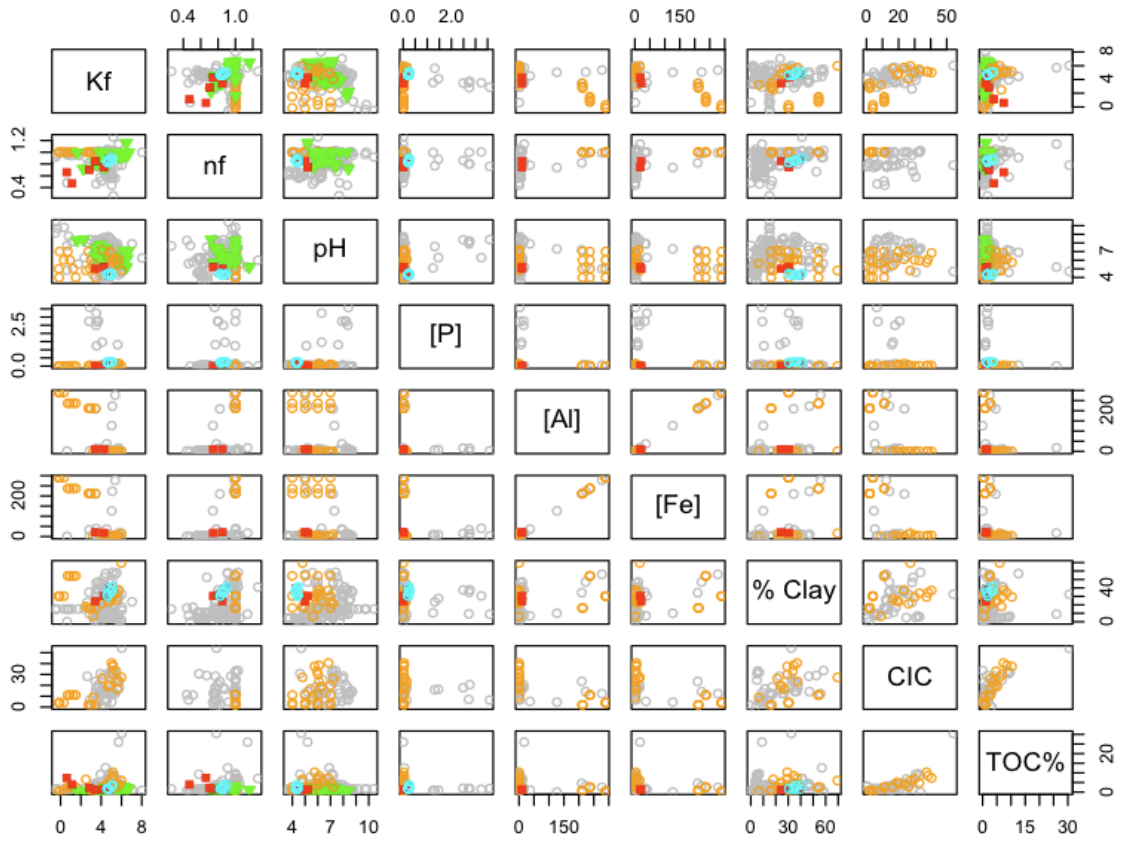


Figura 19. Gráfica de correlaciones entre parámetros Kf: capacidad de adsorción máxima (constante de Freundlich), nf: parámetro que controla la curvatura del modelo de Freundlich, pH, P: porcentaje fósforo, Al: porcentaje de aluminio, Fe: porcentaje de hierro, Clay: porcentaje de arcilla, CIC: capacidad de intercambio catiónico, TOC: Carbono orgánico total. Nótese la gran dispersión de datos en todos los parámetros de suelos.
Fuente: Elaboración propia

De este primer análisis es evidente que hay una gran dispersión en los datos (los puntos no siguen casi en ningún caso tendencias claras sino que se agrupan como nubes). De igual manera, puede verse que parámetros el pH y el porcentaje de arcilla (% clay) han sido medidos en la mayor parte de estudios consultados por lo cual existen gran número de puntos en las gráficas, mientras que el porcentaje de hierro o el de aluminio muestran muy pocos puntos, lo cual indica la situación contraria de pocas mediciones en los suelos.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Para mostrar un análisis centrado en los parámetros con mayor número de datos, a continuación, se excluyen los parámetros porcentaje de hierro (%Fe), porcentaje de aluminio (%Al) y porcentaje de fósforo (%P) y se muestran en la siguiente figura.

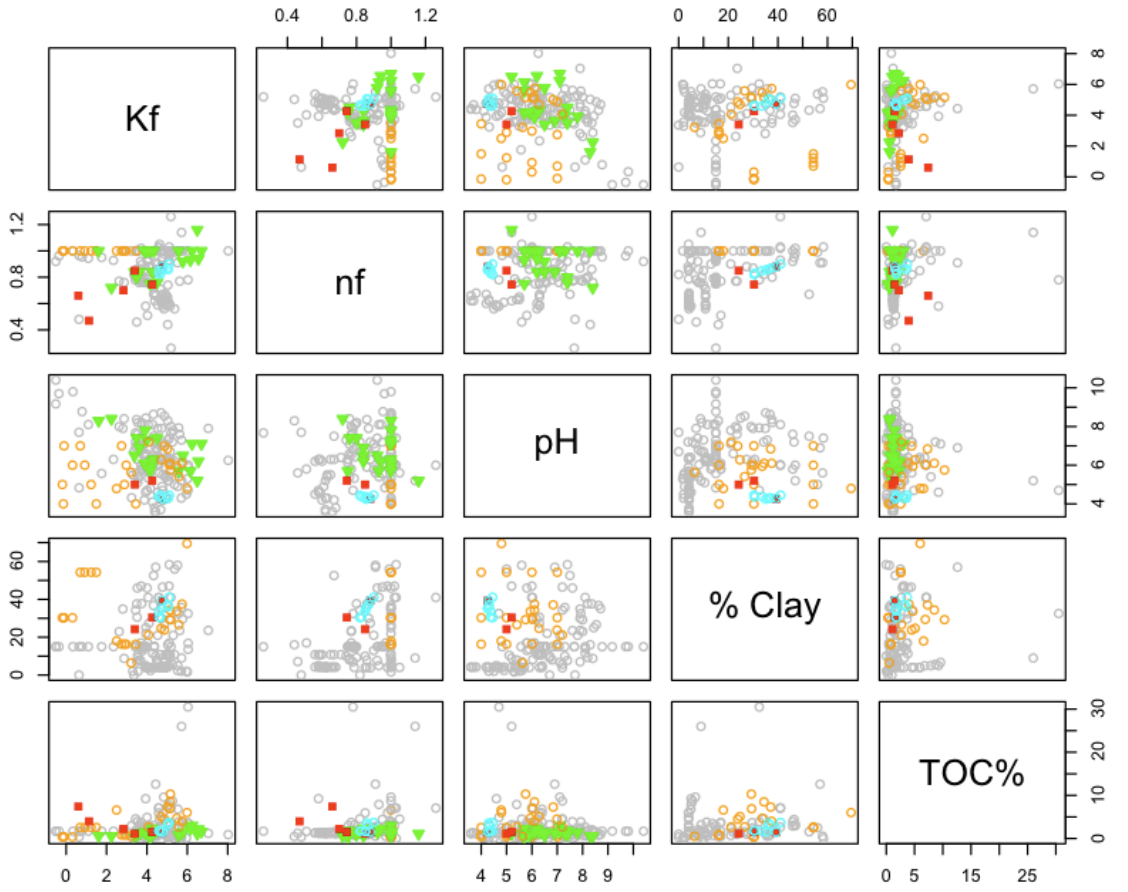


Figura 20. Correlación de parámetros Kf: capacidad de adsorción máxima (constante de Freundlich), nf: parámetro que controla la curvatura del modelo de Freundlich, pH, Clay: porcentaje de arcilla, CIC: capacidad de intercambio catiónico, TOC: Carbono orgánico total. La dispersión de los datos hace imposible tipificar el comportamiento del glifosato en su interacción con los suelos.
Fuente: Elaboración propia

En las gráficas de la figura 20 también se observa alta dispersión de los datos por lo que no es posible determinar cuál es el comportamiento del glifosato al entrar en contacto con él, qué parámetros afectan en mayor o menor proporción la interacción entre el herbicida y el suelo. En las gráficas es evidente la ausencia de tendencias, es decir que no se encuentra correlación alguna entre los parámetros. De esto se puede inferir que **el comportamiento del glifosato es particular para cada tipo de suelo, es decir, que para entender el comportamiento del herbicida en el fenómeno de adsorción es necesario realizar ensayos sobre el suelo en que será aplicado o de los contrario las conclusiones basadas en datos de suelos ajenos puede llevar a deducciones erradas**.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Los valores como los del parámetro de Freundlich (n*f)* que reporta la DIRAN en el PMA se encuentran en un rango de 0,7 a 1,2, valores que indican que el glifosato no es adsorbido completamente por el suelo (valores menores a 1) o se adsorbe a gran velocidad (valores mayores a uno). En el primer caso, el glifosato puede migrar directamente por lixiviación a las aguas superficiales y en el segundo, indica una alta probabilidad de transporte de glifosato por adsorción a sedimentos. Para que estos datos expongan un comportamiento lineal es necesario que los datos tengan valores de del parámetro de Freundlich n*f* iguales a uno (1), por tal motivo la conclusión que hace la DIRAN en el PECIG se contradice con los valores usados en el PMA.

A pesar de no ser clara ninguna tendencia, se puede ver que los datos de suelos latinoamericanos (naranjas) se agrupan en diferentes zonas de las gráficas de K*f* contra pH (columna1, fila 3) y n*f* contra pH (columna2, fila3), de estos grupos se puede observar que la adsorción (K*f)* de los datos latinos tiende a presentar bajas adsorciones y valores de nf menores de 1 (con límite en la sorción), es decir, que **el glifosato asperjado que llega al suelo no es retenido en gran cantidad y por tanto éste residuo tiene alta probabilidad de llegar a aguas subterráneas y cuerpos de agua superficiales por lixiviación u otros mecanismos de transporte**. Éste comportamiento se predice en parte a partir de los datos del IGAC (azules) los cuales presentan K*f* del orden de 115,4 y nf del orden de 0,88.

Basados en los análisis realizados (datos en Anexo 2) no se encuentra relación alguna entre los parámetros fisicoquímicos de los suelos presentados en el PMA del PECIG y los de los suelos Colombianos, razón por la cual **existen una alta incertidumbre respecto al comportamiento que presentará el glifosato en suelos y agua en Colombia. Las presunciones que se asumen por parte de la DIRAN acerca de la inocuidad del glifosato aspersado no se basan en evidencia objetiva ni en datos que correspondan a la realidad de los suelos colombianos**. Si bien el análisis realizado por Terrae no tiene todos los datos existentes para suelos en Colombia, sí muestra resultados como la casuística de la interacción glifosato – suelos – aguas subterráneas y muestra metodologías que permiten acercarse mejor al entendimiento del impacto ambiental de la aspersión aérea.

4.3 Evaluación del componente edafológico (suelos)

4.3.1 Consideraciones generales

A continuación, se exponen aspectos que enmarcan la revisión del componente edafológico en el Plan de Manejo Ambiental (en adelante PMA), con relación a la normativa ambiental y al alcance de los análisis.

4.3.1.1 Marco normativo para el componente edafológico

La reactivación del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos por aspersión aérea de Glifosato (PECIG) está sujeta, en el marco legal, a la Sentencia T-236 de 2017, por medio de la cual se establecen los requisitos que debe presentar la modificación del Plan de Manejo Ambiental (Policía Nacional - Dirección de Antinarcóticos, 2020), reestructurando y complementando el PMA

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

preexistente (Dirección Nacional de Estupefacientes - DIRAN, 2003). En relación con el principio de precaución la Sentencia T-236 establece que:

> *"El Consejo Nacional de Estupefacientes solo podrá modificar la decisión de no reanudar el PECIG, cuando haya diseñado y se haya puesto en marcha, por medio de las medidas legales y reglamentarias que sean pertinentes, un proceso decisorio con las siguientes características mínimas: …*
>
> *2. La regulación debe derivarse de una evaluación del riesgo a la salud y otros riesgos, como el riesgo al medio ambiente, en el marco de* ***un proceso participativo y técnicamente fundado****. Este proceso de evaluación deberá realizarse de manera continuada." PMA, Cap. 1, p. 30; Sentencia T-236: parte resolutiva, ordinal cuarto."*

El nuevo PMA, se enmarca adicionalmente dentro de los Términos de Referencia (TDR) propuestos por la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, 2019), los cuales deben estar sujetos a su vez a la normativa ambiental colombiana. En este sentido, para las consideraciones que se presentan aquí, sobre la información provista para el componente suelos, es necesario considerar aspectos de la Constitución Nacional de Colombia, la Sentencia C-710 de 2001, la Ley 99 de 1993, el Decreto 2041 de 2014 y la Ley 1753 de 2015.

Según la ANLA, los TDR se orientan según un modelo normativo que justifica requerimientos de carácter general para PMA del PECIG:

> *"Considerando la solicitud de la Policía Nacional, mediante oficio 2019094252-1-000 del 8 de julio de 2019 y en el marco del artículo 28 de la Ley 1755 de 2015, se elaboran los presentes Términos de Referencia para la modificación del Plan de Manejo Ambiental General – PMAG del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos, en adelante el Estudio." TDR, p. 9.*
>
> *"Presentar el mapa de suelos, el mapa de capacidad de uso del suelo (clasificación agrológica), el mapa de uso actual y el mapa de conflicto de uso del suelo a escala 1:100.000 o más detallada de ser posible. TDR, Cap. 3.5.1, p. 38."*

Comentarios

La información requerida por la ANLA es insuficiente en el marco de la complejidad ambiental que implica el PECIG: a escala 1:100.000 las unidades cartográficas (de la clasificación agrológica) y taxonómicas no reflejan la variabilidad espacial de tipos de suelos. Como consecuencia, no se sabe dónde están localizados suelos con propiedades clave que podrían influenciar el destino ambiental del glifosato (**ver 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) que incluyen su paso a aguas superficiales o subterráneas.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Por otro lado, los productos cartográficos que requiere la ANLA, como el uso actual y potencial, son generados a partir de clasificaciones orientadas al uso agrícola y no brindan información explícita enfocada al destino del glifosato en suelos y aguas (**ver 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. **y 4.3.7**) ni sobre los servicios ecosistémicos que prestan los diferentes tipos de suelos (MADS, 2016), que serían de importancia para establecer prioridades de conservación. Adicionalmente, no pide siquiera análisis ni modelos -incluso conceptuales- que soporten las metodologías cualitativas de la evaluación ambiental (**ver 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Al examinar la norma, sin embargo, se encuentra que la mencionada Ley 1753 de 2015 se ocupa de "regular el Derecho Fundamental de Petición y sustituir un título del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo", y que su Artículo 28 no tiene relación con la normativa ambiental. Por consiguiente, se interpreta la referencia a la Ley 1753 de 2015, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país", como la que faculta la presentación de estudios de carácter general para el licenciamiento ambiental (Artículo 28):

> *"La Agencia Nacional de Hidrocarburos, como responsable de la administración integral de las reservas y recursos de hidrocarburos propiedad de la nación**,** adoptará reglas de carácter general conforme a las cuales podrán adecuarse o ajustarse los contratos de exploración y explotación, y los contratos de evaluación técnica en materia económica, sin que bajo ninguna circunstancia se puedan reducir los compromisos de inversión inicialmente pactados."* (subrayados fuera de texto)

No obstante, estos requerimientos generales -por ejemplo, de cartografía a escala 1:100.000- para el licenciamiento ambiental, son explícitos para el sector de hidrocarburos. Su modificación o extensión, en consideración del principio de legalidad y la Sentencia C710 que dicta que "*no existe facultad, función o acto que puedan desarrollar los servidores públicos que no esté prescrito, definido o establecido en forma expresa, clara y precisa en la ley",* no es facultad de la ANLA.

Los TDR exigen, además, otros tipos de información que se debe presentar:

> *"Los sitios de muestreo deben georreferenciarse y justificar su representatividad en cuanto a cobertura espacial y temporal, para establecer una estrategia de monitoreo que permita el seguimiento de los medios abiótico, biótico y socioeconómico." TDR, Cap. 2.10.2, p. 25.*

> *"Establecer con claridad la secuencia de toma de muestras para los muestreos de agua y de suelo (antes de la aspersión, inmediatamente después, y periodos de tiempo posterior a la aspersión, entre otros) y presentar los protocolos establecidos. TDR, Cap. 2.10.2, p. 25 y 27.* (subrayados fuera de texto)

Siguiendo estas especificaciones se plantea el PMA con base en conocimientos acumulados:

> *"En aplicación del principio de precaución y, acorde con lo dispuesto por la autoridad ambiental (ANLA), se han adoptado medidas que actualizan el Plan de Manejo Ambiental … bajo el conocimiento de los efectos y resiliencia del medio, adquirido en la práctica de la*

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

aplicación del glifosato en la agricultura y los estudios científicos realizados por organizaciones internacionales y nacionales, por los cuales se autoriza la importación, formulación y uso del ingrediente activo y el coadyuvante." PMA, Cap 1, p. 36. (subrayados fuera de texto)

Comentarios

La **representatividad en el dominio espacial** para el monitoreo se debe reflejar en un diseño de muestreo que cubra las zonas intervenidas de forma espacialmente "uniforme" o bien distribuida (e.g. Walvoort et al., 2010). La **representatividad temporal** significa, según el PMA, que se debe muestrear antes, inmediatamente después y con regularidad posteriormente; sin embargo, se debería tener en cuenta también la variabilidad estacional en cada territorio. Para el caso de suelo, se debe incluir además **representatividad del dominio de propiedades** (A. Zhu, 1997; Zhu et al., 2001), que para el caso significa, abarcar la variabilidad de propiedades del suelo que podrían ser afectadas por la aplicación de glifosato, por ejemplo: la actividad biológica (Rose et al., 2016), el estado de elementos i.e. nutrientes y la distribución de metales pesados (Barrett and McBride, 2006; Hébert et al., 2019). Dado que las propiedades del suelo pueden variar considerablemente en las escalas de una finca, vertiente y cuenca (Campbell, 1979; McBratney, 1992; Mulla and McBratney, 2001a), debe contarse con una línea base de suelos detallada que sustente el monitoreo.

Como se expone más adelante (**ver 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), la representatividad para el monitoreo en el PMA no se cumple en el dominio espacial, temporal, ni de propiedades. Tampoco se cuenta con un reporte de las ubicaciones de muestreo para el levantamiento de una línea base, que explique la relación de diferentes suelos con el destino ambiental del glifosato, como se esperaría de los estudios científicos internacionales y nacionales mencionados como sustento del PMA.

La información de estudios previos debe mostrarse en la propuesta de modificación del PMA, con el fin de lograr un proceso de toma de decisiones transparente. Debe cumplirse y complementarse, en concordancia con los derechos de acceso a la información ambiental y a la participación, expresados en la Constitución Política de Colombia y en la Sentencia T-236, y con el Decreto 2041, por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales:

"De la modificación, cesión, integración, pérdida de vigencia o la cesación del trámite del plan de manejo ambiental. Para los proyectos, obras o actividades que cuenten con un plan de manejo ambiental como instrumento de manejo y control ambiental establecido por la autoridad ambiental, se aplicarán las mismas reglas generales establecidas para las licencias ambientales en el presente título." Decreto 2041, TITULO V, Artículo 39. (subrayados fuera de texto)

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

De esta forma el Decreto 2041 transfiere las exigencias requeridas en los Estudios de Impacto Ambiental a las modificaciones de PMA, las cuales deben cumplir, entre otras cosas con:

> *"Los proyectos, obras o actividades sujetos a licencia ambiental o plan de manejo ambiental, serán objeto de control y seguimiento por parte de las autoridades ambientales, con el propósito de: …*
>
> *3. Corroborar el comportamiento de los medios bióticos, abióticos y socioeconómicos y de los recursos naturales frente al desarrollo del proyecto.*
>
> *4. Revisar los impactos acumulativos generados por los proyectos, obras o actividades sujetos a licencia ambiental y localizados en una misma área de acuerdo con los estudios que para el efecto exija de sus titulares e imponer a cada uno de los proyectos las restricciones ambientales que considere pertinentes con el fin de disminuir el impacto ambiental en el área."* Decreto 2041, TITULO VI, Artículo 40. (subrayados fuera de texto)

4.3.1.2 Definiciones y alcance

El nuevo PMA define algunos términos que son relevantes en el marco de la Sentencia T-236, la cual **exige para la reanudación del PECIG la evaluación del riesgo a la salud y al medio ambiente**. Se consideran acá tres definiciones clave:

> *"Amenaza: peligro latente de que un evento físico de origen natural, causado o inducido por la acción humana se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de ... líneas vitales y medios de sustento, y afectación a otros elementos del ambiente y a la prestación de servicios ecosistémicos." PMA, Cap. 1, p. 8*
>
> *"Vulnerabilidad: susceptibilidad o sensibilidad que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos, en caso de que un evento físico peligroso, de origen natural o antrópico, se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud..." PMA, Cap. 1, p.20.*
>
> *"Riesgo: probabilidad de que se presenten daños o pérdidas debido a eventos físicos peligrosos, de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano, en un lapso específico, y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad." PMA, Cap. 1, p. 17.*

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Comentarios

La presente revisión del PMA toma artículos de revisión, publicados en revistas internacionales arbitradas, como evidencia del riesgo a la salud humana y animal, derivado de la presencia del pesticida en aguas y suelos, mas no pretende ahondar en este tema.

La definición de amenaza implica que, si el glifosato afecta los suelos y/o las aguas en su virtud de medio de sustento, línea vital y prestación de servicios ecosistémicos, la actividad de aspersión representa una amenaza. En el caso de Caquetá (núcleo 2 del PMA), por ejemplo, la ausencia de acueductos veredales en algunas comunidades las hace *vulnerables* frente a la contaminación de las aguas superficiales y subsuperficiales someras, que alimentan humedales -típicos del paisaje de lomerío-, de las cuales dependen para el consumo y abastecimiento doméstico (Corporación Geoambiental Terrae, 2017).

En cuanto al *riesgo, que combina la amenaza y la vulnerabilidad,* se ha mostrado en estudios de revisión recientes que el glifosato -y coadyuvantes- ha causado efectos negativos sobre la salud de humanos (Zhang et al., 2019) y animales -especialmente anfibios- (Annett et al., 2014), incluso en concentraciones ambientales por debajo de varias normas regulatorias internacionales (Mesnage et al., 2015).

Se puede concluir, por tanto, que la actividad de aspersión, en sí, tiene un grado de riesgo que debe estudiarse para diferentes aspectos: en relación a suelos, por ejemplo, la probabilidad de que se presenten daños a la salud depende de varios factores, entre ellos la biodisponibilidad, que depende de la capacidad de los suelos para retener o transmitir glifosato al agua (Borggaard and Gimsing, 2008).

En el Capítulo 1 del PMA se definen además términos en relación con los servicios ecosistémicos, que son integrados únicamente en la evaluación económica ambiental, del Capítulo 2.6. Sin embargo, la conceptualización de servicios ecosistémicos de suelos también debería ser importante en otros aspectos del PMA, como en la línea base y en el análisis sobre la zonificación de manejo ambiental -como se presenta acá posteriormente-, con base en las siguientes definiciones:

> *"Servicios ecosistémicos: beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad."* PMA, Cap. 1, p. 18.
>
> *"Suelo: componente natural y finito del ambiente, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro, meso y microrganismos que desempeñan procesos permanentes de tipos biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta."* PMA, Capítulo 1, p. 19. (subrayados fuera de texto)

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Comentarios

La definición de suelo del PMA implica que éste presta servicios ecosistémicos, pero no especifica cuáles, de qué tipo, ni cómo evaluarlos. **Aunque ni siquiera se menciona, existe en Colombia un reconocimiento y especificación de los servicios ecosistémicos del suelo en la Política para la Gestión Sostenible del Suelo** (MADS, 2016). Para el caso del glifosato se considerarán en adelante los servicios de regulación hídrica, reciclaje de nutrientes, depuración de contaminantes, e indirectamente, producción de alimentos y regulación climática, a través de las propiedades biológicas del suelo.

4.3.2 Descripción de la actividad

La descripción de las actividades que abarca el PMA se encuentran en el Capítulo 2.4. De especial interés son la definición, identificación y delimitación del área de influencia (AI) para cada uno de los seis núcleos del PECIG y la descripción de las características del pesticida.

Para el AI se excluyen parques naturales, zonas de reserva, ecosistemas de diferente tipo y zonas de comunidades étnicas. Para éstos y para cuerpos de agua, carreteras y centros de población urbana, se establece una franja de seguridad de 100 metros, que asume atenuará o evitará el transporte de glifosato superficial o subsuperficialmente hasta las zonas sensibles mencionadas. La concentración ambiental acuática esperada se estimó en el PMA teniendo en cuenta la escorrentía y la deriva:

> *"(…) para las áreas descartadas mencionadas anteriormente se tomó en cuenta el Artículo 87 del Decreto 1843 de julio 22 de 1991, que fija una franja de seguridad de 100 m para la aplicación aérea de plaguicidas, en relación a cuerpos o cursos de agua, carreteras troncales y núcleos de población urbana."* PMA, Cap. 4, p.42.

> *"Para la evaluación de la exposición estimada se determina tomando como base la fórmula para el cálculo de la EEC = A/B, planteada por el Manual técnico Andino en la sección 6.3 "Evaluación de riesgo ambiental acuático", numeral 3.2 "Estimado de la concentración ambiental acuática" y asumiendo las siguientes premisas y las conversiones correspondientes. Donde: … % de escorrentía superficial: el valor de la solubilidad de agua es de 11,69 g/l, se toma el porcentaje de escorrentía del 5% (Urban & Lee entre > 100 mg/l, 5% de escorrentía)."* PMA, Cap. 4, p. 94.

En cuanto a las características del pesticida, se concluye, con base en 16 datos de suelos de latitudes medias, que:

> *"La constante de adsorción normalizada Koc del Glifosato varía entre 884 -60000, indicando que la sustancia no es móvil"* PMA, Cap. 4, p. 78.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Comentarios

Cada tipo de suelo tiene una respuesta hidrológica diferente (van der Meij et al., 2018), la cual puede variar en algunos metros, en función de sus propiedades (Lin et al., 2005; Zhu et al., 2013). Los suelos de textura fina, de estructura compacta, de poca profundidad, de saturación rápida, de composición química hidrofóbica o que ocurren en pendientes moderadas a altas son susceptibles a la escorrentía (Lin et al., 2008). No existe por tanto un valor único o promedio de escorrentía. Adicionalmente, los interflujos, debido a la ocurrencia de horizontes de suelo limitantes, podrían contribuir al transporte de glifosato más allá de la franja de 100m (Klaus and Jackson, 2018; Lin et al., 2008).

En relación a la movilidad: la información presentada es parcial, al no tener en cuenta otras variables que influyen en las constante de adsorción, por ejemplo capacidad de intercambio catiónico y fósforo, y en la infiltración preferencial (Borggaard and Gimsing, 2008; Dollinger et al., 2015; Vereecken, 2005). No se comparan tampoco los rangos de propiedades que sustentan estas constantes modelo con los valores de las propiedades para los suelos del PECIG.

En vista de la escasa atención que presta el PMA a estos aspectos, se presentan aquí (**ver 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) un estudio caso sobre las implicaciones de la conectividad suelo-agua en el transporte de glifosato, importante para la delimitación del AI y para la zonificación ambiental, y un análisis sobre los rangos valores de propiedades de suelos del PECIG (**ver 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) .

4.3.3 Caracterización del área de influencia

La caracterización de suelos del área de influencia por núcleo, presentada en Capítulo 3.1 del PMA, debería cumplir, de acuerdo a lo expuesto en la **sección 4.3.1.1**, con el Decreto 2041 de 2014, que indica que:

> *"Los proyectos, obras o actividades sujetos a licencia ambiental o plan de manejo ambiental, serán objeto de control y seguimiento por parte de las autoridades ambientales, con el propósito de: …*
>
> *3. Corroborar el comportamiento de los medios bióticos, abióticos y socioeconómicos y de los recursos naturales frente al desarrollo del proyecto.*
>
> *4. Revisar los impactos acumulativos generados por los proyectos, obras o actividades sujetos a licencia ambiental y localizados en una misma área de acuerdo con los estudios que para el efecto exija de sus titulares e imponer a cada uno de los proyectos las restricciones ambientales que considere pertinentes con el fin de disminuir el impacto ambiental en el área."* Decreto 2041, TITULO VI, Artículo 40. (subrayados fuera de texto)

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

El numeral 3 del Artículo 20 de este decreto implica que se deben probar los efectos que tendría el glifosato en el suelo y en las aguas, relacionadas a la función de regulación hídrica de los suelos. Para esto se esperaría encontrar la línea base que muestre los rangos de valores y distribución espacial de propiedades clave para el funcionamiento del suelo y para el destino ambiental del glifosato. El numeral 4 indica que se debe presentar una síntesis de los impactos generados en el suelo -y aguas relacionadas- desde el comienzo del PECIG. El PMA, sin embargo, presenta la siguiente información:

> *"Para el presente estudio de suelos se tuvo en cuenta la publicación del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (2004) adaptándola para el área de estudio. En dicho estudio, se clasifican los suelos con dos letras mayúsculas y otras letras minúsculas según la variación del suelo."* PMA, Cap. 3.1, p. 29. (subrayados fuera de texto)

En lo anterior, el PMA se debería referir únicamente a la información sintetizada en Unidades Cartográficas de Suelos (UCS), sobre las cuales implican, incorrectamente, que las UCSs reflejan la variación de los suelos. Adicionalmente se presentan Clases de Capacidad de Uso del Suelo (CCLUS) y Clases de Conflicto de Uso del Suelo (CCOUS). La información de suelos se muestra en figuras y tablas resumen para cada núcleo. Las definiciones y explicaciones provistas en el PMA se presentan a continuación:

> *"Los componentes taxonómicos de las unidades cartográficas se tratan a nivel categórico de subgrupo, teniendo en cuenta las siguientes características de los suelos: ubicación geomorfólica (forma de terreno), pendiente, material formador, profundidad efectiva y sus limitaciones, drenaje natural, características químicas; principales factores para determinar su clasificación taxonómica a nivel subgrupo y principales limitantes para el uso y manejo de los suelos"* PMA, Cap. 3.1, p. 29.

> *"La clasificación de los suelos según su capacidad de uso es un agrupamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, que se fundamenta en la aptitud natural que presenta el suelo para producir en forma sostenida, bajo tratamiento continuo y usos específicos (IGAC, 2014)."* PMA, Cap. 3.1, p. 42.

> *"Los Conflictos de uso corresponden a la discrepancia entre el uso que el hombre hace actualmente del medio natural y el uso que debería tener de acuerdo con sus potencialidades y restricciones ambientales, ecológicas, culturales, sociales y económicas. Esta discrepancia permite aportar elementos básicos y vigentes para la formulación de políticas, reglamentaciones y planificación del territorio, fundamentados en el conocimiento de los recursos y su oferta natural, las demandas y las interacciones entre el territorio y sus usos, y como marco orientador para la toma de decisiones (IGAC, 2012). (…)*
>
> *Es importante mencionar además que, aunque en esta línea base, se realiza una descripción de las unidades de suelo respecto a las características de capacidad o vocación del uso del suelo departamental escala 100.000, no existe la información de demanda a esta misma escala, que permita realizar los cruces donde se establezcan los niveles de conflicto."* PMA, Cap. 3.1, p. 48. (subrayados fuera de texto)

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En lo que sigue se muestran análisis que argumentan contra el uso que el PMA le da a las UCSs, CCLUSs y CCOUSs, los cuales no son insumos aptos -por su escala y falta de procesamiento- para la evaluación ambiental y zonificación de manejo. Los análisis se refieren a dos aspectos: la incertidumbre y la línea base de propiedades claves de los suelos.

4.3.3.1 Análisis de incertidumbre de las unidades cartográficas de suelos (UCS)

Numerosos estudios han mostrado algunos problemas de la cartografía de suelos convencional que están presentes también en los insumos utilizados en el PMA, entre ellos: las unidades cartográfica de suelos (UCS) **se presentan como homogénea**s, sin reflejar las mezclas de suelos que contienen, ni sus patrones de distribución (A. X. Zhu, 1997; Zhu et al., 2001); los mapas **no se acompañan de modelos** explícitos -conceptuales o numéricos- de relaciones suelo-paisaje (Zhu, 1999); **no se reportan estimados de incertidumbre** global -o espacialmente explícita- del mapa ni de las UCS (Campbell, 1979; Terribile et al., 2011; Yost et al., 1999); se **presentan límites discretos entre UCS y tipos de suelos** -en caso de llegarse a este grado de detalle-, aun cuando en la realidad las transiciones de propiedades son graduales (Du et al., 2014); **no se presentan estimados de la variabilidad de las propiedades,** que divergen de valores únicos -a veces, incluso sin reporte de estadísticas de dispersión o tendencia central para horizontes de los perfiles modales (Mulla and McBratney, 2001b; Yost et al., 1999; A. X. Zhu, 1997). Estas incongruencias con la realidad aumentan la incertidumbre del uso de mapas y bases de datos de suelos en análisis medio ambientales (Band and Moore, 1995; Nielsen et al., 1996; A. X. Zhu, 1997; Zhu and Scott Mackay, 2001); de especial importancia aquí son las consecuencias en el estudio del impacto de contaminantes.

Nielsen et al. (1996) enfatizaron en la incompatibilidad de escala y formato de información entre las bases de datos de levantamientos de suelo convencionales y los modelos de destino ambiental de contaminantes. En este sentido, Foussereau et al. (1993) encontraron que la probabilidad de exceder concentraciones regulatorias de pesticidas en el agua era hasta 10 veces mayor y hasta 20 veces mayor una vez considerados los componentes mayores de UCS presentes en complejos y asociaciones, respectivamente. Webb & Lilburne (2005) consideraron como la presencia de inclusiones no cartografiadas, i.e. componentes menores en el mapa, afectan los estimados de lixiviado de pesticidas: al incluirlas en el modelo de lixiviación, el riesgo incrementaba en 10-30% en algunas áreas. Yost et al. (1999) entraron en el detalle de la variabilidad vertical de propiedades del perfil de suelo: al considerar solamente la variación del contenido de materia orgánica en el factor de atenuación para diferentes pesticidas -en un tipo de suelo- observaron diferencias de hasta 3 órdenes de magnitud. **En conjunto, estos estudios concluyen con la necesidad de cuantificar e incluir la variabilidad de suelos en bases de datos y sus representaciones espaciales, para estimar objetivamente impacto de contaminantes.**

Metodología:

Varios autores han usado índices de pedodiversidad para estimar diferentes aspectos de la incertidumbre relacionada a UCS (Jafari et al., 2013; Kempen et al., 2009; Phillips, 2013; Rossiter et al., 2017). King and Thomasson (1995), en su estudio para la Comisión Europea sobre monitoreo agroambiental, recomiendan el uso de índices de pedodiversidad basados en proporciones de

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

abundancia, ya que, al ser cuantitativos, serían más útiles que las UCS convencionales, las cuales expresan la incertidumbre de forma cualitativa: como consociación, asociación, complejo o disociación (grupo no diferenciado). Los índices de pedodiversidad, en cambio, son proporcionales a la incertidumbre que existe en relación a la selección aleatoria de un tipo específico de la población de suelos (Ibáñez et al., 1995).

Existen diferentes métricas de pedodiversidad, de las cuales se presenta una aquí: el índice de entropía cuadrática de Rao (revisado en Minasny et al., 2010 y Toomanian and Esfandiarpoor, 2010), también conocido como distancia taxonómica ponderada, se usa para evaluar la diversidad -y consecuente incertidumbre de encontrar un tipo de suelo- en términos de disimilitud entre los suelos agrupados en una UCS y las proporciones que ocupan en un área.

El índice de entropía cuadrática se calcula según la formula presentada por Minasny et al. (2010):

$$Q = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} d_{ij}\, p_i p_j \qquad (2)$$

Donde *Q* es la entropía cuadrática, *n* el número de tipos de suelo, d_{ij} la distancia taxonómica entre dos tipos de suelo, p_i y p_j las abundancias proporcionales de cada uno. Se utilizó, por simplicidad, la distancia dentro de la jerarquía taxonómica (Rossiter et al., 2017), calculada así:

$$d_{ij} = \frac{c - x}{c} \qquad (3)$$

Donde *c* es el número de niveles jerárquicos máximo que dos suelos comparados podrían tener -potencialmente- en común y *x* el número de niveles jerárquicos que tienen en común. d_{ij} se calcula para cada par de suelos presentes en una UCS.

Resultados:

Los diagramas de cajas de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestran los intervalos intercuartiles y las medianas de valores de incertidumbre, calculados como índices de entropía de Rao. En general, los valores de medianas oscilan entre cerca de 0,46 y 0,65, con un 50% de los datos que las rodean que entre 0,4 y 0,6, equivalentes a una incertidumbre moderada a alta. Los diagramas de caja por departamento, descompuestos en gráficas de densidad, muestran aglomeraciones de datos que podrían corresponder a factores metodológicos en el levantamiento de suelos o a características del terreno, que limitaban el grado de precisión del trabajo. Al descomponer estos picos de densidad de datos en tipos de UCS se observa que las disociaciones y complejos presentan la mayor incertidumbre, las asociaciones pueden presentar desde baja hasta alta incertidumbre y las consociaciones baja a moderada incertidumbre. Solamente una consociación en Guaviare y una en Vichada son de muy baja incertidumbre, ya que el tipo principal de suelo ocupa 95% de la UCS.

Uno de los factores que mejor explica la relación entre la incertidumbre y el tipo de UCS es el número de tipos de suelo que se incluyen: para las zonas analizadas, las consociaciones incluyen de uno a tres tipos de suelos, las asociaciones entre tres y seis tipos, los complejos de dos a seis, y las

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

disociaciones (o grupos no diferenciados) cinco a seis. Las diferencias que se observan para un mismo tipo de UCS, por ejemplo, para las consociaciones en el meta, que reportan un solo tipo de suelo, se deben a la proporción que ocupa el tipo principal de suelo reportado con relación a las inclusiones (porcentaje no explicado). Para UCSs que reportan más de un tipo de suelo, las distancias taxonómicas entre los suelos reportados, i.e. qué tan similares son taxonómicamente, son un tercer factor determinante. Para las distancias taxonómicas menores, se observó disimilitud a nivel de subgrupo, mientras que para las distancias taxonómicas los suelos eran diferentes al nivel de orden.

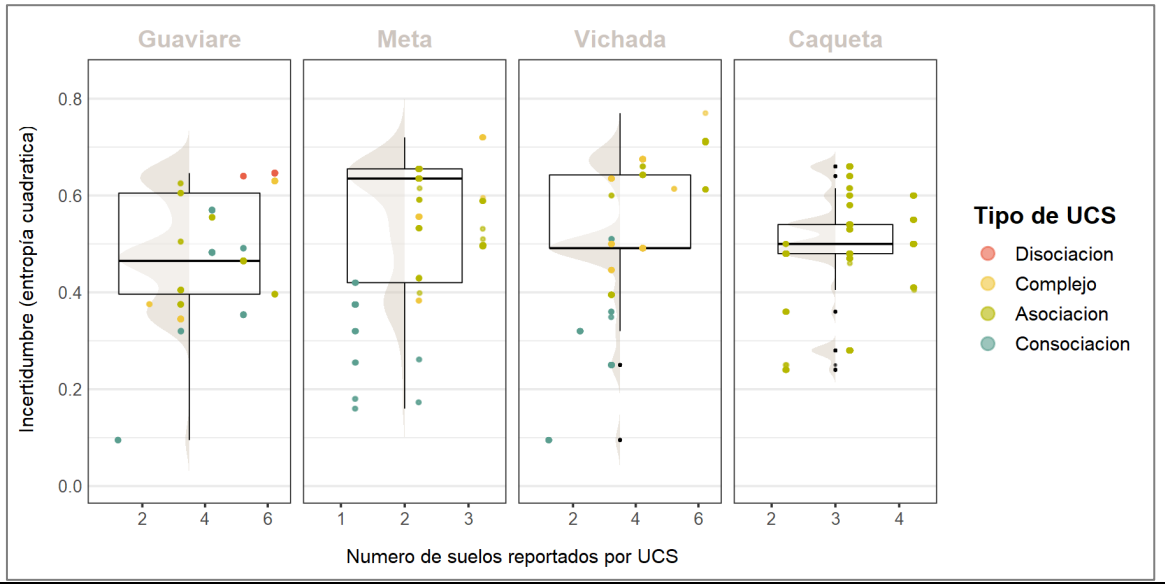


Figura 21. Incertidumbre (expresada como entropía cuadrática) para las UCS de los departamentos de los núcleos 1 y 2. En el eje horizontal se indica el numero de tipos de suelos que se reportan para cada UCS. Fuente: Elaboración propia con base en los datos abiertos del IGAC para cada departamento (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2019a, 2019b, 2019c)

Los diagramas de cajas de la Figura 21 muestran los intervalos intercuartiles y las medianas de valores de incertidumbre, calculados como índices de entropía de Rao. En general, los valores de medianas oscilan entre cerca de 0,46 y 0,65, con un 50% de los datos que las rodean que entre 0,4 y 0,6, equivalentes a una incertidumbre moderada a alta.

Los picos de densidad dan información sobre aglomeraciones de datos dentro de los diagramas de caja: para Guaviare y Caquetá se observan picos de baja, media y alta incertidumbre, para el Meta la mayoría de los datos tienen alta incertidumbre, mientras que para Vichada la mayoría de los datos tienen moderada incertidumbre. Estas muestran aglomeraciones de datos podrían corresponder a factores metodológicos en el levantamiento de suelos (por ejemplo, el hecho de haberse realizado en diferentes épocas), o a características del terreno, que limitaban el grado de precisión del trabajo. Al descomponer estos picos de densidad de datos en tipos de UCS (puntos de colores en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) se observa que las disociaciones y complejos aportan principalmente a los picos de mayor incertidumbre, las asociaciones a los picos de baja hasta alta incertidumbre y las consociaciones de baja a moderada incertidumbre. Solamente una consociación

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

en Guaviare y una en Vichada son de muy baja incertidumbre, ya que solo un tipo principal de suelo ocupa 95% de la UCS mientras que el 5% restante no se explica.

Uno de los factores que mejor explica la relación entre la incertidumbre y el tipo de UCS es el número de tipos de suelo que incluyen: para las zonas analizadas, las consociaciones incluyen de uno a tres tipos de suelos, las asociaciones entre tres y seis tipos, los complejos de dos a seis, y las disociaciones (o grupos no diferenciados) cinco a seis. Las diferencias que se observan para un mismo tipo de UCS, por ejemplo, para las consociaciones en el meta (que reportan un solo tipo de suelo) se deben a la proporción que ocupa el tipo principal de suelo reportado con relación a las inclusiones (porcentaje no explicado). Para UCSs que reportan más de un tipo de suelo, las distancias taxonómicas entre los suelos reportados, i.e. qué tan similares son taxonómicamente, son un tercer factor determinante. Para las distancias taxonómicas menores se observó disimilitud a nivel de subgrupo, mientras que para las distancias taxonómicas mayores los suelos diferían al nivel de orden.

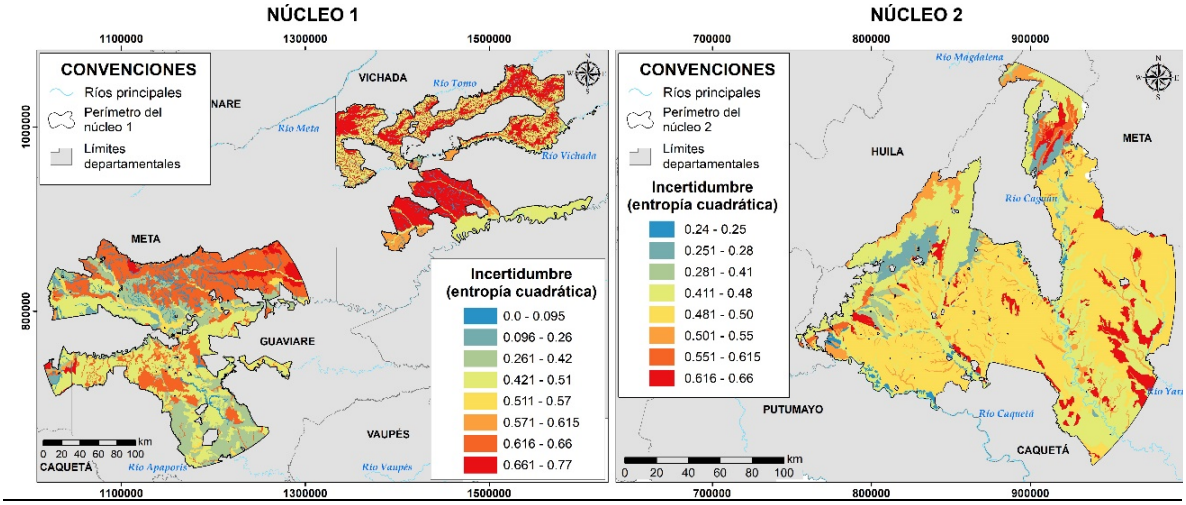


Figura 22. *Distribución espacial de la entropía cuadrática para las USC.*
Fuente: Elaboración propia.

Los mapas muestran zonas de UCS de alta incertidumbre que cubren aproximadamente 50% del núcleo 1 y cerca del 5% del núcleo 2. Estas UCS no se ubican aleatoriamente, sino sobre algunas zonas geomorfológicas concretas, las cuales requieren estudios a escala más detallada para explicitar la localización de tipos de suelos disímiles. **Su desconocimiento actual implica incertidumbre en la evaluación ambiental, que debería contarse como factor de riesgo, ya que dichos suelos podrían tener propiedades que afectan el destino ambiental del glifosato**.

4.3.3.2 Línea base de propiedades críticas de suelos

El objetivo de la línea base de suelos es exponer su calidad en relación a la presencia de glifosato y las propiedades del suelo que podrían verse afectadas por éste, y además, las propiedades del suelo que pueden afectar la movilidad del pesticida. Ninguno de estos aspectos se presenta en el PMA.

A continuación se muestra un análisis de propiedades clave que podrían afectar la movilidad del glifosato para el Núcleo San José y departamento del Meta; sin embargo con una gran limitación:

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

los datos de propiedades del suelo (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2004), corresponden a levantamientos que se han hecho a lo largo de varias décadas y por ende no reflejan su estado actual, en especial en relación a propiedades que dependen del manejo, como el contenido de fosfato – de especial importancia para la movilidad del glifosato-, que aumenta por aplicaciones previas de glifosato y fertilizantes.

Debido al enfoque agrícola con el cual se han desarrollado los levantamientos de suelos tradicionalmente (Terribile et al., 2011) varios estudios han optado por extraer, reinterpretar o procesar información de bases de datos convencionales, y de esta forma, generar información pertinente para alimentar análisis ambientales. En este sentido, van Tol & Lorentz (2018a) extrajeron propiedades de bases de datos regionales de suelos y las reinterpretaron para generar clases de respuesta hidrológica. Foussereau et al. (1993) y Yost et al. (1999) utilizaron las propiedades para generar distribuciones estadísticas, con las cuales alimentaron modelos sencillos para la evaluación ambiental de varios pesticidas. Dollinger et al. (2015) utilizaron datos de numerosos estudios internacionales para crear funciones que predicen constantes de adsorción de glifosato, mediante propiedades comúnmente reportadas en levantamientos de suelos. **Estos estudios ejemplifican la necesidad y posibilidad de extraer, reinterpretar y procesar las bases de datos de suelos -e información presentada en mapas- para utilizarlas de forma pertinente en la documentación de línea base, acorde al tipo de intervención medioambiental**

Los estudios de revisión de Borggaard and Gimsing (2008), Van Bruggen et al. (2018) y Vereecken (2005) han concluido que, si bien el glifosato – y su producto de degradación AMPA- tiene una afinidad de adsorción alta en la mayoría de los suelos, puede ser transportado en solución al agua subterránea y también, además, en suspensión coloidal -facilitada por la erosión- a cuerpos de agua superficial, por ejemplo, según 14 casos internacionales reportados en Van Bruggen et al. (2018), que detectaron glifosato aguas superficiales y subterráneas, en concentraciones de 0,001 hasta 430 $\mu g l^{-1}$. Mientras que las **propiedades químicas del suelo son las principales responsables de la biodisponibilidad del glifosato dentro de la columna de suelo -tanto para su degradación, como para organismos que no lo metabolizan-, las propiedades físicas y fuertes lluvias -asociadas temporalmente a la aplicación del pesticida- son en gran parte responsables por el transporte a profundidad y en superficie. Ni las propiedades químicas ni las físicas de los suelos se analizaron en el PMA, con lo cual, continúan las incertidumbres en cuanto al comportamiento del glifosato y su eventual impacto en aguas y suelos.**

Metodología:

Siguiendo las conclusiones de los estudios de (Borggaard and Gimsing, 2008; Dollinger et al., 2015; Van Bruggen et al., 2018; Vereecken, 2005) sobre propiedades fisicoquímicas de suelos que controlan la movilidad del glifosato, **se extrajeron datos del levantamiento de suelos del IGAC para el departamento del Meta (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2004) y se analizaron para ejemplificar una línea base mínima que debería haberse presentado en el PMA.** Estas propiedades son: porcentaje de carbono orgánico (C%), contenido de fósforo (P en ppm), capacidad de intercambio catiónico (CIC en meq/100g) y rasgos macromorfológicos de la estructura del suelo;

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

ésta última propiedad, con base en el modelo semi-cuantitativo presentado en Lilly & Lin (2004) y Lin et al. (1999), modificado para el caso del glifosato con base en los estudios de revisión previamente mencionados (Tabla 1): la suma de puntajes cercana a 10 representa macroestructuras, fuertemente definidas, estables y reforzadas por abundantes raíces, mientras que la suma cercana a 0 indica suelos sin estructura o pobremente definida, con muy pocas y pocas raíces, i.e. con ausencia de rutas de flujo preferencial.

Tabla 1. Puntuación para interpretación semi-cuantitativa de características macromorfológicas de la estructura del suelo.

Tipo estructural	Clase estructural	Grado estructural	Abundancia raíces	Puntaje
-	Gruesa, gruesa-media	Fuerte	Abundantes	**3**
Bloc. angular/subangular	Media, media-gruesa	Moderada	Frecuentes	**2**
Granular	Fina, fina-media	Débil a moderada	Regulares	**1**
Sin estructura	-	-	Pocas a muy pocas	**0**

Resultados:

En los capítulos 3.1 del PMA se reportan datos de suelos en forma de UCSs y unidades taxonómicas; de las últimas, no se especifica siquiera su distribución. En el capítulo 2.4 (Tabla 2-4, 20) se presentan C% (entre 0,29 y 2,26) y pH (entre 5,2 y 8,4) para 16 suelos de latitudes medias, con el fin de argumentar que las constantes de adsorción Kf, Kd y Koc para glifosato son altas, i.e. el glifosato tiende a adsorberse en suelos. **Existen varias inconsistencias en este razonamiento**:

1. Si bien el pH de los estudios que se presentan en el PMA abarca el rango de propiedades de suelos de la región, no ocurre lo mismo con el C%, como se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.
2. Según varios autores (Borggaard and Gimsing, 2008; Dollinger et al., 2015; Vereecken, 2005, entre otros) existen varios factores que influencian la adsorción de glifosato, entre los cuales el contenido de fósforo (P) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) son muy relevantes. Las Figuras 23 y 24 presentan, en este sentido, distribuciones de valores de P y CIC para 59 perfiles modales de suelos del Meta.
3. Las constantes de adsorción representan de forma limitada la probabilidad de transmisión de glifosato desde el suelo a cuerpos de agua, debido a la fuerte influencia de las propiedades físicas, principalmente aquellas que favorecen la escorrentía, la erosión y la infiltración por flujo preferencial. La variable ESTR en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** representa una estimación semi-cuantitativa de rasgos estructurales que favorecen la infiltración.
4. Las propiedades del suelo varían con la profundidad, por lo cual se requieren análisis de la variabilidad a nivel de perfil -en vez de valores promedio o datos de un único perfil-, de tendencia central, dispersión (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y valores extremos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

La figura 24 muestra rangos de C% muy bajo a medio, P muy bajo, CIC baja a media (clases según IGAC). La variación con la profundidad refleja principalmente el efecto de la vegetación en las propiedades: debido al ciclado de nutrientes y -en el caso de la estructura- a la acción mecánica de plantas y el clima. Para el P se observa, sin embargo, un pico de aumento subsuperficial a aproximadamente 100 cm, **que contribuiría al transporte de glifosato en interflujos**.

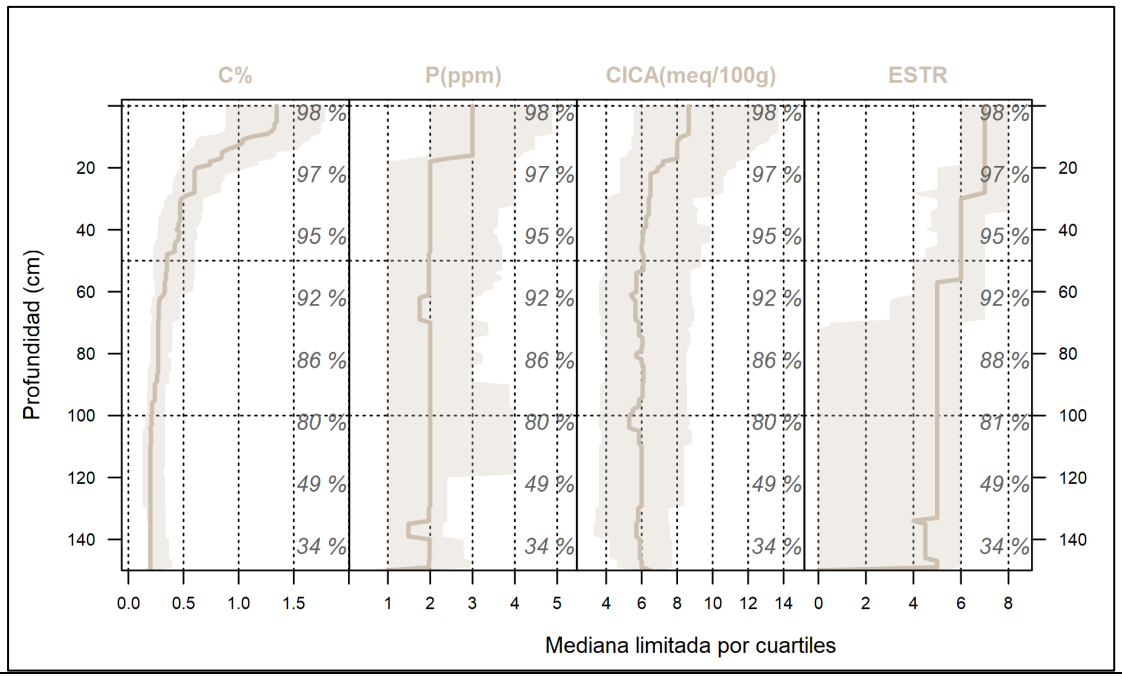


Figura 23. *Distribución vertical de carbono orgánico (C), fósforo (P), capacidad de intercambio catiónico (CICA) y estructura macromorfológica (Estr) para 59 perfiles modales del Meta en el núcleo San José. Se agregaron las propiedades por cm de profundidad como mediana (línea color café) y rango intercuartil (sombreado). Los porcentajes mostrados a la derecha de cada panel representan el porcentaje de perfiles que contribuye al estimado de esa propiedad a una profundidad determinada..*
Fuente: Elaboración propia con el lenguaje y ambiente de programación estadística r (librería "aqp").

Además del rango de dispersión intercuartil de propiedades**, se tienen valores extremos, que afectan particularmente el transporte de glifosato** (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**): el caso de la estructura, los perfiles modales M-48, PG-15, PL-13, PL-23, PL-26, PL-32 y PL-32ª tienen estructuras que facilitan el flujo preferencial en horizontes ubicados a profundidades cercanas a 100 cm, profundidad a la cual se superponen con la franja de oscilación del nivel freático y por tanto, representan situaciones que favorecen el transporte de glifosato a cuerpos de agua subsuperficiales.

Otros perfiles, como AR-26, M-30, M-48, PL-2, PL-33 y RD-92 **tienen contenidos de fósforo altos a muy altos en uno o varios horizontes, que favorecen la lixiviación y transporte superficial de glifosato o, en el caso de AR-26 y M-48, en combinación con la estructura, incrementan el riesgo de transporte subsuperficial.** Para la CIC los valores extremos muy bajos (menores de 4) y para C (menores de 2,6 %) representan condiciones especiales que deben ser estudiadas con relación al

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

glifosato. **Estos perfiles modales, al ser representativos de tipos de suelos mayores en unidades cartográficas, no se deben entender como ocurrencias puntuales con valores extremos, sino como valores extremos que ocurren en suelos de extensión considerable, cuya distribución tampoco se especifica en el PMA.**

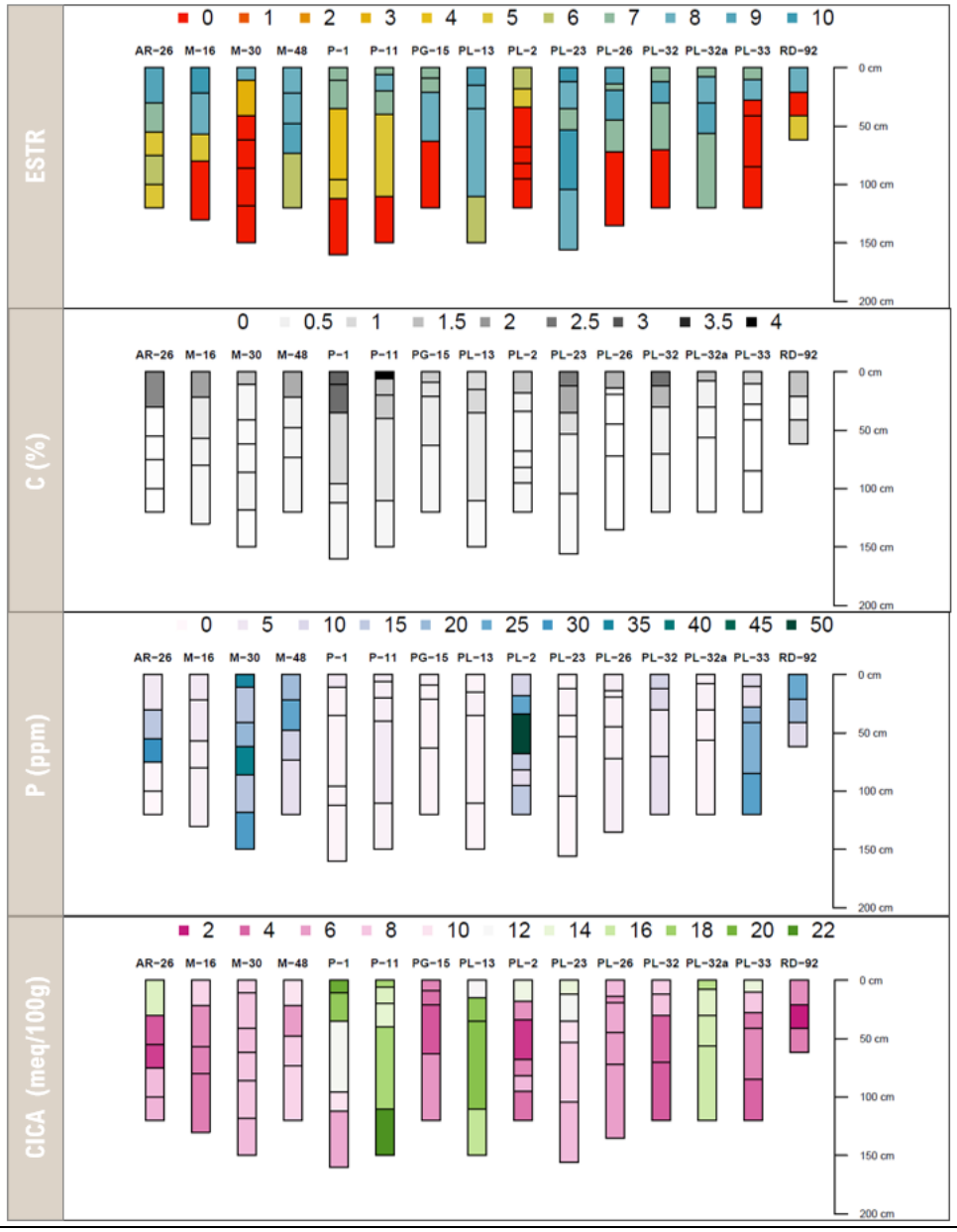


Figura 24. *Perfiles modales de suelo del meta, del núcleo San José, con propiedades extremas presentes en uno o mas horizontes para sitios con inundación periódica o nivel freático somero: Estr >7, C>2,6, P>20, CICA <4..*

Fuente: Elaboración propia con el lenguaje y ambiente de programación estadística r (librería "aqp").

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.3.4 Evaluación ambiental

La evaluación ambiental se presenta en el Capítulo 2.6 del PMA. **La metodología comprende varios pasos, todos los cuales son de carácter cualitativo** e incluye:

1. Identificación de impactos: un grupo interdisciplinario estableció relaciones causales entre actividad y elementos del medio, utilizando una matriz de doble entrada. En esta sección se mencionan las actividades de aplicación de la mezcla en helicóptero y avión (Tabla 2.6-2) y dentro de los posibles impactos (Tabla 2.6-3), cambios en las características fisicoquímicas y biológicas del suelo y del agua.

2. Criterios de evaluación y escala de valores: la DIRAN utiliza como criterios el carácter, la extensión, la magnitud, la duración, la recuperabilidad, la reversibilidad, la tendencia y el tipo, para valorar los impactos identificados.

3. Importancia Ambiental del Impacto (IA): este parámetro es un valor que sintetiza la importancia de cada impacto, sumando criterios de la DIRAN.

4. Jerarquización del impacto: con base en la importancia ambiental estimada, se categorizan los impactos de menor a masivo (Tabla 2.6-5).

5. Evidencia y probabilidad de ocurrencia (PO): se establece un rango de valores con base en la consideración cualitativa de que un evento “prácticamente imposible que ocurra” a “ocurrirá con alto nivel de certeza” (Tabla 2.6-6).

6. Significancia del impacto ambiental (SAI): se generó una escala cualitativa a partir del cruce entre la importancia ambiental del impacto y la evidencia o probabilidad de ocurrencia (2.6-7). Éste es el producto final de la evaluación ambiental que se presenta para cada núcleo (Tabla 2.6-11).

La actividad de aspersión sobre suelos y agua se presenta en el PMA como impacto “negativo”, “leve”, cuya probabilidad de ocurrencia es “bastante probable”. La combinación de IA y PO resulta en un impacto de baja significancia ambiental, como se muestra en la Tabla 2, para el caso de los núcleos San José y Caquetá (núcleos 1 y 2 respectivamente).

Tabla 2. Extracto para núcleos 1 y 2 en relación con la actividad de aspersión, suelos y agua, tomado de la Tabla 2.6-11: Resultado de la evaluación con actividad por núcleos medio físico.

Núcleo	Actividad	Impacto	IA	NIV	PO	SAI
1	Aplicación de la mezcla en avión.	Cambio en las características fisicoquímicas y biológicas del suelo.	-10	Leve	D	Baja
1	Aplicación de la mezcla en avión.	Cambio en las características fisicoquímicas y biológicas del suelo.	-13	Leve	D	Baja
2	Aplicación de la mezcla en avión.	Cambio en las características fisicoquímicas y biológicas del suelo.	-10	Leve	D	Baja
2	Aplicación de la mezcla en avión.	Cambio en las características fisicoquímicas y biológicas del suelo.	-13	Leve	D	Baja

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Comentarios

Todos los aspectos evaluados son de carácter cualitativo y subjetivo: no se presentan métodos, datos de apoyo pertinentes, ni criterios de razonamiento empleados por el equipo experto para el componente suelos. De hecho el PMA no presenta el listado de profesionales participantes ni por supuesto su perfil técnico.

En el PMA no se especifican las características fisicoquímicas ni biológicas de los tipos de suelo que existen en los diferentes núcleos (ver discusión en 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y por tanto, tampoco se analiza la sensibilidad de estos frente a la aplicación del pesticida, de particular importancia en el marco de los procesos de movilidad y reactividad del glifosato (y elementos asociados); por ejemplo: en la disrupción del ciclo del fósforo y consecuente aumento de procesos de eutroficación (Hébert et al., 2019), en la disminución de nutrientes disponibles debido a lixiviado por quelación (Kanissery et al., 2019), a la disminución de la biota del suelo o modificación de su funcionalidad (Rose et al., 2016), en la movilización de metales pesados (Barrett and McBride, 2006).

Las características de los suelos y la calidad del agua están relacionados debido al papel regulador de los primeros en la distribución de flujos hídricos (van der Meij et al., 2018). Sin embargo, en el PMA no se establece su relación, la distribución de clases de respuesta hídrica, ni modelos de transporte de glifosato (o inclusive modelos conceptuales de flujos), desde los suelos hacia los cuerpos de agua, los cuales son indispensables para predecir o -de forma limitada, al menos- dar una opinión informada sobre el transporte de contaminantes (Mamera and van Tol, 2018; van Tol and Lorentz, 2018b)

Debido a los aspectos mencionados, la evaluación del impacto ambiental de la aspersión sobre suelos y agua, por su falta de fundamento técnico, se considera poco confiable.

4.3.5 Planes y programas

Los planes y programas del PMA se describen en el Capítulo 2.8. Estos son el conjunto de medidas que están orientada a prevenir, controlar, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales identificados y jerarquizados en la evaluación ambiental (PMA, Capítulo 2.6). Dicha evaluación dio como resultado calificaciones muy bajas para todos los núcleos, por lo cual se plantea el mismo plan de manejo ambiental para todos los núcleos.

> *"Con fundamento en la evaluación de impactos, el impacto en los diferentes núcleos fue similar, debido a que la aplicación se hace de manera directa sobre el lote, la afectación a los medios circundantes de los lotes es baja (deriva< 10m), sin embargo, se realizó la evaluación de impacto por núcleo, al final la evaluación dio como resultado calificaciones*

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

baja o muy bajas, por lo que se plantea el mismo plan de manejo ambiental general para todos los núcleos." PMA, Cap. 2.8, p. 4.

"Por lo anterior, se plantea un mismo Plan de Manejo Ambiental para todos los núcleos y para las dos modalidades de aplicación aérea (avión y helicóptero)." PMA, Cap. 2.8, p. 5.

"La evaluación de riesgo para el herbicida dio como resultado que no coexisten peligros para el ambiente por su utilización…" PMA, Cap. 2.8, p. 5.

Comentarios

Como se argumenta en la sección 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en relación a la evaluación ambiental, y se demuestra en las secciones 4.4.3.1.1 y 4.4.3.1.2, las afirmaciones de ausencia de riesgo sobre el medio ambiente están basadas en información poco pertinente y con diversos grados de incertidumbre y riesgo. Debido a estas características **se requieren estudios que llenen los vacíos de información y planes manejo consecuentemente diferenciados**.

Una vez establecida la supuesta falta de riesgo para el ambiente y comunidades, se presenta el plan de manejo ambiental -a manera de fichas-, con el objetivo de minimizar los posibles impactos por la actividad de aspersión. La ficha 02 corresponde al programa de seguimiento a la aspersión aérea del herbicida en el medio abiótico:

Tabla 3. Extracto de la tabla presentada (sin numeración) en el cap. 2.8, p.12, correspondiente a la ficha 02. Se resaltan los aspectos que tienen que ver con el impacto de la aspersión de glifosato sobre los suelos.

PROGRAMA DE OPERACIÓN DE ASPERSIÓN AÉREA			
Código	Ficha No. 02	Impactos a manejar por cada programa	• Cambio en las características fisicoquímicas y biológicas del suelo • Cambio en las características fisicoquímicas y/o bacteriológicas del agua
OBJETIVOS			
Realizar seguimiento a las actividades del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante aspersión aérea, con el fin de **medir o evaluar los impactos reales** ocasionados por los mismos **sobre el compartimento suelo y agua** cuando se identifiquen cuerpos de agua, dentro de la zona de aspersión.			
METAS			
Realizar **monitoreo de residuos de glifosato y AMPA en el suelo y agua** (cuando haya cuerpos de agua en la zona de aspersión) para cada núcleo, teniendo como **técnica de muestreo probabilístico, el muestreo aleatorio simple, que garantiza niveles de confianza del 95% y** un margen de error del 10%.			

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Las actividades de monitoreo objetivo de la ficha 02 se describen con mayor detalle en el Anexo 2.8.3, según el cual se realizará el muestreo del horizonte superficial del suelo en varios puntos dentro de una "unidad práctica":

> *"Para la selección y toma de muestras de suelo, se debe tener en cuenta el área del terreno bajo la que se establece una unidad básica de muestreo que se denominará "Unidad Práctica"… En este tipo de unidad interesa la extensión, ya que la profundidad de muestreo se limita con base en el criterio de "capa arable"."* PMA, Anexo 2.8.3, p. 2 (subrayado fuera de texto)

> *"Esta unidad básica de muestreo, es de utilidad en investigaciones de fertilidad de suelos, monitoreo y seguimientos; es también de uso común cuando se requieren implementar prácticas de fertilización, encalado, recuperación y mantenimiento, todo visto desde el ámbito de la producción agropecuaria y forestal o de la conservación de las tierras y ecosistemas asociados."* PMA, Anexo 2.8.3., p. 2. (subrayado fuera de texto)

> *"El área de muestreo debe ser homogénea de acuerdo con los criterios utilizados para la selección vistos con anterioridad"* PMA, Anexo 2.8.3., p. 2. (subrayado fuera de texto)

Comentarios

El monitoreo no solo debe tener en cuenta cuerpos de agua superficial, sino también flujos de agua subsuperficial en el suelo (ver estudio caso en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). De igual forma, la capa arable puede no presentar concentraciones de glifosato detectables si los suelos tienen propiedades hidrofóbicas, respuesta hidrológica de escorrentía o infiltración por rutas preferenciales. Debido a ésta última, pueden ocurrir transporte a diferentes profundidades facilitado por altos contenidos de fósforo y baja capacidad de intercambio catiónico (**ver 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. **y estudio caso en 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Dada la alta variabilidad espacial que presentan las propiedades del suelo (Lin et al., 2005; Mulla and McBratney, 2001b) la "homogeneidad" dentro de una UCS solo se alcanza a una escala detallada, e.g. dentro de una clase de suelo al nivel de serie, representada a escala alrededor de 1:10.000 (diez veces más detallada que la solicitada por los términos de referencia). Así, la efectividad del muestreo aleatorio depende fuertemente del número de muestras colectadas, que sin embargo no garantiza representatividad de propiedades sensibles en relación al destino ambiental del glifosato. En el Anexo 2.8.3 se contradice la ficha 02, pues se habla de muestreo en zigzag en vez de aleatorio.

Se detalla también el tipo de muestreo: compuesto y aleatorio o en zigzag:

> *"De acuerdo con la unidad básica (Práctica), la muestra se toma de forma compuesta, la cual resulta de la mezcla de varias submuestras que se toman al azar en diferentes sitios y a*

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

una profundidad predeterminada dentro de la unidad practica y eventualmente dentro de la unidad natural." PMA, Anexo 2.8.3. p. 3 *(subrayado fuera de texto)*

"El plan de muestreo es en zigzag que, de acuerdo con el área de la unidad, se debe establecer el número de sitios de muestreo, la distancia aproximada de separación entre cada uno y la ruta en zigzag que se seguirá para cubrir la unidad, tomando 3 a 5 submuestras a 10 cm de profundidad." PMA, Anexo 2.3.8., p. 6 *(subrayado fuera de texto)*

"Para el muestreo al azar se recomienda, en general, obtener una muestra compuesta formada por 3 o 5 submuestras por cada hectárea. Se subraya que entre mayor sea el número de submuestras, menor será la variabilidad de las propiedades que se cuantifiquen en el laboratorio." PMA, Anexo 2.3.8, p.3 (subrayado fuera de texto)

Comentarios

Las muestras compuestas tienen sentido para reducir costos de muestreo y análisis, pero tienen varias limitaciones que, de no considerarse, generan resultados equívocos: según la EPA (EPA - South Australia, 2005) la limitante principal es que no permiten identificar localizaciones puntuales de contaminación, **por lo que no debe usarse, por ejemplo, en análisis de lixiviados y en sitios con incertidumbre en el origen del contaminante**, **la calidad del suelo o variabilidad de su carácter**. Según se muestra en **las secciones 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. **y 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., los suelos del núcleo 1 cumplen el requisito de alta incertidumbre; como se muestra en el estudio caso en la **sección 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**,** la distribución de glifosato puede ser compleja en escala de decenas de metros**. Estas características sugieren que no debería realizarse un muestreo compuesto.**

En consideración de lo anterior, **el muestreo de monitoreo no solo debería ser aleatorio, sino estratificado a escala detallada**, para abarcar las posibles combinaciones de propiedades que dan a cada tipo de suelo un carácter único y relativamente homogéneo.

En el PMA se confunden el diseño de muestreo al azar con un el muestreo en zigzag: en el Anexo 2.8.3 se contradice la ficha 02.

4.3.6 Zonificación ambiental

La zonificación ambiental se considera en los capítulos 2.7 y 3.4 del PMA. En el Capítulo 2.7 se presenta la zonificación de manejo, la cual es el producto de la combinación de datos e interpretaciones sobre los componentes bióticos, abióticos y sociales, presentadas en el Capítulo 3. Esta tiene como propósito establecer zonas homogéneas de acuerdo con el grado con el cual pueden ser intervenidas por el PECIG así:

Zonas de exclusión:

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

"Corresponde a las áreas que no pueden ser intervenidas por las actividades del Programa de erradicación de cultivo ilícitos mediante aspersión aérea para cada núcleo, teniendo en cuenta que presentan una MUY ALTA susceptibilidad ambiental, por lo cual deberán ser protegidos en el momento de la actividad de erradicación de cultivos ilícitos mediante la aspersión aérea. Este criterio de exclusión se encuentra relacionado con las áreas que presentan una sensibilidad especial o dominante por su naturaleza legal, ecológica y/o social que no permiten las actividades de aspersión área sobre ellas, salvo que medie una autorización legal, administrativa o política, que determine las condiciones de permisividad a la intervención que nos ocupa en el presente estudio." PMA, Cap. 2.7, p. 6.

Zona con restricción alta:

"Sectores o ecosistemas que por su naturaleza, estado o magnitud requieren un manejo y control de las medidas de carácter preventivo para evitar afectaciones, limitando las actividades de aspersión aérea sobre los cultivos ilícitos presentes en estos ecosistemas…" PMA, Cap. 2.7, p. 6.

Zona con restricción media:

"Sectores o ecosistemas que requieren un manejo cuidadoso de las actividades sin limitarlas, maximizando los controles y medidas preventivas para evitar las afectaciones." PMA, Cap. 2.7, p. 6.

Zona con restricción baja:

"Sectores o ecosistemas que requieren de un manejo y control de las medidas preventivas menos restrictivas que las categorías de Alta y Media…" PMA, Cap. 2.7, p. 6.

Zonas de intervención sin restricción:

"Corresponde a áreas donde se puede desarrollar el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante Aspersión Aérea para cada núcleo de intervención, considerando la presencia de los cultivos ilícitos a asperjar y con manejo ambiental acorde con las características del producto, modalidades y periodos de aplicación. Estas áreas se encuentran dentro de la categoría BAJA y MUY BAJA (…)" PMA, Cap. 2.7, p. 6.

La zonificación de manejo corresponde con rangos de sensibilidad ambiental -agregados para todos los componentes-, los cuales se definen en el Capítulo 3.4. Son cinco rangos de sensibilidad, de muy alta a muy baja. Para el medio abiótico, los rangos fueron establecidos, de forma interpretativa, con base en clases agrológicas del suelo. La relación entre las clases agrológicas, la sensibilidad ambiental y las zonas de manejo se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Relación entre las clases agrológicas, las clases de sensibilidad ambiental y las zonas de manejo, compiladas de la Tabla 3-3 (Capítulo 3.4, p. 11-12) y la Gráfica 2.7-1 (Capítulo 2.7, p. 7). Se usan los mismos colores que las tablas del PMA.

							Clases agrológicas
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Sensibilidad ambiental							

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Muy alta		Alta	Moderada	Baja	Muy baja
Zonificación de manejo					
Exclusión	Restricción alta	Restricción media	Restricción baja	Intervención sin restricción	

Para entender de forma crítica la lógica detrás de esta relación cualitativa, entre clases agrológicas y zonas de manejo, es preciso revisar el concepto de sensibilidad ambiental, que en los TDR se define así:

> *"susceptibilidad inherente de los componentes ambientales y sus procesos físicos, bióticos y socioeconómicos a la transformación o cambio que resulta de las actividades antrópicas o de los procesos de desestabilización natural que experimenta el ambiente".* TDR, Glosario, p. 7.

El PMA da especial atención a los cuerpos de agua y las franjas de seguridad:

> *"Dada su importancia, la presencia de todos los cuerpos de agua (loticos y lenticos) identificados la escala del estudio (1:100.000) junto con la franja de seguridad de 100 metros establecida por el decreto 1843 de 1991 se encuentran catalogados como áreas de sensibilidad especial con una categoría muy alta de sensibilidad (…)"*

El PMA, sin embargo, no relaciona las características del suelo con su capacidad de regulación hídrica, es decir, con su capacidad de sustentar la "franja efectiva", donde ocurre el transporte de glifosato hacia los cuerpos de agua.

La lógica de argumentación que relaciona las clases agrológicas y la sensibilidad ambiental es de protección de la productividad, mas no de la funcionalidad ecológica del suelo. Por ejemplo, para la clase agrológica III, que se relaciona con sensibilidad alta el PMA dice que:

> *"Las tierras de la Clase III tienen alta capacidad productiva tiene moderada limitaciones y restricciones para el uso por erosión, pendiente, suelo, humedad o daño, solos o combinados. Suelos aptos para el desarrollo de cultivos permanentes intensivos y permanentes semi-intensivos, por lo tanto, se considera que su sensibilidad y su capacidad de prestar bienes y servicios ambientales asociada a productividad agrologica es alta."* PMA, Cap. 3.4, p. 11. (subrayado fuera de texto)

Mientras que para la clase agrológica VII dice que:

> *"Las tierras de la Clase VII tienen baja capacidad productividad y presentan grandes limitaciones, son aptas para bosques de protección-producción y previa adecuación de los suelos con obras de drenaje pueden utilizarse con pastos para ganadería extensiva o sistemas silvopastoriles donde se considera que su sensibilidad y su capacidad de prestar bienes y servicios ambientales asociada a productividad agrologica es baja."* PMA, Cap. 3.4, p. 12. (subrayado fuera de texto)

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Una lógica más consistente con la definición de sensibilidad debería considerar propiedades claves del suelo, para mantener su propia funcionalidad ecosistémica y para mantener la calidad de las aguas circundantes. Este segundo aspecto se ve reflejado en las descripciones de las limitaciones de uso de las clases agrológicas. A continuación, se resaltan dichos factores, tomando como ejemplo las tablas 3.1-4 y 3.1-11 para los núcleos San José y Caquetá presentadas en el Capítulo 3.1. y se presenta un análisis espacial.

4.3.7 Análisis de clases agrológicas y sensibilidad ambiental

La CCLUS usada en Colombia, adoptada del United States Department of Agriculture (Klingebiel and Montgomery, 1961), tiene como objetivo generar mapas interpretativos con fines agrícolas, que provean información sobre las potencialidades y limitaciones para la producción sostenible de cultivos comunes. El propósito original de los mapas de agrupamientos interpretativos de suelos va mas allá: es proveer información generalizada de suelos de acuerdo con las necesidades de los usuarios, no solo para agricultura, sino también para ingeniería, planeamiento regional, recreación, etc. (Klingebiel and Montgomery, 1961; van Diepen et al., 1991). **Siguiendo este principio, se concluye que el PMA debería haber tenido en cuenta una agrupación de suelos pertinente a los factores que controlan el destino ambiental del glifosato.** En este sentido, se presenta aquí una primera aproximación.

Con el propósito de un enfoque por el medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales, el IGAC describe unidades a nivel de subclase (IGAC, 2014), en las cuales se especifican uno o más factores limitantes generales y específicos para la UCS. Es decir, la subclase agrupa tierras por número de factores y grados de limitaciones. Para los núcleos San José y Caquetá las limitaciones por pendiente (p), humedad en exceso (h) y profundidad efectiva del suelo (s) son relevantes para identificar áreas de predominio potencial de la escorrentía y de "fácil" interacción entre agua superficial y subterránea -por ejemplo, debido a la proximidad del nivel freático- , las cuales representan zonas de riesgo para la contaminación de cuerpos de agua, que en algunas zonas se utilizan para el consumo.

Tabla 5. Extracto de la tabla 3.1-4 (capítulo 3.1, p. 43-46) que muestra características de los suelos que favorecen la escorrentía superficial y por tanto el transporte -hacia- y/o acumulación de glifosato en cuerpos de agua en el núcleo San José. Las clases presentan los colores de la sensibilidad ambiental: en verde oscuro, muy baja; en verde claro, baja; en amarillo moderada, y en rojo, alta. Los colores azules se utilizan para ilustrar en el mapa de la figura 25 las áreas con suelos que favorecen la escorrentía (azul claro) y suelos que favorecen la escorrentía y la infiltración hacia acuíferos (azul oscuro)

Clase	Subclase	Limitaciones de uso que favorecen transporte por escorrentía	Área %
III	hs	Nivel freático alto, riesgo de encharcamientos e inundaciones, profundidad efectiva superficial.	0,33
IV	hsc	Frecuentes inundaciones encharcamientos; nivel freático alto en épocas de lluvia; excesivas lluvias durante el segundo semestre.	0,47
	s	Profundidad efectiva superficial y presencia de horizontes compactados.	1,32
	sh	Susceptibilidad a encharcamientos de corta duración y **presencia de zurales.**	2,38
	sh	Profundidad efectiva superficial, el nivel freático cercano a la superficie del suelo y las inundaciones y encharcamientos periódicos invernales	1,76

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

V	h	Inundaciones y encharcamientos frecuentes y extremadamente largos, nivel freático alto.	4,70
	hs	Poca profundidad efectiva por fluctuaciones del nivel freático y baja capacidad de aireación debido a las inundaciones o encharcamientos frecuentes.	4,73
	hs	Inundaciones frecuentes, el **nivel freático superficial** y la **presencia de capas pedregosas en superficie.**	0,74
VI	hs	Inundaciones y los encharcamientos frecuentes, profundidad efectiva superficial.	2,79
	ts	Pendientes moderadamente fuertes, profundidad efectiva superficial.	6,41
VII	hs	Encharcamientos e inundaciones prolongadas (en algunos sectores hace parte del ecosistema de ronda hídrica).	0,33
	pe	Pendientes fuertes, moderada a alta susceptibilidad a la erosión, escasa profundidad radicular en sectores.	4,22
	se	Erosión hídrica laminar moderada que afecta más del 50% del área, profundidad efectiva muy superficial.	4,92
	tes	Pendientes muy fuertes, erosión hídrica laminar ligera a moderada, profundidad efectiva muy superficial.	0,24
	Ts	Pendientes fuertes, profundidad efectiva superficial.	0,16
VIII	h	**Fragilidad del ecosistema de las rondas conservación y/o hídricas** (importante para la protección de recuperación de la aguas, suelos y la diversidad biológica)	4,80
TOTAL			**40,3**

Tabla 6. Extracto de la tabla 3.1-11 (capítulo 3.1, p. 83-85) que muestra características de los suelos que favorecen la escorrentía superficial y por tanto el transporte -hacia- y/o acumulación de glifosato en cuerpos de agua en el núcleo Caquetá. Las clases presentan los colores de la sensibilidad ambiental: en verde oscuro, muy baja, y en amarillo, moderada. El color azul se utiliza en el mapa de la figura 26 en las áreas con suelos que favorecen la escorrentía.

Clase	Subclase	Limitaciones de uso que favorecen transporte por escorrentía	Área %
IV	sc	Exceso de humedad por las abundantes lluvias, poca profundidad efectiva.	0
V	h-K	Inundaciones frecuentes de larga duración, mal drenaje.	0,07
	h-U	Alta pluviosidad, susceptibilidad a los encharcamientos y a las inundaciones de larga duración y drenaje pobre.	0,53
	h-V	Inundaciones constantes y prolongadas, drenaje pobre.	12
VI	p-P	Las pendientes (25-50%), la alta susceptibilidad al deterioro	1,69
	p-U	Fuertes pendientes (7-12% y 25-50%) y las lluvias excesivas que aumentan la susceptibilidad al deterioro.	1
	p-V	Fuertes pendientes (25-50%) en la montaña que acrecientan la susceptibilidad al deterioro.	0,94
	pe-U	Pendientes fuertes en su mayoría mayores al (25%) y erosión hídrica en grado moderado.	0,56
	pe-V	Pendientes mayores del (25%) y erosión hídrica en grado moderado.	38
VII	p-P	Pendientes fuertes mayores del (50%) y alta susceptibilidad a la erosión.	2,28
	se	La erosión hídrica laminar moderada que afecta más del 50% del área, la profundidad efectiva muy superficial.	0
	tes	Pendientes muy fuertes, erosión hídrica laminar ligera a moderada, profundidad efectiva muy superficial.	0,06

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

VIII		Climas y lluvias variados, pendientes muy fuertes mayores de (50%), suelos muy superficiales.	9,95
TOTAL			**67,08**

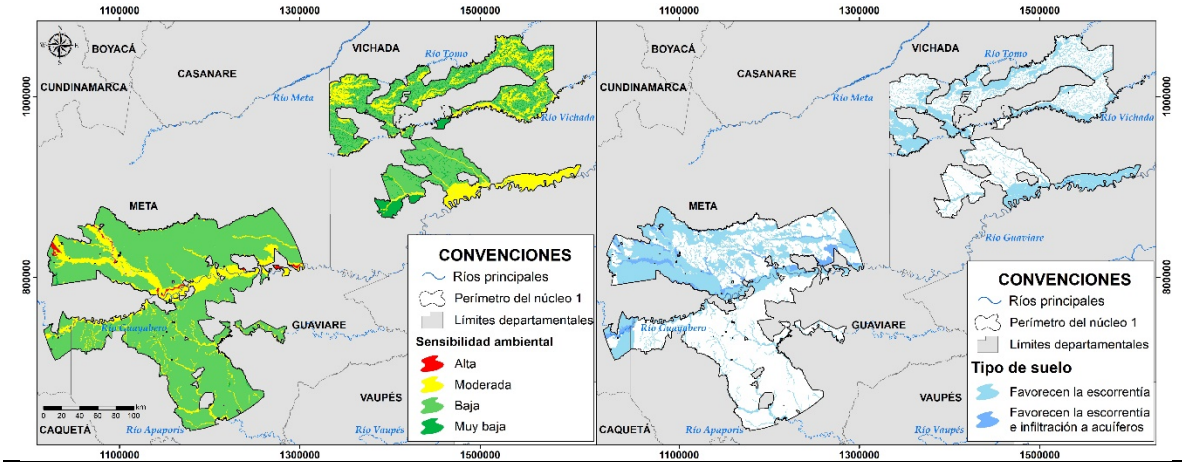


Figura 25. Sensibilidad ambiental del medio abiótico para el núcleo San José. Izquierda: clases de sensibilidad de acuerdo a clases agrológicas, de acuerdo al PMA. Derecha: Zonas de sensibilidad ambiental debido a escorrentía (azul claro) e infiltración (azul oscuro) no detectadas por el PMA. Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que se presentan subclases en las tablas del PMA (e.g. Tabla 3.1 -4 y Tabla 3.1-11), no se visualizan en los mapas, ni se interpretan o procesan en términos de sensibilidad ambiental. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra que, si se toman en cuenta las restricciones debido a alta humedad, pendientes fuertes y profundidad efectiva superficial/muy superficial, 40,3% del área del núcleo San José debería revisarse por riesgo de transporte de glifosato hacia cuerpos de agua. Con las mismas restricciones, la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**26 muestra 67,1 % bajo riesgo de transporte del pesticida en el núcleo Caquetá; se sabe, por ejemplo, que en los paisajes de lomeríos hay acumulaciones superficiales de agua que son usadas por poblaciones locales, e.g. Morelia y Valparaiso (Vicaría del Sur - Terrae, 2017) para el consumo doméstico.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

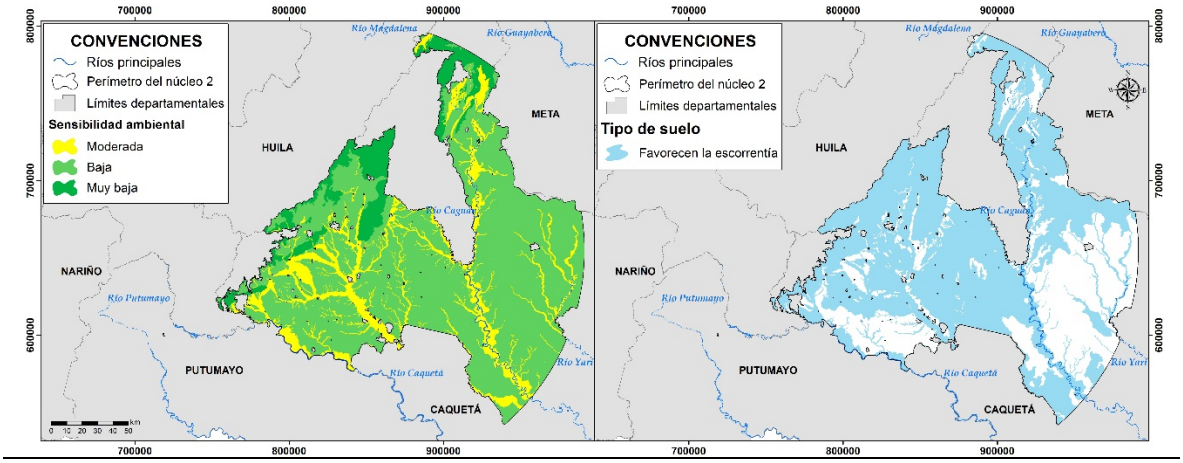


Figura 26. *Sensibilidad ambiental del medio abiótico para el núcleo Caquetá. Izquierda: clases de sensibilidad de acuerdo a clases agrológicas, de acuerdo al PMA. Derecha: Zonas de sensibilidad ambiental debido a escorrentía (azul claro) no detectadas por el PMA. Las poblaciones Morelia y Valparaíso utilizan las acumulaciones naturales de agua en superficie para el consumo doméstico. Fuente: Elaboración propia.*

4.3.8 Estudio caso: Transporte de glifosato en suelos y agua en Casanare

La franja de 100 metros adoptada en el PMA, establecida por el Decreto 1843, no está sustentada por medidas o modelos de transporte de glifosato que la justifiquen. No se consideran, entre otras cosas, características clave del suelo (**ver 4.**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) relacionadas con el potencial para controlar el transporte de glifosato.

A continuación, se presenta un **resumen** de estudio caso, que **argumenta a favor de la revisión de la franja de regulación y llama la atención sobre la falta de estudios** de ocurrencia de glifosato en Colombia. Se basa en un trabajo no publicado de la Corporación Geoambiental Terrae, con levantamiento de información en campo y análisis de laboratorio. Los resultados entran en contradicción con los mencionados estudios, experticia y éxito de las aplicaciones de glifosato en la agricultura (Policía Nacional - Dirección de Antinarcóticos, 2020), cuyos datos no se presentan, ni se referencian en la bibliografía del PMA.

Contexto

La zona de estudio “Reserva Aves D’ Jah” es una reserva natural de la sociedad civil (RESNATUR, 2019), que cubre 660 ha del Municipio de Paz de Ariporo, departamento de Casanare. La reserva no ha sido tratada desde hace al menos dos generaciones con agroquímicos, ni ha sido intervenida por la actividad petrolera. Actualmente se realizan allí actividades de conservación, reforestación, ganadería sostenible y agricultura de subsistencia (Tellez, 2017).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

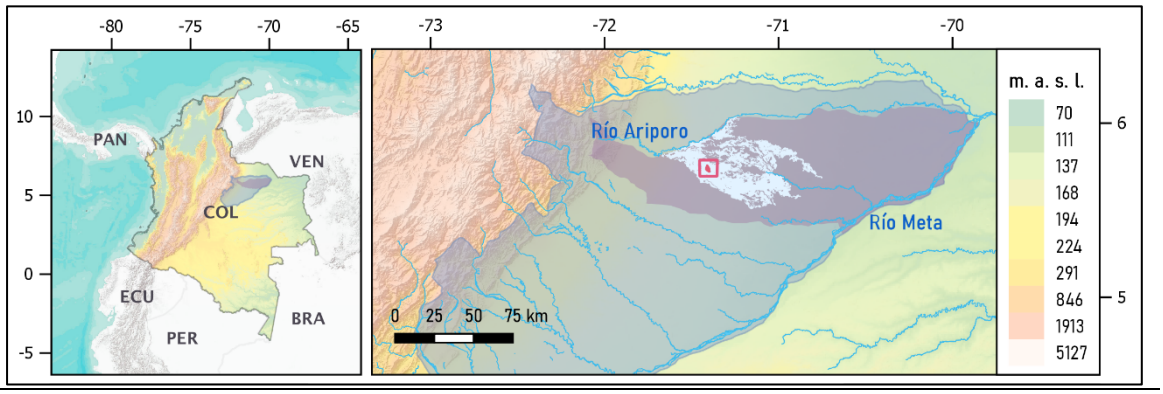


Figura 27. Mapa de ubicación del área de estudio. La reserva Aves D' Jah, enmarcada en un cuadrado rojo, se muestra dentro de la UCS Rav, en color azul claro. En morado, el municipio de Paz de Ariporo. En azul, el departamento de Casanare.
Fuente: Elaboración propia, con uso de QGIS 3.12.

La reserva se encuentra rodeada por cultivos de arroz, asperjados desde 2014 con glifosato. El proyecto arrocero se extiende en concordancia con el uso del suelo propuesto por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2019d), para una extensión de 176.000 ha, correspondientes a la CCLUS: clase V, subclase h y UCS RVAa (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**): una asociación de Plinthic Petraquepts, Typic Quartzipsamments, Aeric Humaquepts, Typic Endoaquepts. Son suelos pobremente drenados, en sectores bien drenados, moderadamente profundos, texturas finas, en sectores gruesas, fuerte a muy fuertemente ácido y fertilidad baja (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2014).

La inclinación regional hacia el SEE condiciona el transporte de agua, por ríos, quebradas y esteros interconectados, en esta dirección. La temporada de lluvias ocurre entre abril y octubre. Entre enero y abril, en el pico de la temporada seca, se adecúan los terrenos para la siembra de arroz. La adecuación consiste en la quema, arado y 2 a 3 pulsos de fumigación con Roundup.

Métodos

Entre el 28 de abril y 7 de mayo de 2019 se recogieron muestras de suelos y aguas tomadas de pozos profundos, calicatas, esteros y quebradas. Para suelos, se siguió un muestreo aleatorio estratificado, con estratos que correspondían a formas del terreno, determinadas sobre una imagen Séntinel-2 de abril de 2019, de 10 metros de resolución. Para cuerpos de agua, se siguió un muestreo de conveniencia, según accesibilidad. Para cada muestra, se tomaron 50 ml de agua y se realizó filtrado (0.50 µm) por bomba de vacío.

La concentración de glifosato se determinó en muestras de agua (filtradas) mediante la técnica de espectrofotometría UV-vis, con previa derivatización con FMOC-Cl, explicado en Felton et al. (2018) y Waiman et al. (2012), en el Laboratorio de aguas y suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias, en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. El límite de detección se estableció a 250 µg/l (o ppb), i.e. concentraciones relativamente altas. Las muestras de suelo se analizaron mediante

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

cromatografía líquida con espectrometría de masas (LC-MS/MS), con límite de detección de 10ppb, en el laboratorio PRIMORIS COLOMBIA.

A continuación, se presenta únicamente la distribución espacial de concentraciones de glifosato en la reserva Aves D´Jah.

Resultados

No se detectó glifosato en la fracción sólida de suelos superficiales. En cambio, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las concentraciones de glifosato son al menos dos órdenes de magnitud superiores -en algunos cuerpos de agua- a lo encontrado comúnmente en reportes internacionales: e.g. Van Bruggen et al. (2018) reportan valores que oscilan entre 0,001µg/l hasta 430µg/l para 14 estudios internacionales. Las concentraciones altas se encontraron en muestras de esteros, que son acumulaciones de agua casi permanentes en zonas deprimidas, y en el agua de algunos horizontes de suelo subsuperficiales saturados.

La magnitud de las concentraciones de glifosato, su distribución irregular y la ausencia en suelo superficial, sugieren que **los flujos de escorrentía e interflujos ejercen un control importante** en el transporte de glifosato, desde las fincas asperjadas hacia la reserva. El glifosato llega de estas dos formas, superficialmente en W4 y subsuperficialmente en S5, S13 y S9, hasta cerca de 500 metros dentro de la reserva: **esto indica que la existencia de una franja de 100 metros -sin sustento en modelos y medidas de campo- no es garantía para la atenuación del pesticida.**

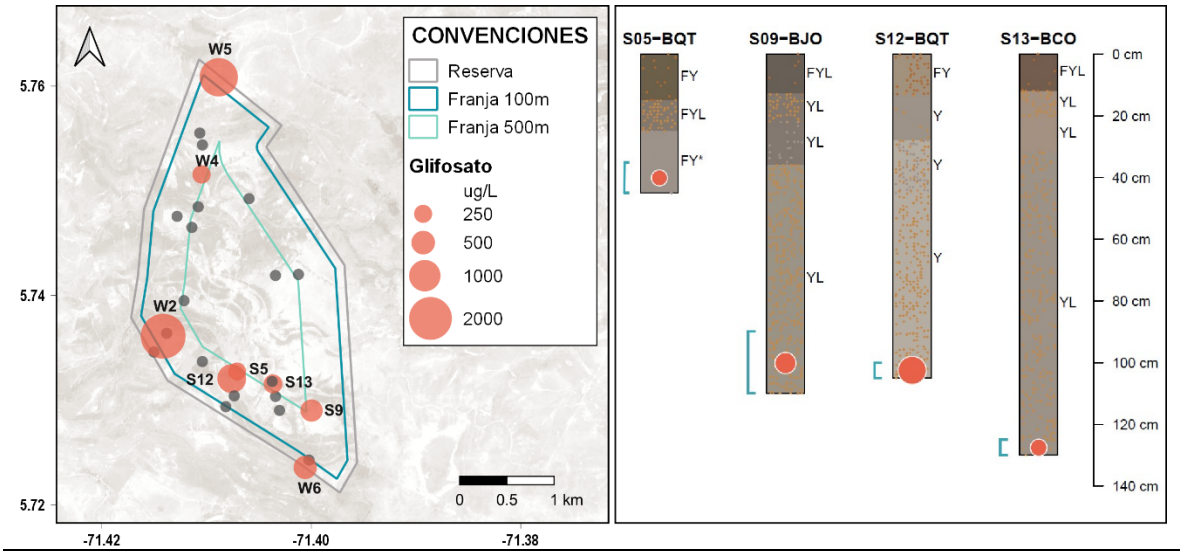


Figura 28. Izquierda: Localización de puntos de muestreo y concentraciones de glifosato en la reserva. Los puntos grises corresponden a muestras en las que no se detectó glifosato. Los puntos etiquetados con "W#" corresponden a agua superficial de esteros; los puntos etiquetados con "S#" corresponden a agua colectada en horizontes saturados en calicatas. Los perímetros azul oscuro y azul claro representan franjas hipotéticas hacia el interior de la reserva. En la imagen de fondo (Google, 2019), las zonas oscuras corresponden a zonas con mas densidad de vegetación. Derecha: perfiles de suelo esquemáticos etiquetados en el mapa. Los corchetes azules indican saturación de agua; los círculos representan el glifosato, de acuerdo a la escala

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

del mapa. Los horizontes están etiquetados con clases texturales de campo (FAO, 2009): FY: franco arcilloso, FYL: franco arcilloso-limoso, YL: arcillo-limoso, Y: arcilloso. Los perfiles tienen un nombre compuesto para indicar las geoformas en que se encontraban: BCO – banco, BQT – banqueta, BJO – bajo.
Fuente: Elaboración propia, con uso de QGIS 3.12 y el lenguaje y ambiente de programación estadística R (librería "aqp").

Para la época en que se realizó el muestreo, al final de la temporada seca, la conectividad hídrica, entre estero-estero, estero-caño, estero-suelo y suelo-suelo, era limitada. Adicionalmente, los suelos de la llanura de desborde tienen una interconectividad hídrica lateral y vertical compleja, reflejada en la complejidad superficial de geoformas (Figura 28, izquierda) y una conductividad hidráulica moderada a baja, debido al predominio de texturas finas (Figura 28, derecha). A pesar de estas características, se detectaron concentraciones altas, entre 250 – 1000 µg/l, a profundidades mayores a 1m en los horizontes de suelo saturados. De los cuatro suelos que se reportan, aquel que se encontraba en una zona de fluctuación periódica de agua (S12 – en una banqueta) presentó la mayor concentración. En menor concentración, pero igualmente alta, se encontró glifosato en un suelo de banco, a pesar de que esta geoforma es la mas distante de esteros y mejor drenada. **Estas evidencias sugieren la existencia de mecanismos de transporte, concentración y liberación del glifosato durante el transcurso del año.** Se necesitan sin embargo estudios más especializados para confirmar esta hipótesis. Estos resultados demuestran **la necesidad del monitoreo del agua subsuperficial, de los mecanismos de concentración-liberación y de la conectividad hídrica entre suelos, para entender el destino ambiental del glifosato en cada zona.**

4.4 Evaluación del componente hidrogeológico (aguas subterráneas)

En este aparte se hace una revisión del Plan de Manejo Ambiental (PMA) para el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos (PECIG) en términos hidrogeológicos presentado por la Dirección de Antinarcóticos de la Policía Nacional (DIRAN). Para realizar dicha revisión se verifican los lineamientos que rigen el PMA del PECIG los cuales viene de varios niveles, particularmente se hace una síntesis de los lineamientos dados por la Corte Constitucional a través de la sentencia T-236-17 y los requerimientos dados por los términos de referencia construidos por la ANLA para esta actividad. Posteriormente, se hace un contexto teórico con respecto a la migración, lixiviación y transporte del glifosato en el medio. Finalmente, se hace la revisión en donde se contrasta y valida la información presentada por la DIRAN.

4.4.1 Consideraciones de agua subterránea en el marco de la Sentencia T-236 de 2017

En el numeral 2 del presente documento se hizo un abordaje general de los aspectos técnicos considerados por la Corte Constitucional para ser analizados científicamente en la problemática relacionada con al aspersión con glifosato. En cuanto a aguas subterráneas, la Corte considera necesaria una mayor investigación científica, orientada a identificar la ubicación de manantiales, pozos, etc. que son los puntos de donde se abastecen las comunidades, y definir la posibilidad de que por migración el glifosato llegue hasta dichas fuentes de agua. En este sentido, la sentencia

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

resalta en la sección de traslado y contestación de la demanda (sección 2) en cuanto a las condiciones de las fuentes de agua:

> *2.1.3. Argumentó que el programa de fumigación por aspersión aérea se adelantaba bajo la autorización y supervisión del Ministerio de Salud, "quien garantiza la no afectación de la población, ni de las fuentes de agua asociadas". Frente ello, adujo que el glifosato es usado no sólo para la erradicación de cultivos ilícitos, sino que acorde con lo señalado por el Instituto Colombiano Agropecuario – ICA-, es empleado para el control de malezas en cultivos de arroz, algodón, soya, plátano y banano, entre otros.* (subrayado fuera de texto)

En efecto, existen variados estudios de los riesgos en la salud humana, como bien lo resalta la Corte, particularmente el IARC ha indicado el potencial carcinogénico del glifosato, con algunos contradictores como es la EFSA. Sin embargo, la Corte identifica plenamente que las condiciones bajo las que se realizaría la aspersión aérea en el territorio nacional no tienen precedente en la literatura. Por lo que para esta consultoría conocer las condiciones del entorno detalladamente es de vital importancia, con lo que se puede construir una línea base ambiental.

De tal forma que en lo referente a los diferentes estudios realizados a nivel nacional se resalta de una parte, la deriva que puede tener la aspersión, y de otra parte los efectos sobre la salud. Dichos efectos sobre la Salud son subrayados por AIDA para lo cual debe garantizarse la presencia o ausencia tanto de habitantes como de fuentes de abastecimiento, esto se puede leer en el siguiente parágrafo:

> "*El Plan de Manejo Ambiental del PECIG establece unas condiciones de operación destinadas a minimizar los riesgos. Sin embargo, afirma AIDA que "no existen informes de monitoreo que verifiquen el cumplimiento de estas condiciones, o éstos no son de fácil acceso", por lo cual "no podría afirmarse si las condiciones para que la aplicación no cause mayores impactos ambientales y en la salud se están cumpliendo". En este proceso la Corte encontró la misma dificultad en relación con los informes remitidos por la Dirección de Antinarcóticos de la Policía Nacional. A las preguntas sobre la verificación de viviendas o cuerpos de agua en las operaciones sobre Nóvita, Chocó—aspectos que según la ficha No. 1 del Plan de Manejo Ambiental debían ser verificados antes de cada operación—la Dirección de Antinarcóticos respondió citando los parámetros de operación y el artículo 87 del Decreto 1843 de 1991 sin proveer información sobre la verificación efectivamente realizada. Así, aunque se invocaron las normas que obligan a la Dirección de Antinarcóticos a realizar las verificaciones, no se probó que dichas verificaciones efectivamente se hubieran realizado a pesar de la pregunta directa formulada por la Corte. En este punto, debido a la omisión de envío de información por la Dirección de Antinarcóticos, la Sala aplica la regla prevista en el artículo 20 del Decreto 2591 de 1991 y presume que en las operaciones sobre Nóvita no se realizaron previamente las verificaciones sobre presencia de viviendas o presencia de cuerpos de agua, ordenadas por la Ficha No. 1 del Plan de Manejo Ambiental. Así, en relación con las características de las operaciones del PECIG, la Sala considera que el nivel de riesgo es incierto ya que no hay certeza sobre si los parámetros de operación efectivamente se cumplen o no*"

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Ya en la parte resolutiva de la sentencia se enfoca establecer medidas de imparcialidad, evaluación continua del riesgo en forma participativa, entre otras condiciones. En particular de la sentencia establece uno de los requerimientos que lleva a aplicar o exigir, por parte del proponente y la ANLA, metodologías de investigación y modelación que permitan limitar la incertidumbre, de tal forma que busca que las decisiones se den de forma objetiva:

> **"***Las decisiones que se tomen en el marco de este proceso decisorio deben fundarse en evidencia objetiva y concluyente**. No son constitucionalmente admisibles las decisiones que se fundamenten en meras hipótesis y conjeturas, o en una sola investigación que establezca o descarte un peligro de daño. Las autoridades deben hacer uso de todas las capacidades que tengan para obtener información sobre los riesgos de las distintas opciones de política de lucha contra las drogas, y evaluar objetivamente dichos riesgos frente a los beneficios que pueda reportar cada opción**. Solo con base en dichas evaluaciones puede fijarse de manera responsable el nivel de protección adecuado para la salud y el medio ambiente*." (subrayados fuera de texto)

En el presente documento de evaluación ambiental independiente, en términos hidrológicos e hidrogeológicos, entiende esa exposición a la sustancia en dos sentidos:

1) En términos de la facilidad con que la sustancia puede llegar a fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas.
2) En la facilidad de ser transportado fuera de la zona de estudio aguas abajo por erosión o fuera de la zona de estudio.

Adicionalmente, se hace una revisión de los términos de referencia, señalando que la condición de objetividad y disminución de la incertidumbre de un problema, solo se pude lograr considerado:

- Un número representativo de muestras por unidad de suelo.
- Ensayos adecuados de las propiedades físicas y químicas de los suelos.
- Solución del problema con las técnicas más avanzadas de modelación.
- Mapeo de las fuentes de abastecimiento de agua, con la dificultad de que en muchas de estas regiones no existe un acueducto.

4.4.2 Análisis de los términos de referencia de la ANLA

Los términos de referencia[5] se han separado para resaltar los requerimientos en términos de aguas y las precauciones que ellas ameritan. De una parte, se tiene los requerimientos generales hechos en el PMA y consignados en el capitulo 2, de otra parte, se tiene lo que serían los términos de referencia específicos consignados estos en el capitulo 3.

Es importante resaltar que **los términos de referencia no incluyen en la construcción de la línea base o en la evaluación de las afectaciones el componente de aguas subterráneas o de hidrogeología en forma independiente**, y solo se tienen algunos requerimientos parciales en el

[5] ANLA (2019). Términos de referencia para la elaboración del estudio para la modificación del plan de manejo ambiental – pma del programa de erradicación de cultivos ilícitos. Bogotá.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

componente de agua. Esto implica que queda a potestad de la DIRAN evaluar dicho componente, aun cuando en muchos territorios colombianos la única forma de abastecerse de agua se basa en la captación de aguas subterráneas, como se detallará más adelante a partir de información pública.

4.4.2.1 Del PMA general

En sección 2.4.4.1. se hace alusión a informar claramente la forma en que se definió la ubicación de los cultivos ilícitos o las tecnologías usadas para determinar la ubicación, con respecto a esto llama la atención lo siguiente:

> *"Adicionalmente, se deberán informar los criterios establecidos para definir y delimitar los polígonos de aspersión dentro de las áreas de influencia previamente identificadas, donde se llevarán a cabo las actividades. Dentro de los criterios establecidos se deben tener en cuenta distancias a centros poblados, a viviendas, a infraestructura social (centros educativos, salones comunales, centros de salud, cementerios, iglesias, etc.), así como a **puntos de abastecimiento de agua** para consumo humano. Estos criterios deben contar con el respectivo soporte técnico para los diferentes tipos de infraestructura o zonas de interés."* Tomado de sección 2.4.4.1. ANLA (2019) (subrayado y negrilla fuera de texto)

Comentario: Este es uno de los principales aspectos en que se centrará el presente numeral y está ligado con los requerimientos hechos por la Corte. En términos de aguas subterráneas dichas fuentes de abastecimiento puede ser pozos, aljibes, manantiales.

En cuanto a la aplicación del producto llama la atención la evaluación que deben realizar de la deriva por tanto se pide a la Policía:

> *"Para cada una de las modalidades de aplicación definidas, se deberán presentar los respectivos procedimientos de ejecución, especificando las acciones que se realizarán antes, durante y después de la aplicación o aspersión, condiciones mínimas seguras para realizar la aspersión, comunicación previa a las comunidades, condiciones climáticas para la aspersión, deriva típica de cada modalidad de aplicación ajustada a la zona misma de aplicación, altura de vuelo para el caso de aspersión aérea u otros dispositivos no terrestres, velocidad sobre el terreno, anchura de franja, tasa de flujo del líquido, entre otros aspectos relevantes"* Página 20 sección 2.4.4.5 ANLA (2019) (subrayados fuera de texto)

Comentario: En este caso, teniendo en cuenta lo determinado por la corte, el problema está en definir la deriva y como definirla. Si bien dadas las nuevas tecnologías se puede hacer un seguimiento continuo de diferentes variables meteorológicas o de condiciones de operación de la aspersión el carácter predictivo o como se ha determinado la deriva es el punto importante. Se espera un afinamiento en cuanto a los requerimientos de modelos usados para validar la deriva.

En la sección 2.5 se habla de *Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales,* los requerimientos en este apartado son particularmente los siguientes párrafos:

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Presentar una descripción detallada de los recursos naturales que demandará la Actividad y que serán utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes etapas de la misma, incluyendo los que requieran o no permisos, concesiones o autorizaciones.

Si el agua que se usa en las bases de operación para las diferentes actividades operativas o para la preparación de mezclas plaguicidas se toma de una red de acueducto, debe indicarse el consumo mensual promedio, o en el caso de tomarse de fuente natural, la concesión de aguas indicando y anexando la respectiva resolución. En caso de requerirse algún permiso, concesión o autorización para el desarrollo de la actividad, éstos se deben solicitar ante la Autoridad Ambiental Competente de la jurisdicción en donde estos se realizarían. Página 21-22 ANLA (2019) (subrayado fuera de texto)

Comentario: Esta sección permite incluir el detalle de las metodologías para evaluar los potenciales impactos**.** El apartado no da indicios de cuáles deben ser las consideraciones mínimas que se deben tener en cuenta, por ejemplo, los lineamientos en cuanto a modelación, número mínimo de datos, etc. Incluso con la forma en que se construyó el requerimiento no es claro si se requiere evaluar los impactos sobre las aguas generados por posible lixiviación del glifosato o por vertido directo.

En la sección 2.6 se habla de la evaluación ambiental de igual forma no se da un detalle de la metodología a utilizar, aunque llama la atención los siguiente:

En la evaluación de impactos *se deberá prestar especial atención y se deberán contemplar como mínimo los impactos que se enlistan a continuación, manteniendo el nombre de los mismos:*

Medio abiótico: afectación a la calidad del suelo por cambios fisicoquímicos, afectación a la calidad del agua subterránea y superficial (considerar con mayor atención aguas de escorrentía), página. 22 ANLA (2019) (subrayado fuera de texto)

Comentario: No se hace precisión de cómo evaluar el impacto, que en este caso es de vital importancia porque se da la posibilidad de hacer la evaluación mediante métodos cualitativos. Se debe resaltar que la evaluación del impacto tiene dos enfoques el primero de ellos es el que sigue la ANLA, y en este caso la DIRAN, en la que los efectos de una actividad en el territorio se evalúan de forma cualitativa o basados en hipótesis y conjeturas, todo esto implícitamente plasmado en matrices de calificación de impactos que depende de pesos o valoraciones dados de forma cualitativa por el proponente (para un mayor detalle ver la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales del MADS, 2018). El segundo de estos enfoques es cuantitativo, donde se miden propiedades físico-químicas en la zona de estudio que permiten alimentar modelos numéricos para hacer predicciones de cómo se movería un pesticida en el entorno.

Esta último requiere definir número de muestras, tipo de ensayos a realizar, modelos numéricos a implementar, escenarios de modelación y resultados esperados. En efecto, el enfoque cuantitativo debería ser la base a partir de la cual se haga la calificación de los impactos, no obstante, para este caso no se hace precisión de la necesidad de dicha base cuantitativa en la que se basen las hipótesis.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.4.2.2 Del PMA específico

En cuanto al plan de manejo especifico la idea es aportar información de mayor nivel. Por ejemplo, en cuanto al área de influencia se solicita:

> *"el área estará definida en función de aquellas áreas donde se manifiesten y hasta donde trasciendan los impactos ambientales significativos identificados para la(s) actividad(es)."* Página 33 ANLA (2019)

En este aparte, se debe mencionar que evaluar los impactos requiere de una caracterización del medio (definir tipos de suelos, propiedades, presencia o ausencia de agua) lo cual únicamente se logra si se tiene información primaria de la zona que se va a impactar. Teniendo esto en cuenta, la ANLA establece:

> *Los componentes sobre los cuales se debe hacer el análisis de las áreas de influencia corresponden a los indicados en el capítulo de caracterización ambiental para cada uno de los medios (abiótico, biótico y socioeconómico) en donde, para efectos de la caracterización ambiental de las áreas de influencia, se admitirá la utilización de información secundaria de fuentes referenciadas oficiales y en casos puntuales, su precisión o detalle con información de tipo primario. Se podrán utilizar insumos como: fotografías, imágenes de satélite, inventarios y bibliografía especializada, estudios ecológicos de fuentes reconocidas.* Página 34. ANLA (2019)

Comentario: Si bien es acertado que la definición del área de influencia dependa de los límites máximos hasta donde puedan llegar los impactos de una actividad, esta definición no es posible si se permite trabajar con información secundaria regional y enfocada generalmente a los intereses de entidades del Estado (que es lo que se resalta en el anterior apartado citado de la ANLA). Un ejemplo cuantitativo serían cuántas curvas de adsorción y desorción[6] tiene el IGAC en las zonas a asperjar y la realidad del territorio colombiano es que difícilmente se tienen trabajos técnicos o científicos que investiguen este tema.

En cuanto al componente de aguas subterráneas, no se tiene alguna mención y solo se indica de forma muy superficial en el componente de hidrología lo siguiente.

> *3.4.1.2. Hidrología*
>
> *El componente hidrológico debe contener, como mínimo, la siguiente información para el área de influencia del componente:*
>
> *Localizar el área de influencia de la Actividad dentro de la zonificación hidrográfica nacional publicada por el IDEAM y del MADS (Área, Zona y Subzona), así como los niveles subsiguientes definidos por la Autoridad(es) Ambiental(es) Competente(s) en caso de existir, identificando los sistemas lénticos y lóticos, así como zonas de recarga potencial de acuíferos, con su respectiva toponimia. En caso de no existir niveles subsiguientes, se*

[6] Estas curvas relacionan la cantidad de soluto en el agua con la cantidad que puede adsorber un suelo, se construye en laboratorio y se usa para hacer simulaciones variando la concentración de glifosato.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

deberán definir unidades hidrográficas básicas de análisis a escala 1:100.000, o de mayor detalle utilizando la cartografía oficial disponible. Tomado de ANLA (2019)

Comentario: La caracterización de aguas subterráneas depende exclusivamente de información secundaria e incluso parece ignorarse su importancia en la dinámica del ciclo del agua. Esto es de particular gravedad, pues en la cotidianidad de las comunidades campesinas se buscan fuentes propias de agua dada la ausencia del Estado en términos de abastecimiento y cubrimiento de necesidades de primera necesidad como es el agua potable.

4.4.3 Contraste de los términos de referencia con los requerimientos hechos para una planta de plaguicidas.

Si bien no se puede hacer una comparación exhaustiva con términos de referencia usados para otro tipo de actividades, dada la extensión del impacto y el riesgo asociados, se ha hecho una comparación con los términos de referencia que tiene el sector plaguicida de acuerdo con la ANLA. En particular los EIA consultados corresponden a los usados en: CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE PLANTAS DE PRODUCCION DE PLAGUICIDAS (PL-TER-1-01) y PARA IMPORTACIÓN DE PESTICIDAS DE TIPO BIOLÓGICO PARA USO AGRÍCOLA, PL-TER-1-02.

Es destacable en los términos de referencia **PL-TER-1-01** la necesidad de que se haga algún levantamiento y conocimiento en hidrogeología como un componente esto se puede ver de entrada en la tabla de contenido de los citados términos:

"3. CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO. 12
3.1 ÁREAS DE INFLUENCIA 12
3.1.1 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA –AID- 12
3.1.2 ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA –AII- 13
3.2 MEDIO ABIÓTICO 13
3.2.1 GEOLOGÍA 13
3.2.2 GEOMORFOLOGÍA 14
3.2.3 SUELOS 14
3.2.4 HIDROLOGÍA 14
3.2.5 CALIDAD DEL AGUA 15
3.2.6 USOS DEL AGUA 16
3.2.7 HIDROGEOLOGÍA 16
3.2.8 GEOTECNIA 17
3.2.9 ATMÓSFERA 17"

Resaltado fuera de texto.

De igual forma se hace algunas consideraciones con respecto a la afectación de las aguas subterráneas como se puede ver en el siguiente apartado.

"4. DEMANDA USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES 33

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.1 AGUAS SUPERFICIALES 33
4.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS 33
4.3 VERTIMIENTOS 34
4.4 OCUPACIÓN DE CAUCES 35"

Subrayado fuera de texto.

Con esto se presume algunos requerimientos en cuanto a aguas subterráneas específicos, lo que se consolida posteriormente en el contenido. Es importante resaltar que para hacer una adecuada evaluación de los impactos en una zona se necesita conocer el territorio, siendo un estándar para la ANLA requerimientos como los siguientes:

- *"Área de influencia indirecta*

Cuando por las condiciones geológicas del área, se identifiquen unidades hidrogeológicas, presentar la siguiente información:

- *Identificar el tipo de acuífero.*
- *Establecer las direcciones de flujo.*
- *Identificar las zonas de recarga y descarga*

La información debe ser presentada en planos a escala 1:25.000 o mayor.

- *Área de influencia directa*
  - *Realizar el inventario de puntos de agua que incluyen pozos, aljibes y manantiales, identificando la unidad geológica captada, su caracterización físico-química y los caudales de explotación.*
  - *Establecer las unidades hidrogeológicas que intervendrá el proyecto. Igualmente, se deben identificar aquellas unidades que tengan conexión hidráulica con fuentes de agua superficiales.*
  - *Evaluar la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas por las actividades del proyecto (combustibles, materiales residuales, derrames sustancias tóxicas, entre otros).*

Presentar el mapa hidrogeológico a escala 1:25000 o mayor, localizando puntos de agua, tipo de acuífero, dirección de flujo del agua subterránea y zonas de recarga y descarga."
Página 13, subrayados fuera de texto.

Lo que llama la atención son las escalas de trabajo requeridas, en este caso se habla de 1:25.000, cuatro veces más detallada que la requerida a la DIRAN. Adicionalmente, y dada la importancia del agua subterránea en el territorio colombiano, se obliga el levantamiento de un inventario de puntos de salida de aguas subterráneas que es el único instrumento que permite identificar elementos tales como los manantiales y tener una idea de los flujos de las aguas subterráneas en un territorio. Las demás consideraciones le permiten a un profesional establecer las zonas de entrada y salida del sistema de aguas subterráneas y las potenciales direcciones de flujo, todo esto de vital importancia para identificar el riesgo y con implicaciones legales dado el carácter de protección especial de las zonas de recarga de acuíferos (las zonas de entrada de las aguas al sistema subterráneo).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Adicionalmente, hacen algunas alusiones a evaluación del movimiento del soluto en el medio como lo indican los términos de referencia **PL-TER-1-02**, aunque de forma escueta.

> ***"Medio Abiótico***
>
> ***Aguas subterráneas**: Evaluar el riesgo de contaminación debido a lixiviación, infiltración ó recarga de acuíferos, considerando las propiedades asociadas a la movilidad y degradabilidad en diferentes tipos de suelos."*

Con esta comparación se puede ver que si bien para otras actividades en el sector de plaguicidas, actividades que son de carácter más puntual, se hacen requerimientos en términos de agua subterránea, no es así para la aspersión aérea que es una actividad espacial de gran extensión. Se considera que esto puede poner en riesgo la salud, la vida y el acceso al agua potable de las comunidades de la zona por afectación y contaminación de las fuentes de agua.

4.4.4 Marco de referencia

4.4.4.1 Acceso al agua y las garantías del estado en el contexto colombiano

El índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI) estimado por el DANE en el 2018 está compuesto por varios parámetros dentro de los cuales se encuentran viviendas inadecuadas, viviendas con hacinamiento crítico, **viviendas con servicios inadecuados**, viviendas con alta dependencia económica y vivienda con niños en edad escolar que no asisten a la escuela. Particularmente, el DANE menciona con respecto a los servicios inadecuados lo siguiente:

> *Este indicador expresa en forma más directa el no acceso a condiciones vitales y sanitarias mínimas. Se distingue, igualmente, la condición de las cabeceras y las del resto. En cabeceras, comprende las viviendas sin sanitario o que careciendo de acueducto se provean de agua en río, nacimiento, carrotanque o de la lluvia. En el resto, dadas las condiciones del medio rural, se incluyen las viviendas que carezcan de sanitario y acueducto y que se aprovisionen de agua en río, nacimiento o de la lluvia.* (Tomado de DANE[7] subrayado fuera de texto)

Es decir, que dentro del NBI el componente de servicios da una idea del grado de cubrimiento en cuanto a acueducto y alcantarillado en el territorio colombiano. Para el caso particular las zonas consideradas como *el resto,* se encuentran para los departamentos ubicados en los núcleos 1 y 2, como es el caso del Guaviare, valores que oscilan entre 40 % y 10 % de ausencia o bien de fuentes de abastecimiento o de alcantarillado, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 7. Índice NBI para los municipios que serán afectados por la aspersión aérea. Modificado de DANE

				Total		Cabecera		Resto	
Código Departamento	Nombre Departamento	Código Municipio	Nombre Municipio	Prop de Personas en NBI (%)	Componente Servicios	Prop de Personas en NBI (%)	Componente Servicios	Prop de Personas en NBI (%)	Componente Servicios

[7] https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

50	META	325	MAPIRIPÁN	51,84	27,58	30,75	11,53	66,09	38,42
50	META	350	LA MACARENA	41,69	20,83	23,37	3,67	45,58	24,48
50	META	590	PUERTO RICO	37,00	10,55	22,92	1,53	54,78	21,94
50	META	711	VISTAHERMOSA	35,60	6,46	24,37	0,61	44,45	11,07
50	META	577	PUERTO LLERAS	32,79	4,90	21,28	2,61	42,00	6,73
95	GUAVIARE	200	MIRAFLORES	40,09	29,68	23,56	11,02	48,80	39,51
95	GUAVIARE	015	CALAMAR	40,01	18,24	30,59	5,15	49,57	31,51
95	GUAVIARE	025	EL RETORNO	31,73	16,64	11,20	1,86	40,54	22,99
95	GUAVIARE	001	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	23,68	7,98	13,71	0,99	51,44	27,44
18	CAQUETÁ	479	MORELIA	20,18	3,07	12,92	0,60	28,96	6,07
18	CAQUETÁ	256	EL PAUJIL	23,33	2,82	18,50	0,77	30,71	5,95

Tales valores del componente de servicios (los cuales se pueden ver en la anterior tabla) que hay un cubrimiento muy diferenciado y marcado entre la cabecera y el resto, dando un indicio de las formas de abastecimiento de agua que tienen las comunidades, en particular, en el territorio colombiano es frecuente el uso de aguas subterráneas para abastecerse, lo que no se puede inferir directamente de las estadísticas del DANE, pero sí de estudios hechos con toma de datos en los territorios campesinos.

El IDEAM ha consignado en el Estudio Nacional del Agua (ENA por sus siglas) algunas cifras relacionadas con este aspecto. En el ENA (2019)[8] se cataloga la demanda y aprovechamiento de aguas subterráneas de acuerdo con la zona hidrográfica, aunque, es importante destacar que el registro es realizado voluntariamente por los pobladores a las entidades del estado de orden ambiental. Dicho registro (64.196 puntos en total) indica que las tres zonas con mayor proporción de puntos registrados corresponden a las cuencas de Magdalena-Cauca (54 %), Caribe (32 %) y Orinoco (10 %). En la siguiente figura se puede ver un detalle de los tipos de puntos por departamento.

[8] IDEAM (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

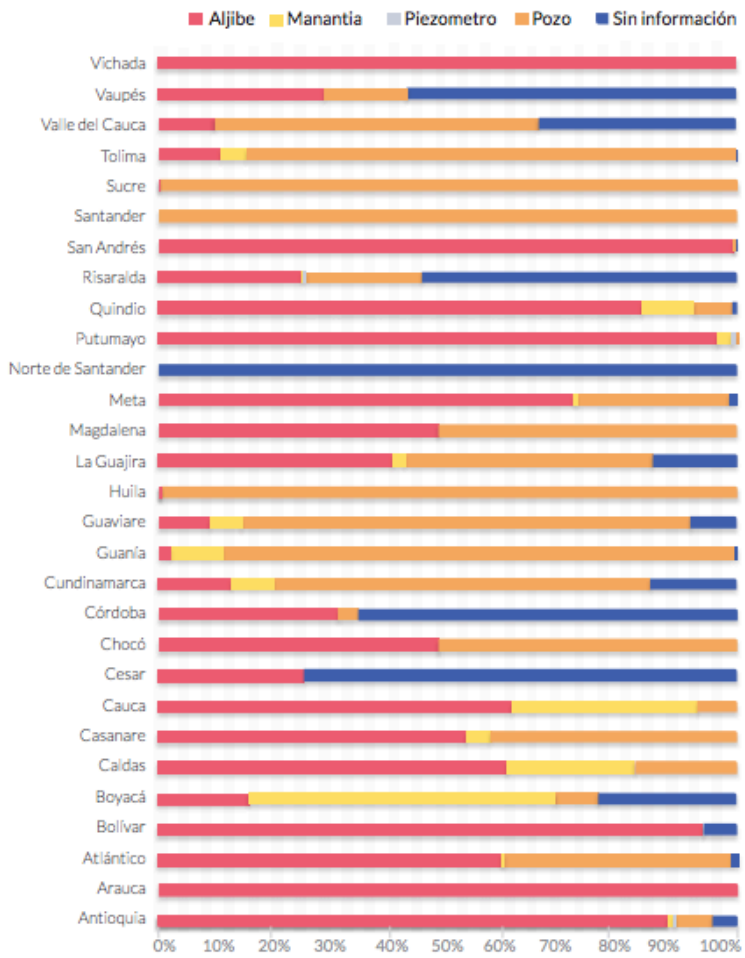


Figura 29. Distribución tipo de punto de agua por departamento (ENA, 2019)

De esta figura es importante resaltar que la mayor proporción de puntos registrados en los departamentos corresponde a manantiales y aljibes que son estructuras artesanales muy superficiales (menos de 2 m generalmente), expuestas. Adicionalmente, se puede concluir que existe en la zona un potencial uso de fuentes de agua que deben ser identificadas en campo, por ejemplo, en la siguiente figura se ilustra la ubicación de los puntos documentados en el SIRH[9]. Como se ve, existen aljibes que suelen ser fuentes de agua para consumo humano y que se ubican en los núcleos de fumigación propuestos. No obstante ser información oficial y pública y ser de extrema importancia para la supervivencia y la garantía de vida de las comunidades, este aspecto no ha sido considerado por la DIRAN en sus análisis ambientales.

[9] Sistema de Información del Recurso Hídrico

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

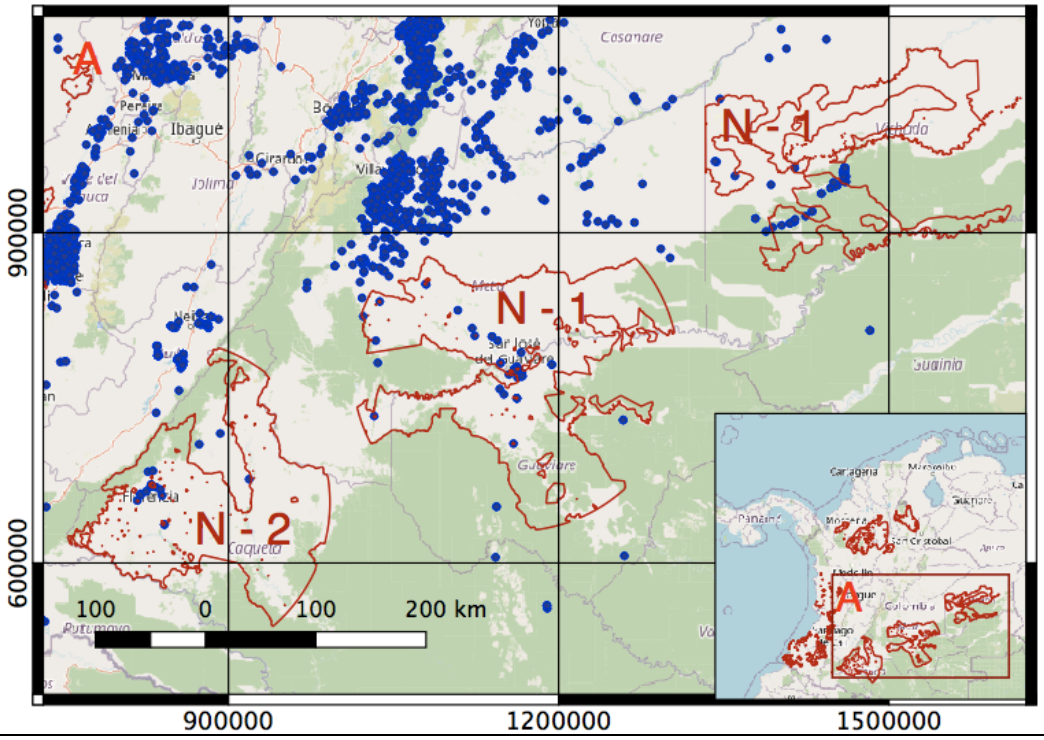


Figura 30. Ubicación de capataciones de agua superficiales y subterránea.
Elaboración propia con base en el Sistema de Información del Recurso Hídrico)

4.4.4.2 Movimiento de solutos en las aguas subterráneas

¿Cómo se mueven los solutos y cómo son las interacciones químicas?

Pese a que en la literatura se indica comúnmente que el glifosato tiene una alta absorción en la fase sólida del suelo, también es resaltado el potencial de lixiviación, es decir, existen condiciones bajo las cuales el glifosato se puede movilizar a través de los suelos (ver Vereecken (2005)[10], Borggaard & Gimsig (2008)[11], para un versión resumida o la bibliografía anexa a la base de datos constituida en la presente consultoría y entrar en una compleja dinámica de adsorción-desorción. De tal forma que para realizar modelos predictivos del comportamiento del glifosato en el medio es común el uso de modelos que depende de parámetros físico-químicos asociados al suelo, a las condiciones hidráulicas, al grado de adsorción y la capacidad de descomponerse por medio de la acción de la microbiota en el suelo.

[10] Vereecken (2005). Mobility and leaching of glyphosate: a review. Pest Manag Sci

[11] Borggaard & Gimsig (2008). Fate of glyphosate in soil and the possibility of leaching to ground and surface waters: a review. Pest Management Science

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Dicho comportamiento se ve reflejado en la forma en que se propaga un soluto, por ejemplo, en la siguiente figura se presenta en la parte inferior una columna de suelo y en la parte superior lo que pasaría si se hace una inyección de un trazador. Una condición particular de la columna de suelo es flujo constante de agua de izquierda a derecha, además, se supone una inyección de soluto en un corto periodo de tiempo y se registra como se propaga (a lo largo de la columna).

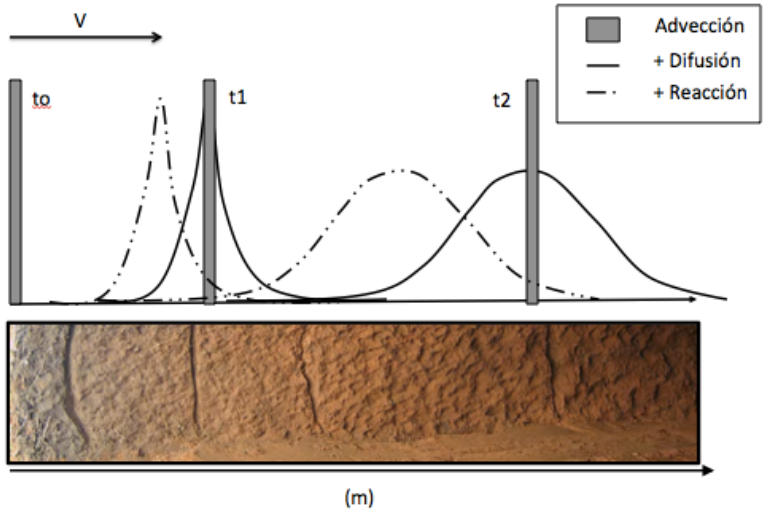


Figura 31. Ensayo de trazador en una columna de suelo.
Elaboración propia

En las curvas indicadas se esquematiza la forma en que se propagaría el soluto considerando los efectos superpuestos de diferentes fenómenos de transporte dentro del suelo. De estos procesos: se tiene un proceso llamado **advectivo** asociado a la velocidad del flujo en el medio, entonces, el agua en el subsuelo se mueva con una velocidad; como tiene una inercia es capaz de transportar partículas, *coloides* y solutos solo por la velocidad que el fluido tiene. En este caso dicho proceso es el ilustrado por la columna gris de la figura anterior. De otra parte, el **difusivo** se refiere al proceso en que un soluto viaja de zonas de altas concentraciones a zonas de baja concentración, este proceso se percibe en la naturaleza cuando se pone una bolsa de té en un vaso, en esta situación se tiene una migración de la concentración del té de la bolsa a todo el vaso hasta que se alcanza un equilibrio en la concentración (en la figura anterior corresponde a la línea continua en donde el efecto difusivo es sumado al advectivo). De otra parte, ocurre en la interacción del glifosato con el suelo un proceso de **sorción** en el suelo, lo cual se traduce en un retardo en la propagación del soluto (en la figura anterior se esquematiza con la línea achurada). En parte dicho proceso de retardo se debe a que el glifosato, en términos simples se adhiere a las partículas del suelo a medida que el se va propagando en el suelo, como se puede ver en la siguiente figura.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

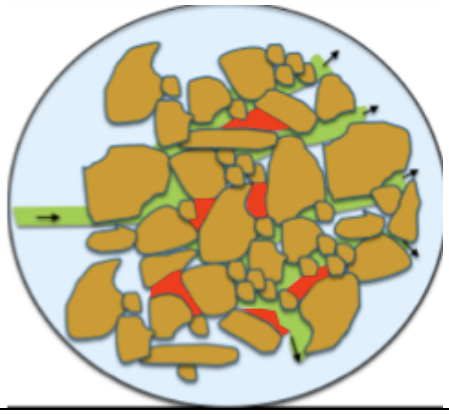
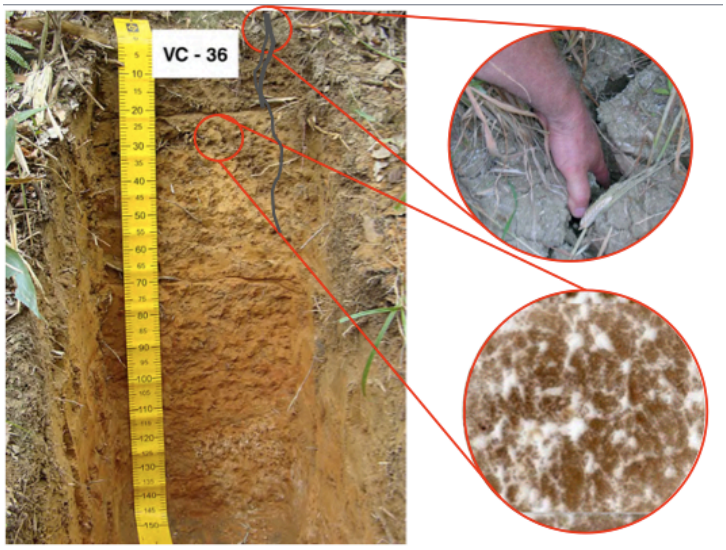


Figura 32. Ejemplificación de proceso de transporte de un soluto a escala de poro. Elaboración propia

Dichos fenómenos de transporte explican la forma en que un soluto se mueve en el suelo y es una de las formas más objetivas de hacer predicción de las afectaciones que puede llegar a generar una sustancia en el medio. Es decir, si bien en el caso del glifosato se le da mucho peso a los procesos de sorción, también es importante tener en cuenta que las demás partes del proceso y por ende los respectivos ensayos de laboratorio.

En este sentido, los fenómenos advectivos son de vital importancia, puesto que se ligan con lo caminos probables del agua en el medio uno de ellos es que el flujo se de por los poros o que el movimiento se de en las fracturas o fisuras en el suelo (como se puede ver en la siguiente figura). Dichas fisuras son de gran importancia dadas las velocidades que se puede alcanzar e indirectamente el grado de afectación que puede generar ya que al moverse una gota de agua por una fisura afectara más rápida y profundamente las aguas subterráneas que una gota que trata de atravesar todos los poros. Por tanto, es necesaria información de tipo geotécnica para evaluar el potencial de generar fisuras y por ende los limites máximos hasta donde llegaría las fisuras.



Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Figura 33. Ejemplo de porosidad en el suelo. Perfil de suelo tomado de estudio de suelos del Vichada, sección delgada de suelo Torres-Guerrero et al. (2013)[12] y fisura de Glencore Acopio (2019)[13]. Elaboración propia

Datos necesarios – Isotermas de adsorción

Para poder hacer una predicción de cómo se mueve un soluto en el suelo es necesario conocer: 1) las propiedades difusivas, asociadas principalmente a la red de tuberías conformadas por los poros (secundarios y primarios en el suelo). 2) las condiciones de flujo imperantes, y 3) Finalmente, las isotermas o curvas que explican la sorción del soluto en el suelo. De estos aspectos, las isotermas justifican que el glifosato no se mueva en el sistema, pero se debe tener en cuenta que estas curvas son aproximaciones de base experimental y por tanto son muy específicas del sitio o lugar donde se toma la muestra para hacer el ensayo[14]. La representación gráfica de dichos modelos se puede ver en la siguiente figura.

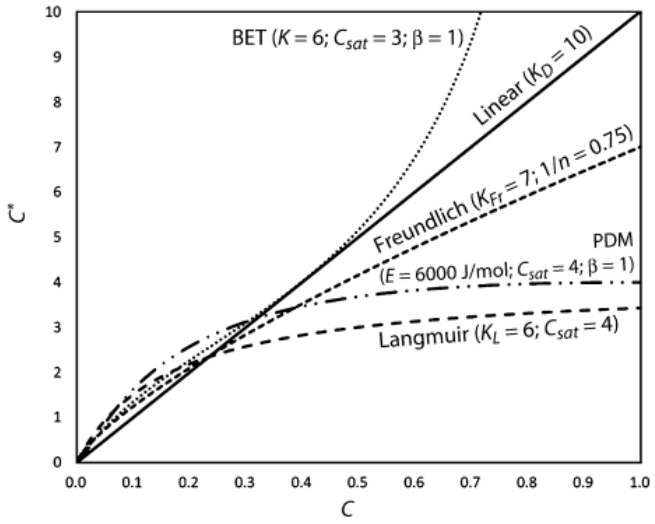


Figura 34. Ejemplos de diferentes modelos de isotermas de sorción. Tomado de Fetter et al. (2017)[15]

La idea con estas modelos de isotermas es realizar experimentos (ver base de datos compilando resultados de modelo Freundlich y propiedades del suelo) y comparar los datos experimentales con

[12] Torres-Guerrero et al. (2013). Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. Terra Latinoam Vol. 31 No.1

[13] Glencore Acopio (2019). Suelos argentinos: cómo se distribuyen y cuáles son las ventajas y desventajas productivas. General - infocampo

[14] Algunas metodologías para la construcción de las ISOTERMAS son detalladas por la EPA (2008), modificaciones son consideradas por Melgarejo (2008) y mayores consideraciones son realizadas por Bustos (2011).

[15] Fetter, et al. (2017). Contaminant Hydrogeology. Waveland Press

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

los modelos (o curvas tipo) de tal forma que se escoja el modelo que mejor se ajuste a los resultados de laboratorio. Es importante anotar que el modelo de Freundlich es el referenciado en el PMA del PECIG.

Cada una de estas curvas o isotermas indica un comportamiento diferente, para el caso del modelo lineal indica que hay una absorción directamente proporcional a la cantidad de soluto que se le adicione al suelo (el modelo solo depende de Kd que es el referenciado por la DIRAN). De otra parte, dicho comportamiento no siempre corresponde con las condiciones mostradas por la naturaleza en la que los suelos tienden disminuir su capacidad de adsorber soluto a medida que se incrementa la concentración de soluto en el agua, ejemplos de este tipo de modelos corresponde a modelos como los de Freundlich (ver Fetter et al., 2017) para explicación detallada y en la bibliografía compilatoria se han ajustado los datos experimentales a este modelo), en este caso el modelo depende de Kf (que es similar a la Kd del modelo lineal) y del parámetro n que controla el grado de curvatura.

En cuanto a las isotermas en Colombia algunas de las investigaciones que mejor han ilustrado este trabajo han sido presentados en tesis de doctorado como la de Bustos (2012)[16] y Melgarejo (2008)[17], las cuales constituyen trabajos de referencia en el marco colombiano y han estimado las isotermas para glifosato asociados a zonas con cultivos de arroz.

Teniendo en cuenta este contexto teórico se puede concluir:

1) El glifosato es un soluto, por ende, al estar en el ambiente se mueve por procesos difusivos, advectivos y es retenido o degradado. Cada una de estas propiedades requiere de una evaluación.
2) **Los experimentos en columnas de suelo muestran que el glifosato se mueve en el mueve en el subsuelo**, de hecho, en la literatura el fenómeno de lixiviación del glifosato es bien conocido.
3) Las propiedades de absorción y dinámica de solutos en un medio deben ser evaluados para un sitio en específico.
4) El comportamiento de absorción (asociado al retardo) muestra que hay condiciones en la que la tasa disminuye e incluso alcanza límites máximos como en el caso del modelo de Langmuir.
5) E**l glifosato por absorción se queda en los sedimentos, los cuales son transportados fácilmente por la dinámica de las aguas superficiales, en este sentido los puntos en donde se realiza la fumigación se vuelven un foco de contaminación** (Katagi, 2006)[18]
6) El glifosato puede ser absorbido y desorbido por intercambio con fosfatos. Bustos (2012) hace un detalle de dicho aspecto.

[16] Bustos (2012), Destino ambiental del glifosato en una zona arrocera del Tolima, Colombia, Universidad Nacional de Colombia.

[17] Melgarejo, M. R. (2008). Determinación de residuos de (14C) glifosato y de AMPA en tres suelos del Tolima sometidos a diferente uso. Universidad Nacional de Colombia.

[18] Katagi, T. (2006). Behavior of Pesticides in Water-Sediment Systems. Rev Environ Contam Toxicol.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.4.5 Revisión del EIA

El análisis se ha centrado de una parte en el aspecto general y de otra en los aspectos específicos (cap. 2 y cap. 3), aunque, dada la inexistencia de detalle en el tema de aguas subterráneas en el capitulo 3 presentado por la DIRAN la revisión se centrará principalmente en el capítulo 2. Los núcleos considerados que se analizaran en detalle son los de 1 y 2.

4.4.5.1 Aspecto general

Área de influencia

En el capítulo 2.4 del PMA para el PECIG se presenta la definición, identificación y delimitación del área de influencia (AI) para cada uno de los seis (6) núcleos, la cual fue construida teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la Metodología general para la presentación de estudios ambientales 2010)[19], en los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio para la Modificación del Plan de Manejo Ambiental (PMA) del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos ANLA (2019) y los requerimientos de información adicional y aclaraciones ordenadas por la ANLA en el acta 0001 del 29 de enero de 2020.

La DIRAN indica que la aspersión es de afectación local y que con respecto a los cuerpos de agua:

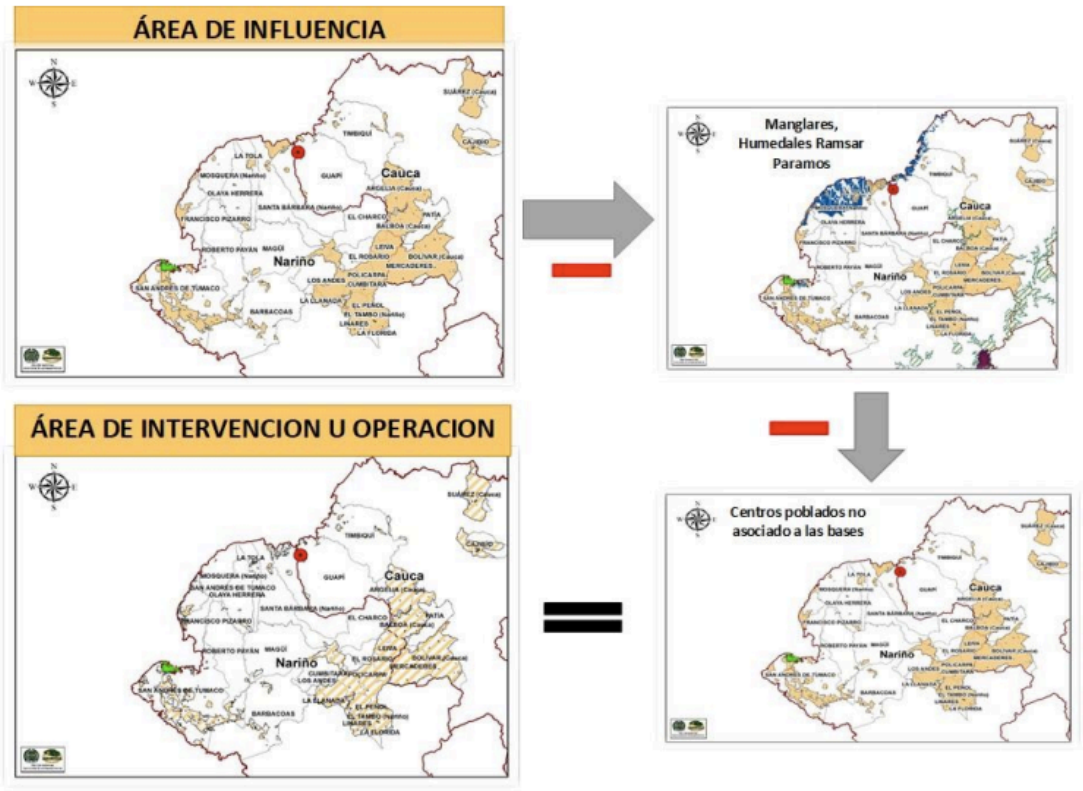
> *"no se efectúa sobre otras áreas como las coberturas boscosas, los centros poblados, las cabeceras municipales y los cuerpos de agua; estos últimos tres según lo establecido en el Decreto 1843 de 1991 cuentan con unas franjas de seguridad de 100 m.)."* Pag. 45 del cap. 2.4

Dichos **100 metros se constituyen en un elemento sin rigurosidad científica y que debe ser evaluado en función de las condiciones biofísicas y geoquímicas imperantes en cada uno de los núcleos** (de igual forma en el presente informe se presenta un análisis con respecto a estos 100 metros). Adicionalmente, se debe señalar que, en el mejor de los casos, asumiendo que la franja de 100 metros sea suficiente, la efectividad de esta medida depende de que se identifiquen correctamente los cuerpos de agua.

Por ejemplo, se puede ver en la siguiente figura, sin mucho detalle en la explicación dada en el PMA, que las zonas que requieren franja de protección son los Manglares, humedales Ramsar y Páramos.

[19] MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (2010). Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Bogotá

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org



Fuente: DIRAN - Policía Nacional, 2020.

Figura 35. Capas consideradas para definir área de influencia.
Tomado de PMA para el PECIG capitulo 2.4.

Sin embargo, de acuerdo con el marco de referencia, la delimitación de humedales RAMSAR, manglares y páramos no es suficiente para identificar los cuerpos de agua de los que se abastece la comunidad. Es decir, en esta zona se tiene una presencia importante de fuentes de aguas subterráneas que no ha sido mapeada o priorizada por el DIRAN, más aun, ha sido ignorado como requerimiento por parte de la ANLA. Se debe hacer énfasis que en muchas de estas regiones se tienen dos problemas: 1) no se han registrado todos los puntos de aguas subterráneas en el inventario, 2) Muchos de estos sitios no cuentan con acceso a agua potable y por tanto estos puntos ignorados se constituyen en la única fuente de abastecimiento de la población.

4.4.5.2 Evaluación del Riesgo

Los resultados de la evaluación del riesgo son consignados en la sección 2.4. Se debe señalar que **la evaluación del riesgo desarrollada por la DIRAN no se constituye de ninguna manera en una evaluación de la amenaza de lixiviación del glifosato a las aguas subterráneas**. Esto en particular por que se usan datos que no son representativos (pocas muestras y de otras latitudes), modelos muy precarios para la complejidad y rigurosidad necesaria para predecir el comportamiento en el territorio y la evaluación y las conclusiones se hacen de forma generalizada para todos los núcleos.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Incluso con estas aproximaciones hechas por la DIRAN se podría concluir que no existen estudios que definan riesgo alguno de lixiviación del glifosato en el mundo.

A continuación, se detallan aspectos de los parámetros de adsorción y de los modelos de lixiviación con glifosato para justificar la anterior aseveración.

Parámetros de adsorción

En el caso del PMA presentado por la DIRAN de la Policía Nacional, y dados los avances que se tiene en el conocimiento, el usar datos de otro sitio no es representativo más cuando la cantidad de datos es limitada. En este sentido la DIRAN muestra una tabla con datos de la constante Kf (constante de adsorción de modelo Freundlich, ver Marco de referencia para mayor detalle), resultado de una evaluación adelantada por el EFSA (2015)[20] de lo cual cabe resaltar que la información presentada por la DIRAN es incompleta y que para el uso de la constante Kf e implícitamente del modelo de Freundlich es necesario el valor de la constante n, la cual ha sido presentada inicialmente en EFSA (2015).

Tabla 8. Base de datos presentada por la DIRAN de tipos de suelos y constantes de adsorción basada en EFSA (2015). Tomado de PMA para PECIG (DIRAN, 2020)

Tipo de Suelo	%CO	pH suelo	Kd	Koc	Kf
Drumner, Margo limo arcilloso	1.45	6.5		22300	324
Dupo, Margo limoso	0.87	7.4		3800	33
Spinks, Areno arcilloso	1.10	5.2		60000	660
Greenan arena, arenoso	0.80	5.7	263	32838	
Auchincruive, arcillo arenoso	1.60	7.1	811	50660	
Headley Hall, Margo arcillo arenoso	1.40	7.8	50	3598	
Suelo arenoso California, margo limoso	0.60	8.3	5	884	
Les Evouettes II, limo arcilloso	1.40	6.1	48	3404	
Sedimentos Darnconner, margo sedimento	3.0	7.1	510	17010	
Campo Lilly, Arena	0.29	5.7		22000	64
Visalia, Arcillo arenoso	0.58	8.4		1600	9.4
Wisborough Green, margo limo arcilloso	2.26	5.7		21000	470
Champaign, margo, limo arcilloso	2.15	6.2		33000	700
18 Acres, Arcillo arenoso	1.80	7.4		5000	90
Speyer 2.1, Arena	0.62	6.5		4762	29.5
Speyer 2.2, Arena margo	2.32	6.2		3091	71.7
Speyer 2.3, Areno margo	1.22	6.9		3092	37.7
Soil 2.1, Arena	0.70	5.9	66.4	9486	
Soil 2.3, Arena margo	1.34	6.3	76.5	5709	
Soil F3, Margo arenoso	1.20	7.3	54.4	4533	
Media aritmética				15388	

[20] EFSA(2015), Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. EFSA Journal

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Adicionalmente, **la EFSA (2015) presenta un total de 21 datos los cuales no son representativos (estadísticamente) o correlacionables con las propiedades de los suelos en el territorio colombiano**, más aun, para definir si usar Kd o Kf es necesario conocer el comportamiento de los datos experimentales para poder observar si hay una tendencia del suelo en estudio a disminuir la adsorción a medida que se incrementa la concentración del soluto (ver marco de referencia).

Modelos de lixiviación de glifosato

El riesgo por lixiviación se evalúa considerando dos modelos que arrojan como resultado un índice o nivel de alerta, el primero de ellos es el GUS (ver Gustafson (1989)[21]) y el segundo de ellos es el SCI-GROW (ver EPA[22]). Dichos modelos son muy preliminares y dan un indicio si se deben considerar metodologías más avanzadas de modelación. La primera condición que tienen este tipo de modelos es el uso de parámetros estadísticamente representativos de la zona de interés, o como mínimo de la zona a evaluar.

De una parte, el ***GUS*** arroja un índice para evaluar la pertinencia de desarrollar un análisis más detallado en función de una categorización. Dicho índice se estima considerando el tiempo de vida medio del soluto y el potencial de sorción (Koc). La clasificación realizada por la DIRAN se detalla en el siguiente apartado.

> *"Al comparar los valores calculados de GUS (2,84) con los valores de la tabla de "potencial de lixiviación" de Gustaffson (1988), Glifosato tiene potencial alto de lixiviación, con las peores condiciones. No obstante, es de anotar que los resultados obtenidos en los estudios de laboratorio y campo concluyen que el Glifosato es rápidamente degradado en condiciones aeróbicas y que es adsorbido al suelo."*

El índice puede ser clasificado teniendo en cuenta el NPCI (National Pesticide Information Center)[23]. En particular se tiene que para valores mayores a 1,8 el soluto en evaluación tiene movilidad moderada y por ende capacidad de llegar hasta aguas subterráneas someras (del orden de 1 a 2 metros de profundidad), y valores mayores a 2,8 indican una alta probabilidad de movilidad. **El alto riesgo de movilidad calculado por la DIRAN es ignorado** (como se muestra en el apartado anterior) **y sus implicaciones en la disponibilidad ambiental del glifosato no son tenidas en cuenta**.

Es importante resaltar que este resultado se obtiene considerando tiempos de vida medios de 500 días (basado en datos de la EFSA, 2015), y Koc de 884. Sin embargo, dichos valores no son representativos en ninguna circunstancia de los parámetros encontrado en el territorio colombiano, donde Bustos (2012) indica valores de Koc de 3000 a 12000 L/kg y de tiempos de vida medio de 94 a 11365 días, con lo que el GUS se incrementaría[24] aun más.

---

[21] Gustafson (1989), Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. Environmental Toxicology and Chemistry

[22] https://archive.epa.gov/epa/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/sci-grow-description.html

[23] http://npic.orst.edu/envir/gus.html

[24] el GUS se estima como GUS = log10 (half-life) x [4 - log10 (Koc)]

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En cuanto al segundo modelo**,** preliminar al igual que el GUS, no se consideran adecuadamente las variables que intervienen en el proceso. Este modelo se ha desarrollado por la EPA para hacer evaluación en sitios en donde se tienen acuíferos con condiciones expuestas o favorables para infiltración. Algunas de las menciones de la EPA se pueden ver en el siguiente apartado:

> "*Las concentraciones de plaguicida estimadas por SCI-GROW representan valores de exposición conservadores o de alto nivel dado que el modelo se basa en estudios de monitoreo de aguas subterráneas que fueron realizados aplicando plaguicidas a las máximas tasas y frecuencias permitidas sobre sitios vulnerables (por ejemplo, acuíferos someros, arenosos y permeables y lluvias y/o riego sustanciales para maximizar la lixiviación. En la mayor parte de los casos, una gran mayoría de las áreas de uso tendrán agua subterránea que es menos vulnerable a la contaminación que las áreas utilizadas para derivar la estimación de SCI-GROW. Por esta razón, no es apropiado usar concentraciones de SCI-GROW para estimaciones de exposición nacionales o regionales.*"[25] EPA SCI-GROW descripción[26].

De acuerdo con lo anterior el modelo de la DIRAN se da para condiciones muy ideales que difícilmente se cumplen en los núcleos considerados para la aspersión, particularmente los núcleos 1 y 2 evaluados por Terrae y donde se cuenta con datos. Esto debido a que las conductividades hidráulicas de zonas como las del Caquetá rondan en el orden de 10^{-5} m/s (que resulta en tasas de movimiento de cerca de 10 cm por día o 30 metros por año) con valores mínimos del orden de 10^{-10} m/s (0,3 mm por año) que indican muy baja posibilidad de infiltración ni de movimiento de las aguas a través del suelo (como contexto, los valores de las arenas son del orden de 10^{-2} m/s o sea de 100 metros por día)[27]. Los resultados del modelo de la DIRAN se pueden ver en la siguiente imagen en donde se indica la concentración que se obtendría al final en un muy hipotético acuífero:

[25] "Pesticide concentrations estimated by SCI-GROW represent conservative or high-end exposure values because the model is based on ground-water monitoring studies which were conducted by applying pesticides at maximum allowed rates and frequency to vulnerable sites (i.e., shallow aquifers, sandy, permeable soils, and substantial rainfall and/or irrigation to maximize leaching). In most cases, a large majority of the use areas will have ground water that is less vulnerable to contamination than the areas used to derive the SCI-GROW estimate. For this reason, it is not appropriate to use SCI-GROW concentrations for national or regional exposure estimates."

[26] https://archive.epa.gov/epa/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/sci-grow-description.html

[27] Los valores de los suelos del piedemonte caqueteño han sido estimados mediante pruebas de infiltración adelantadas por *Vicaria del Sur - Terrae (2017)* y por empresas interesadas en obtener licencias ambientales como es el caso de EMERALD-ENERGY en el Caqueta y Hupecol en el sur del Meta, en inmediaciones de La Macarena.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

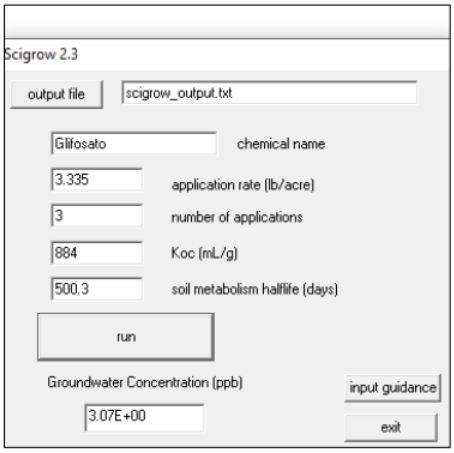


Figura 36. Entrada de datos del modelo SCI-GROW.
Tomado de PMA para el PECIG capitulo 2.4. (DIRAN, 2020)

Este resultado indica que al final se tendría, en el peor de los casos, concentraciones de 3,07 ppb (partes por mil millones o 0,00307 mg/l) cantidad que se encuentra por debajo de los valores máximos permisibles en Colombia (se permite 0,01 mg/l en la Resolución 2115 de 2007 emitida por el Ministerio de Salud). Sin embargo, de dicho modelo no se sabe la concentración en donde se encontraría (1 o 2 o 3 metros de profundidad) la posibilidad de que efectivamente el glifosato se infiltre.

Para ejemplificar, dada la simplicidad del modelo, conocer la conductividad hidráulica en el medio es de vital importancia para saber si el soluto se movería en el suelo (incluso si se puede infiltrar). Para hacer una comparación se habla de 10,4 l/ha lo que es equivalente a 0,00000104 m^3/m^2, haciendo las mismas inferencias que la DIRAN, si seleccionamos la conductividad hidráulica más baja de los suelos del Caquetá 10^{-10} m/s se encuentra que si se deja la columna de agua referenciada le podría tomar cerca de 3h en infiltrarse por lo que si bien es cierta la conclusión arrojada por el DIRAN de que dada la concentración de 360 g de i.a/ha se llegaría a tener concentraciones muy bajas de glifosato en aguas superficiales expuestas, también es cierto que la sustancia vertida por la avioneta no se infiltrará y queda disponible en superficie.

Modelos más rigurosos como los implementados por la Vicaria del Sur - Terrae (2017)[28] indican que para condiciones diarias medias de un año típico la escorrentía superficial corresponde a la mayor proporción de agua disponible en el medio ambiente, es decir, que en esta zona hay mayor

[28] Vicaria del Sur – Terrae (2017). Evaluación geoambiental e hídrica del proyecto de perforación exploratoria del bloque petrolero El Nogal en los municipios Morelia y Valparaíso – Caquetá, para la defensa del agua y el territorio.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

probabilidad de que la lluvia se escurra por la superficie a que se infiltre, lo cual es favorecido por la geomorfología del sitio.

Figura 37. En las fotografías superiores, apiques y tomas de muestra en suelos lodosos, municipio de Valparaíso. En la fotografía inferior anillos Munz (infiltrómetro de doble anillo) para prueba de permeabilidad en campo.
Tomados de Vicaría del Sur – Terrae (2017)

Se podría decir que esta condición es favorable pero que el soporte de estas afirmaciones sean modelos que no incluyen las condiciones climáticas como las lluvias se convierten en ejercicios puramente académicos que no se aproximan a la realidad, ya que en el Caquetá se tiene un predominio de lomeríos o territorios con alta pendiente, producción de sedimentos etc. Por lo tanto, basados en los datos suministrados por el DIRAN, es seguro que el destino ambiental más probable para el glifosato son las cochas, humedales y demás cuerpos de aguas superficiales de los que se

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

abastece la población, y la forma de transporte es posiblemente por la superficie del suelo en forma de escorrentía.

Finalmente, el ejercicio se repite para la AMPA, en cuyo modelo preliminar de comportamiento en aguas subterráneas se encuentra un GUS entre 1,8 y 2,8 lo que lo hace moderado y se usa el mismo índice de SCI-GROW, con lo que se llega a conclusiones iguales con respecto al AMPA en el sentido de que son inocuos para las aguas subterráneas y los suelos en particular y para el ambiente en general.

Conclusiones de la evaluación del riesgo de lixiviación:

1) En una evaluación ambiental que puede arriesgar la salud de seres humanos no es válido, en ninguna circunstancia, considerar parámetros de transporte de solutos de suelos de la literatura. Con la evaluación que hace la DIRAN se podría concluir que no existe migración del glifosato ni del metabolito AMPA, lo cual se encuentra en contradicción con la literatura especializada (ver Anexos 1 y 2).
2) El problema de la migración de solutos requiere de considerar las condiciones hidráulicas y topográficas del medio y estas no son consideradas para ningún punto ni ningún territorio en el PMA. Si el análisis se lleva a los núcleos se encuentra que existe una alta probabilidad (implícitamente riesgo) de que la sustancia llegue a las fuentes de agua de los habitantes de la zona dada las condiciones de infiltración y lavado del suelo.
3) El estado del conocimiento actual permite hacer aproximaciones al problema de contaminación de aguas subterráneas que sean mucho más ajustadas y responsables que los “modelos” usados por la DIRAN, de tal forma que se puedan hacer escenarios que incluyan condiciones desfavorables reales. Esto equivale a incluir en los modelos los peores escenarios como por ejemplo que justo después de la aspersión se tenga un intenso aguacero.
4) No se puede hacer una evaluación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas sin tener en cuenta el territorio, esto se hace considerando la realidad del sitio reflejada en las propiedades físicas y químicas de los suelos, características geomorfológicas y climáticas y la ocupación humana, particularmente las condiciones de captaciones de agua para consumo humano.
5) Dada la capacidad de adsorción del glifosato, los tiempos medios de vida, y la producción y transporte de sedimentos del territorio colombiano, se puede concluir que los impactos de esta actividad pueden llegar incluso a zonas lejanas al área de influencia de la aspersión ya que los sedimentos serán transportados en los ríos.

4.4.5.3 Demanda, uso, aprovechamiento de recursos naturales

En esta sección del documento presentado por la DIRAN no se encuentra la evaluación de la afectación a los recursos naturales. La organización del documento no coincide con lo planteado en los términos de referencia. Es decir, en el capitulo 2.5 no evaluaron las potenciales afectaciones, esto quedó consignado para todos los núcleos en la sección 2.4.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

4.4.5.4 Evaluación ambiental

La evaluación ambiental es presentada en la sección 2.6. del PMA de la DIRAN (2020). En este componente, el principal problema es que se trabaja con una metodología cualitativa. Esto se encuentra explícito en los siguientes apartados:

> *"Para el desarrollo de la evaluación para el escenario sin actividad y escenario con actividad, se utilizó la metodología de valoración cualitativa; esta consiste en una identificación de las actividades más relevantes (para cada escenario y para cada núcleo) y sus interacciones con los elementos del medio, posteriormente se cruzan en una matriz de doble entrada en donde se tienen en cuenta los criterios de calificación sugeridos por el MADS y la ANLA."* Pag. 5.

> *"La evaluación de impacto ambiental, se basó en los criterios cualitativos y escalas de calificación de la metodología propuesta por Conesa, sin embargo, para el presente PMAG corresponde a una adaptación de la DIRAN."* Pag 6.

Al ser una metodología cualitativa no se proponen soportes técnicos suficientes ni modelamiento sobre las características complejas tanto de los territorios como de la actividad, con lo cual se puede ver sesgada por los intereses de la DIRAN. Un reflejo de lo anterior se puede ver en el apartado en donde se indican los impactos a evaluar tanto para el escenario con proyecto como sin proyecto.

Tabla 9. Elementos del medio consideraoos para ambos escenarios. Tomado de PMA para PECIG Tabla 2.6-3 (DIRAN, 2020)

No.	MEDIO	IMPACTO
1	Físico	Cambio en la aptitud y/o uso del suelo
2		Cambio en la calidad del aire
3		Cambio en la oferta y disponibilidad del recurso hídrico superficial
4		Cambio en las características fisicoquímicas y biológicas del suelo
5		Cambio en las características fisicoquímicas y/o bacteriológicas del agua
6		Cambio en las condiciones hidráulicas de los cuerpos de agua
7		Cambio en los niveles de presión sonora

En este caso si bien en apartados precedentes se hace una evaluación del riesgo en las aguas subterráneas, los demás impactos considerados no tienen una evaluación rigurosa y se limita a la calificación del impacto de forma cualitativa, para lo que se consideran variables como:

Tabla 10. Categorización usada en la calificación de impacto en función de la extensión. Tomado de PMA para PECIG Tabla 2.3-3 (DIRAN, 2020)

Extensión (Ext)	Área en donde se manifiestan las consecuencias del evento.	1	Efecto muy localizado.
		2	Incidencia apreciable en el entorno.
		3	Afecta una gran parte del entorno.
		4	Generalizado en todo el entorno.

Como ejemplo, en el siguiente apartado se puede ver como se deciden la calificación de las variables:

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

"Se establecen los valores de Evidencia (Ev) o Probabilidad de ocurrencia (PO), con base en los conocimientos y experiencia del grupo evaluador, los valores se presentan en una escala desde A hasta E." Tomado del PMA para el PECIG Página 11.

Con base en esto se decide que muchos de los impactos no son significativos, y adicionalmente, nunca se hace la evaluación del componente de aguas subterráneas. Cabe resaltar que **el riesgo en parte es ignorado porque no hay una línea base de las aguas subterráneas en cada una de las zonas**. Por otra parte, se reitera que en los documentos públicos que hacen parte del PMA de la DIRAN no hay un apartado de los profesionales participantes ni de sus perfiles técnicos, con lo cual aspectos como la idoneidad, "el conocimiento y experiencia" no pueden ser evaluados.

4.4.5.5 Zonificación de manejo ambiental

En la sección 2.7 del PMA se hace la zonificación ambiental. Dadas las condiciones de restricción asociadas a los cuerpos de agua y zonas de abastecimiento, establecidas por la DIRAN y demás entidades, la única restricción que se encuentra respecto a las aguas subterráneas son los puntos documentados en diferentes estudios, de mejor resolución, que los presentados por la DIRAN. Esto permite ver de una parte que la zonificación ambiental basada en escalas tan regionales no permite ver cuerpos de agua como los mencionados. Esto se traduce en que **la DIRAN no conoce las fuentes de abastecimiento de agua de las comunidades, particularmente las de consumo humano o uso agropecuario**, las cuales tienen prelación de acuerdo con la legislación vigente.

4.4.6 Análisis de ventanas de detalle en los núcleos 1 y 2

Al organizar la información de menor a mayor detalle en cuanto a levantamiento de fuentes de agua de los habitantes de la zona. Se puede decir que la DIRAN no tiene ninguna alusión a este respecto. En segunda instancia se encuentra la recopilación de información de las bases de datos de entidades del estado que incluyen autoridades ambientales, el IDEAM, el Servicio Geológico, entre otros. La ubicación de estos puntos con respecto a los núcleos 1 y 2 se ilustró en el Marco de referencia.

Adicionalmente, en esta sección se hace un detalle de dichos puntos que son una manifestación de las aguas subterráneas (pozos, manantiales, jagüeyes, etc.) usados por la comunidad para el abastecimiento. En los detalles realizados se hace énfasis en los municipios de La Macarena (Meta), Morelia y Valparaíso (Caquetá) y San José de Guaviare (Guaviare). La información de base se tomó principalmente de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) adelantados por diferentes empresas para obtener licencias ambientales con fines de exploración y explotación de hidrocarburos. Esto debido a que las empresas interesadas en este tipo de licencias son requeridas por los términos de referencia de la ANLA para realizar un inventario de puntos de aguas. La ubicación detallada de las tres ventadas de detalle se muestra en la siguiente figura:

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

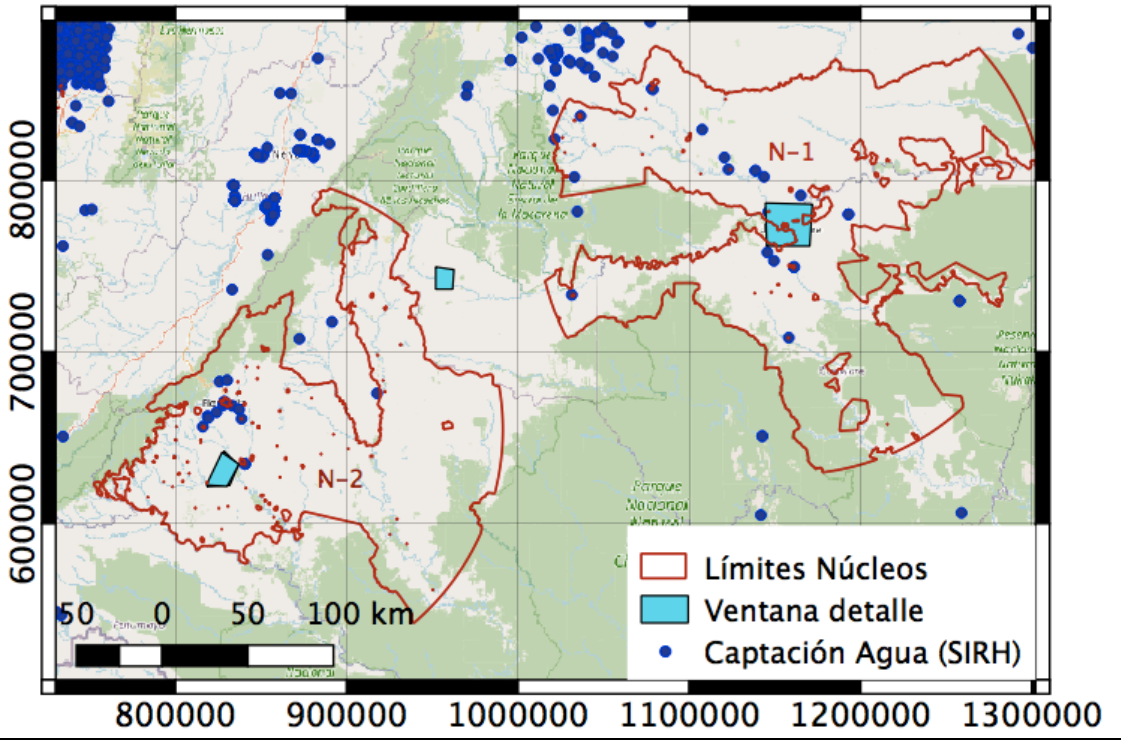


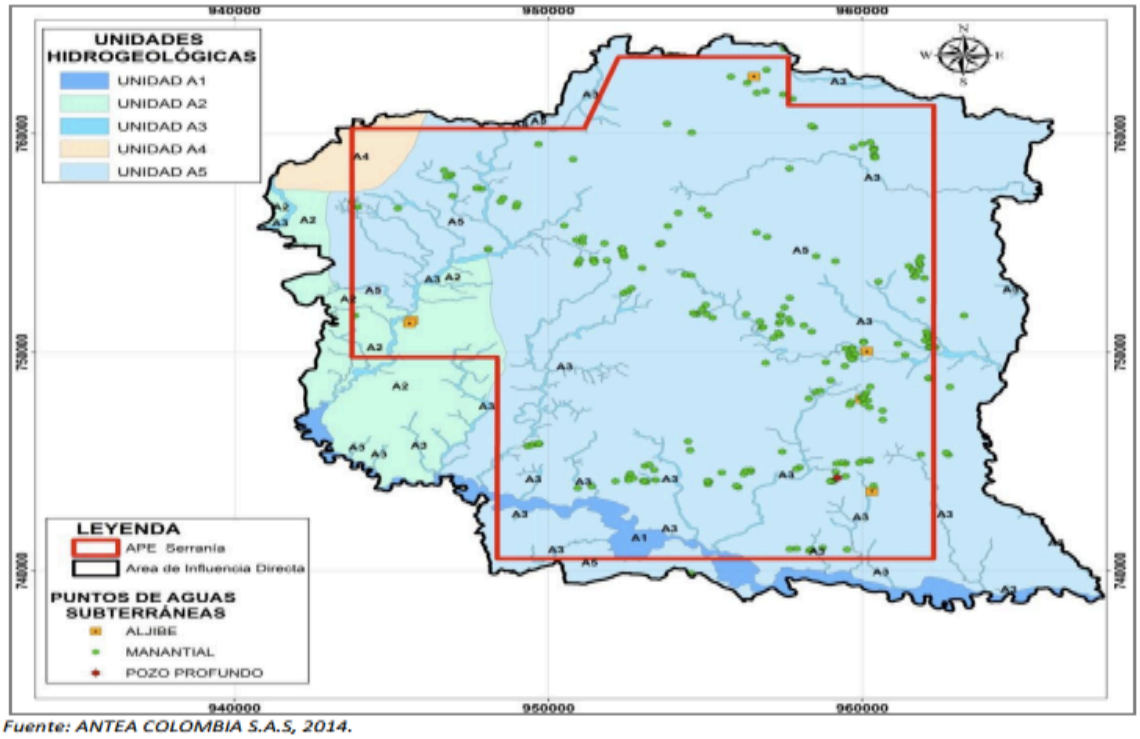
Figura 38. Ubicación de ventanas de detalle con respectos a los núcleos 1 y 2. Elaboración propia.

4.4.6.1 Núcleo 1 – Estudios ambientales para exploración petrolera en La Macarena

Un mapeo más detallado de los puntos de aguas subterráneas se encuentra en Hupecol-Antea group[29] (2013), quienes solicitaron ante la ANLA licencia ambiental para perforación exploratoria en el área del municipio de la Macarena (Bloque Serranía). En total se identificaron 137 puntos en donde la mayoría son nacimientos (130) asociados a flujos de periodo corto es decir excavaciones artesanales de no más de dos metros. Un detalle de la ubicación de dichos puntos se puede ver en la siguiente figura.

[29] Hupecol – Antea group (2014), Estudio de impacto ambiental área de interés de perforación exploratoria Serranía. Respuesta al auto 3034 del 10 de septiembre de 2013.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

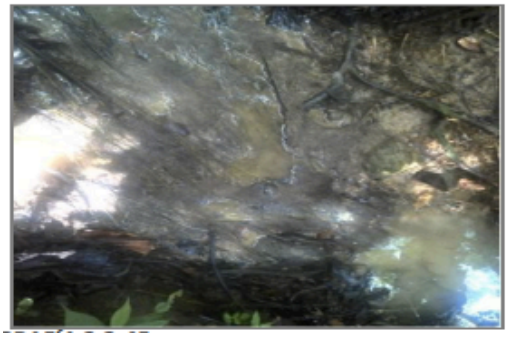


Fuente: ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2014.

Figura 39. Unidades hidrogeológicas e inventario de puntos de aguas subterráneas. Tomado de Hupecol – Antea group (2014) capitulo 2 del EIA.

En la anterior figura se logra identificar la correlación que existe entre los cuerpos de agua superficiales y los puntos de agua subterránea. Es importante notar que las distancias de protección a los ríos y cuerpos de agua (100 metros) no son suficientes para garantizar la no afectación de estos puntos que muchas veces se encuentran por fuera de este buffer.

En las siguientes fotografías se pueden ver detalles de las condiciones de estas fuentes de abastecimiento, tanto en términos de pendientes (favorabilidad para llegada de escorrentía) como de exposición directa.



Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Figura 40. Fotografias de inventarios de manantial adelantados por Hupecol, Fotografia 3.2.44 a 3.2.47..
Tomado de Hupecol – Antea group (2014) capitulo 2 del EIA.

4.4.6.2 Núcleo 1: SGC – Modelo hidrogeológico San José del Guaviare

El área considera en el modelo construido por el SGC (Servicio Geológico Colombiano)[30] es de 283 km^2. Ubicada en el entorno del casco urbano de San José de Guaviare. Al norte del departamento del Guaviare. En este caso en la zona analizada por el SGC se encontró un total de 220 puntos inventariados, de estos 40 puntos corresponde a puntos someros como manantiales y aljibes, los restantes son pozos artesanales hechos por la comunidad con profundidades que oscilan entre 8 y 15 metros. En la siguiente figura se puede ver la distribución espacial de los puntos.

[30] SGC (2016). Modelo hidrogeológico del área de San José de Guaviare. Grupo de exploración de aguas subterráneas.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

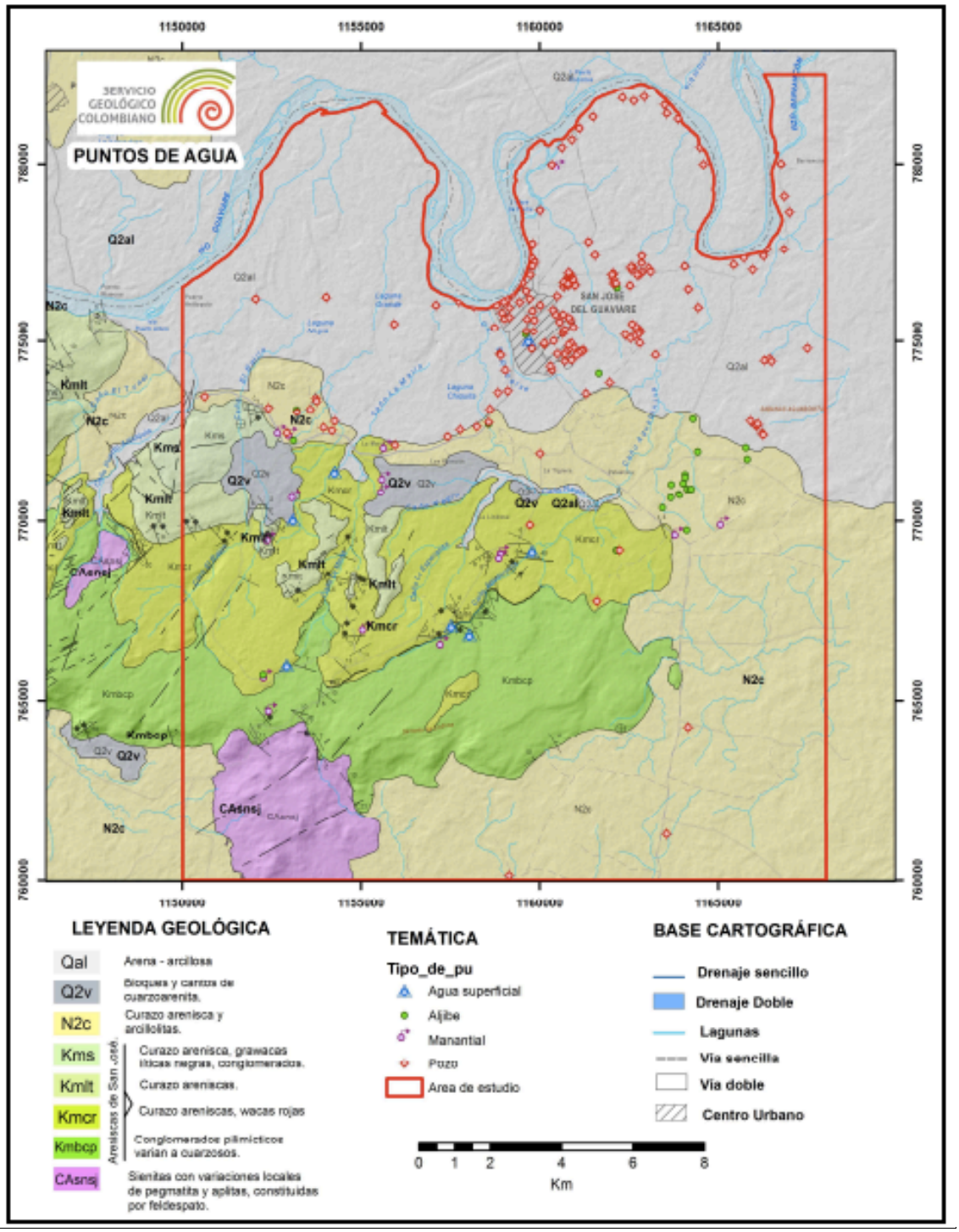


Figura 41. Inventario de puntos SGC en San José de Guaviare.
Tomado de SGC (2016).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En este caso también es evidente que tomando la cartografía de cuerpos de agua superficiales en escala 1:100.000 prácticamente la totalidad de los manantiales queda desprotegido con la supuesta medida de manejo consistente en tener una franja de protección de 100 metros alrededor de los cuerpos de agua.

4.4.6.3 Núcleo 2 – Caquetá

El siguiente es el inventario de puntos levantado en el marco de los estudios ambientales realizados en la zona del Bloque exploratorio de hidrocarburos El Nogal ubicado en los municipios de Morelia y Valparaíso. Uno de los estudios fue desarrollado por la Vicaría del Sur - Terrae (2017) para los campesinos en defensa del territorio y el otro por C&MA - Emerald Energy (2017)[31] con el fin de solicitar licencia ambiental para los procesos de exploración petrolera. En esta área se puede ver una gran cantidad de puntos asociados a zonas de abastecimiento de la población.

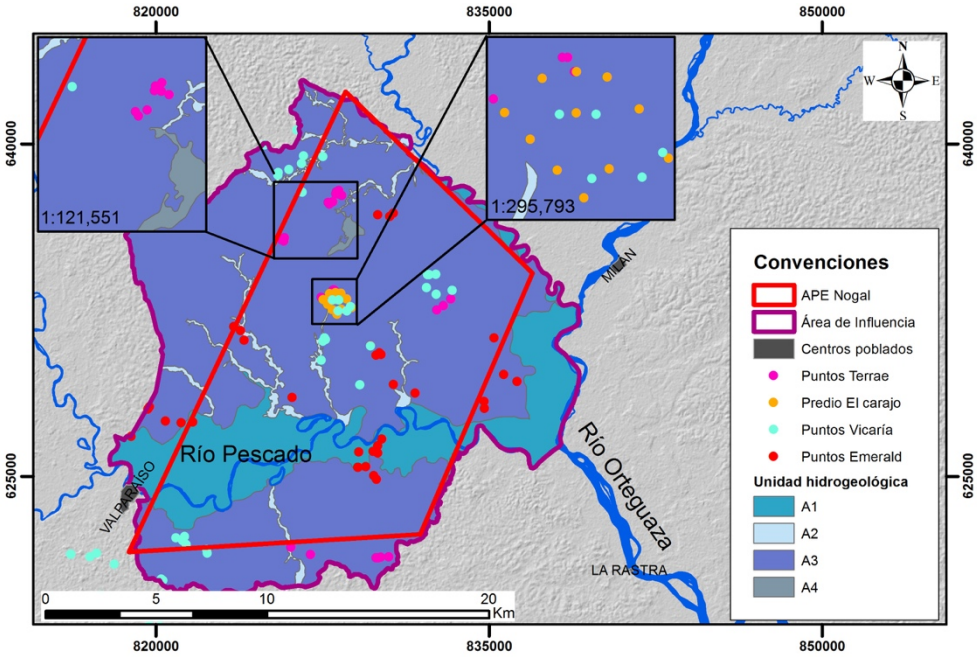


Figura 42. Inventario de manantiales levantado en el EIA para exploración petrolera por C&MA-Emerald Energy (2017) y del estudio comunitario adelantado por Vicaria del Sur – Terrae (2017).

Un detalle del inventario de puntos se puede ver en las siguientes fotos.

[31] C&MA; Emerald Energy, (2017). *Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal*. Capítulo 5.1. Medio Abiótico.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Figura 43. Inventario de fotografías de pozos levantado en el EIA para exploración petrolera por C&MA-Emerald Energy (2017).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Figura 44. Inventario de manantiales. A la izquierda, manantia de la vereda La Florida, municipio de Morelia, sobre lodolitas del grupo Orito. A la derecha, medición de parámetros in situ con sonda realizada en moya del municipio de Valparaíso. Tomado de Vicaría del Sur - Terrae (2017).

Todos estos casos se relacionan con la problemática identificada en cuanto a fuentes de abastecimiento, tanto por el DANE como por el IDEAM. **En la mayor parte de los territorios denominados por la DIRAN como núcleos 1 y 2, el Estado no garantiza las condiciones de acceso al agua**, por tal motivo, y en virtud de la favorabilidad del ambiente para proveer agua subterránea, los habitantes de las zonas tienden a abastecerse mediante pozos (u otras adecuaciones artesanales).

Dichas fuentes no son identificas y visibilizadas en los estudios de la DIRAN, por tanto, **existe una alta probabilidad de contaminar las fuentes de abastecimiento de agua de estas comunidades por la actividad de aspersión aérea con glifosato**, en caso de que a pesar de las órdenes de la Corte Constitucional, esta actividad peligrosa para el ambiente y las comunidades humanas sea permitida por el mismo Estado en cabeza, en este caso, de la ANLA y la Policia Nacional, entre otras.

4.5 Evaluación del componente hidrológico (aguas superficiales)

4.5.1 Consideraciones de agua superficial en el marco de la Sentencia T-236 de 2017

Es evidente que durante todo el proceso de aspersión aérea que se remonta a 1997, hubo bastantes inconsistencias en el manejo que se le dio a la actividad durante los años de ejecución, donde se desconocen los monitoreos, y en donde no se plantean procedimientos claros para controlar el riesgo al medio ambiente y a la salud de los pobladores que están expuestos a esta sustancia tóxica producto de la aspersión en su territorio. Es indiscutible que, sin un fundamento técnicamente sólido de la ausencia de los perjuicios a la salud, a los cultivos, a las fuentes de agua y en general al territorio de esta actividad, no es posible su reanudación.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En ese contexto, el Auto 387 de 2019 referente a la verificación de lo dispuesto en la Sentencia 236 de 2017, menciona el documento "Lineamientos internacionales sobre derechos humanos y política de drogas" realizado por el centro internacional sobre derechos humanos y política de drogas, en asocio con el Programa de las Naciones Unidas contra el VIH, y el Programa para el Desarrollo de Naciones Unidas y la Organización Mundial de la Salud, en donde se consigna lo siguiente:

> "*De acuerdo con los esfuerzos para respetar, proteger y cumplir los derechos humanos relacionados con un ambiente sano, los Estados deben: … Establecer y hacer cumplir zonas de amortiguamiento que prohíban o regulen la aplicación de pesticidas y otros productos químicos utilizados para la erradicación de cultivos de drogas alrededor de sitios sensibles, incluidos asentamientos humanos, granjas y fuentes de agua".* (Resaltados fuera de texto)

Las fuentes de agua son de especial atención dada la afectación directa en la salud humana, y es por esto que el análisis de las posibles vías que puede tener el glifosato para llegar a estas debe ser estudiados y analizados con rigurosidad, como ya lo solicitó la Corte.

4.5.2 Términos de referencia ANLA

Los Términos de Referencia - TDR para esta actividad refieren a lo dispuesto por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA en cuanto la elaboración de estudios para la modificación del Plan de Manejo Ambiental del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícito. En este documento se encuentra los requisitos que deben ser presentados tanto en el Plan de Manejo Ambiental General - PMAG como en el Plan de Manejo Ambiental Especifico - PMAE. Este último es un documento complementario enfocado a un polígono de aspersión en particular, conteniendo información más detallada. Es importante resaltar que en los TDR se menciona que **los estudios ambientales que soportan los respectivos trámites deben realizarse con información de alto nivel científico y técnico**.

En cuanto al PMAG, se debe presentar un resumen ejecutivo que contenga toda la información relevante del estudio, así como la identificación de impactos relevantes y los programas de manejo de los mismos. Respecto a las generalidades, se debe debe incluir la "*identificación de áreas del SINAP y SIRAP, ecosistemas estratégicos con énfasis en cuerpos de agua, lénticos y lóticos y áreas ambientalmente sensibles, y otros aspectos que se consideren pertinentes"*. Esto promueve la identificación de zonas a excluir que son de especial atención, y si bien existe siempre el margen de subjetividad en cualquier clasificación, este margen debería reducirse con el estudio cuantitativo de parámetros y un modelamiento que siga el estado del arte internacional que se constituya en el centro de los requerimientos de Autoridad Ambiental en su términos de referencia.

Es de anotar que en la sección alcance se aclara que "*el alcance de estos estudios ambientales no comprende la evaluación de los riesgos a la salud humana, los cuales serán evaluados por la autoridad de salud competente y con base en términos de referencia específicos para estos efectos*". Es decir, que en este documento no se tendrá en cuenta los riesgos que se prevén importantes, pero este estudio supone un ámbito ambiental y no de salud. Sin embargo, debería existir un informe tal vez de alcance interinstitucional que pueda ligar las condiciones por ejemplo de evaluación de las

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

concentraciones que se asperjaran con los perjuicios a la salud. De hecho, no es posible desligar consideraciones de salud del derecho a un ambiente sano, como bien lo ha expuesto la Corte Constitucional en sentencias como la T-154 de 2013.

La descripción de la actividad se debe describir la infraestructura, las actividades, equipos, producto formulado de herbicida, entre otros. Pero se resalta que en el numeral 2.4.4.1 Identificación de cultivos ilícitos y áreas a intervenir, menciona que:

> *"…se deberán informar los criterios establecidos para definir y delimitar los polígonos de aspersión dentro de las áreas de influencia previamente identificadas, donde se llevarán a cabo las actividades. Dentro de los criterios establecidos se deben tener en cuenta distancias a centros poblados, a viviendas, a infraestructura social (centros educativos, salones comunales, centros de salud, cementerios, iglesias, etc.), así como a puntos de abastecimiento de agua para consumo humano. Estos criterios deben contar con el respectivo soporte técnico para los diferentes tipos de infraestructura o zonas de interés. Lo anterior, deberá efectuarse antes de desarrollar las intervenciones o aspersiones de los cultivos ilícitos y es información relevante para la elaboración y presentación de los Planes de Manejo Ambiental Especifico (PMAE)"*.

Identificar los puntos de abastecimiento es de suma importancia para prevenir afectaciones en las fuentes de agua producto de la actividad. Y se establece que debería efectuarse antes de la elaboración del PMAE, a pesar que el PMAG se presenta en menor detalle, pero este aspecto es determinante para la identificación de las áreas a ser intervenidas.

En la sección de uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales se especifica que se deberá "*Presentar una descripción detallada de los recursos naturales que demandará la Actividad y que serán utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes etapas de la misma, incluyendo los que requieran o no permisos, concesiones o autorizaciones".* Esto dependerá de lo que considere quien ejecute la actividad como recursos afectados, por esto se debe consignar una base técnica sólida para justificar y por ende establecer lo que se considera como afectación o no de un recurso o de un elemento natural presente en el territorio.

El capítulo de evaluación ambiental debe "*detallar la metodología de evaluación empleadas, los criterios de valoración y la escala espacial y temporal de la valoración. Dicha evaluación debe contar con sus respectivas categorías, de manera que facilite la ponderación cualitativa y cuantitativa de los impactos"*. Es importante que se establezcan no solo una evaluación cualitativa subjetiva que pueda depender en gran medida del equipo evaluador y por lo cual se produzcan resultados convenientes para quienes presentan el estudio dando su favorabilidad disminuyendo la ponderación de impactos negativos.

Con respecto a la evaluación de impactos se deberá tener en cuenta en el medio abiótico *"la afectación a la calidad del suelo por cambios fisicoquímicos, afectación a la calidad del agua subterránea y superficial (considerar con mayor atención aguas de escorrentía)."* Lo anterior establece que debe realizarse una evaluación del comportamiento de las aguas de escorrentía superficial.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En cuanto al Plan de Seguimiento y Monitoreo debe estar relacionado con las fichas del PMAG y los lugares donde se realiza el muestreo deben "*georreferenciarse y justificar su representatividad en cuanto a cobertura espacial y temporal, para establecer una estrategia de monitoreo que permita el seguimiento de los medios abiótico, biótico y socioeconómico",* y debe tener en cuenta mínimo, en el medio abiótico, **aguas superficiales y suelo**.

Cuando se realice el monitoreo de la calidad de agua se *"deben incluir procedimientos estandarizados para obtener la posible concentración de glifosato y AMPA en sedimentos (en caso de que aplique) dada la afinidad que puede tener esta sustancia a estos. De igual manera la medición debe ampliarse a organismos hidrobiológicos, macrófitas, bentos e Ictiofauna".* Esto implica que debe analizarse la interacción agua y suelo, y hacer una evaluación de la zona de influencia de manera rigurosa para establecer si existe presencia del herbicida dentro de la zona analizada.

4.5.3 La aspersión con glifosato: un vertimiento no puntual

Anteriormente se plantearon los posibles riesgos asociados de transferencia de glifosato de los suelos al agua, en donde se expone que ese pesticida puede llegar a los cuerpos de agua por el lavado de la cuenca producto de la erosión hídrica de suelo contaminado o cuando el terreno presenta pendientes muy pronunciadas y el glifosato puede ser trasportado por acción de la escorrentía superficial (ver capítulos 4.2.4 y 4.2.9). Lo anterior demuestra que las consideraciones del área de influencia de la actividad de aspersión con glifosato no deben ser evaluados solo considerando la deriva de la gota que pretende llegar al cultivo ilícito.

Se deben considerar las interacciones propias del ciclo hidrológico, es decir, la interacción de las aguas en la atmósfera (nubes, vientos húmedos), en la superficie (escorrentías y aguas quietas), en el subsuelo (aguas subsuperficiales y subterráneas) y en el ecosistema (agua en vegetación y en animales) y las conexiones entre estos componentes como la evaporación, la transpiración de los seres vivos, particularmente de la vegetación, la infiltración y salida de aguas subterráneas, la evaporación de las aguas superficiales, entre otras.

En términos de las interacciones agua – glifosato – suelo, se dice que a pesar de su adhesión a la arcilla y la materia orgánica, algunas partes del glifosato terminan en fase disuelta en aguas subterráneas después de lluvias intensas. También, se puede evidenciar en agua superficial partículas de suelo con glifosato y AMPA donde puede permanecer en la fase particulada o disuelta. En las aguas superficiales estos compuestos pueden adsorberse en el sedimento del fondo.[32]

En el estudio de aguas superficiales es importante el concepto de escorrentía (o escurrimiento) hídrica superficial, definido como como la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida[33]. En este contexto, la gota producto de la aspersión con glifosato que cae al suelo es producto de una

[32] Zirena, F., Gosgot, W., Campos, C., & Zamalloa, W. (2018). Glifosato en cuerpos hídricos: problema ambiental. *Revista de Investigaciones Altoandinas.*

[33] IDEAM. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. Bogotá D.C.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

actividad antrópica lo que puede entenderse como residuo líquido, según lo presentado en el documento Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional:

> "*Los residuos líquidos contaminantes generados por las diferentes actividades se presentan de dos formas: puntual o difusa (no puntual). …En el segundo la contaminación se da de forma indirecta procedente de la agricultura a través de la escorrentía superficial, subsuperficial relacionada con fertilizantes y plaguicidas, los cuales además de los efectos sobre las corrientes pueden provocar problemas de eutrofización en los lagos, embalses y contaminación de las aguas"*[34].

Lo anterior, también está definido en el Capítulo II Artículo 3 del Decreto 3930 de 2010, donde especifica que un vertimiento es la "*Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido".* y se define vertimiento no puntual como "*aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua o al suelo, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares"*.

Aunque no existe una norma para vertimientos no puntuales sí la hay para puntuales, y el dejar claro que **los plaguicidas no pueden establecerse como vertimientos puntuales por las múltiples trayectorias que podría tener, conlleva a que la aspersión es una actividad que implica múltiples riesgos**. Y es por esto que debe pensarse en una exigencia que evalúe estos comportamientos y no genere incertidumbres tan amplias a sabiendas de los riesgos que puede tener este tipo de compuesto para la salud humana y los ecosistemas, por los eventuales impactos negativos sobre fuentes de agua y cultivos lícitos.

Estos aspectos claves fueron argumentados en la tutela interpuesta por el personero de Nóvita. Sin la evaluación rigurosa y técnicamente soportada de las interacciones del vertimiento no puntual en suelo y agua dada la escorrentía superficial y la erosión hídrica no se tiene un análisis adecuado de los posibles riesgos de esta actividad.

4.5.4 Revisión de los aspectos hidrológicos del PMA

4.5.4.1 Generalidades

La metodología implementada para la elaboración del Plan de Manejo Ambiental del proyecto de erradicación de cultivos ilícitos se realizó en tres etapas: la primera consistía en la "*recopilación de información; caracterización de los componentes ambientales, abióticos, bióticos, socioeconómicos y culturales, sumado a la evaluación de impactos y la definición de las medidas de manejo ambiental".* La segunda consistió en "*la identificación de impactos ambientales relacionados con el programa".* Y la tercera etapa "*consistió en la formulación de los planes y programas que atienden a la solución de los impactos ambientales identificados".*

La metodología para la zonificación ambiental se realiza también en cuatro etapas. En la primera se realiza la cartografía temática y ponderación de los atributos específicos para cada medio (abiótico,

[34] IDEAM. (2013). Op. cit.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

biótico y socioeconómico). En la segunda se realizó la superposición cartográfica cada medio. En la tercera etapa se generan mapas de zonificación parciales para cada medio. Y por último, se realiza una superposición de mapas de zonificación parciales y obtención del mapa de zonificación final. Se establece que para este estudio considerado como el PMAG la "*información geoespacial y la cartografía respectiva, tomando como base la información pública disponible a escala 1:100.000 (…) la cartografía al detalle, por su parte, se involucrará al momento de la elaboración de los Planes de Manejo Ambiental Específicos, tal como lo exigen los términos de referencia emitidos por la ANLA en 2019".*

A continuación, se presenta una revisión de los aspectos considerados relevantes en los capítulos del PMA para el componente de agua superficial.

4.5.4.2 Caracterización del área de influencia

En esta caracterización se establece para cada núcleo la hidrografía basada en las unidades hidrográficas del IDEAM según Decreto 1640 de 2012 por el cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Esta cartografía representa unidades de análisis para el ordenamiento ambiental de territorio definidas por el IDEAM en convenio el IGAC a escala 1:500.000 llamadas zonificación hidrográfica de Colombia. Es decir, que para cada núcleo se presenta un área, una zona y una subzona hidrográfica. Se realizan descripciones generales de los cuerpos de agua más representativos por departamento, además de características relevantes de los Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca - POMCA que hacen parte de la zona analizada.

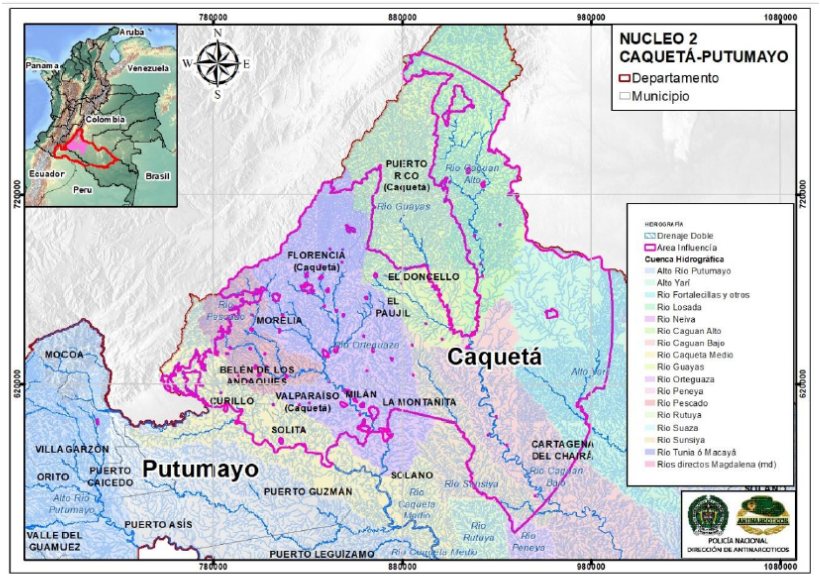


Figura 45. Hidrografía Departamento del Núcleo Caquetá-Putumayo. Fuente: DIRAN, 2020..

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Figura 46. Convenciones mapa hidrografía núcleo San José. Fuente: DIRAN, 2020..

Como se evidencia en las convenciones del mapa de hidrografía del núcleo San José, las cuencas del área de estudio son las subzonas hidrográficas del IDEAM que están en escala menos detallada que 1:100.000 que es lo dictaminado en los TDR en el capítulo 3.5 Caracterización del área de influencia - medio abiótico, por lo cual no cumple ni con esa exigencia ya de por sí laxa. Incluso para determinar el comportamiento hidrológico de la zona, la escala 1:100.000 no se considera representativa siendo insuficiente para analizar la escorrentía superficial de las cuencas dentro del núcleo. Esto se evidencia por ejemplo al disponer de los drenajes IGAC a escala 100.000 y las unidades hidrográficas del IDEAM, como se muestra en la siguiente figura, los drenajes se cortan entre subzonas hidrográficas porque el detalle de estas últimas es menor. Es decir, con esta división a escala 1:500.000 se tiene menor certeza de donde drena el agua, incluso a escala 100.000 puede no ser una aproximación adecuada si se analiza la trayectoria de la gota de glifosato que cae dentro del área de influencia, o la dirección del lavado por erosión hídrica en la zona.

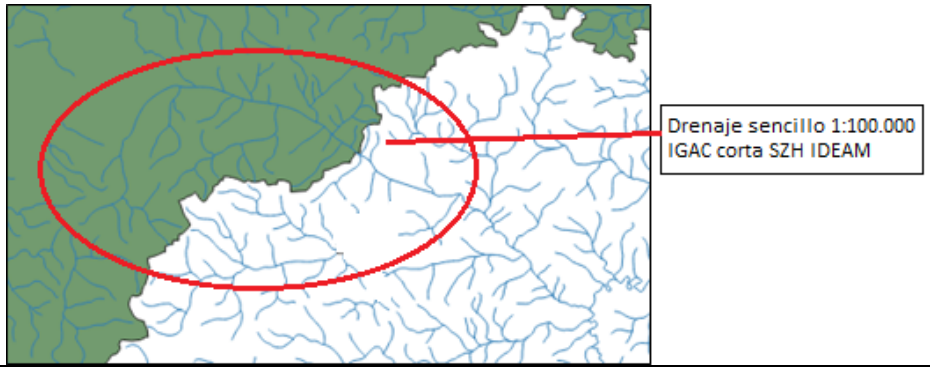


Figura 47. Ejemplo de deficiencias en la implementación de subzonas hidrográficas -SZH Ideam como cuencas de análisis.
Fuente: Elaboración propia.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En cuanto al clima se toma el mapa de clasificación climática del IDEAM a través del Atlas Climatológico de Colombia y se describen sus categorías según la metodología Caldas-Lang. No se realizan análisis de parámetros hidroclimáticos que pueden favorecer a la escorrentía superficial como en los casos de mayores precipitaciones.

Todo lo expuesto en la hidrografía es basado en información secundaria, de escalas regionales, lo cual no permite establecer una línea base adecuada en razón de las características de la aspersión.

La línea base debería tener un análisis hidrológico y climático por cuenca para entender el comportamiento del agua superficial en la zona de estudio. No se puede analizar cómo es la escorrentía superficial que arrastra la sustancia contaminante si se desconoce cómo es el comportamiento de la lluvia en la zona y hacia dónde se dirige la lluvia cuando por escorrentía presenta distintas direcciones según la topografía del terreno. Esto sólo puede hacerse con un análisis de las cuencas a las que se va a asperjar a una escala menor a la presentada en el estudio. La escala 1:500.000, por ejemplo, no permite conocer cauces que abastecen poblaciones rurales. Además, dependiendo de la temporada de lluvias se pueden tener caudales altos o bajos lo que permitirá diferencias en las concentraciones del contaminante en agua. De hecho, las zonas y subzonas hidrográficas del IDEAM, por lo general no son usadas como insumos en estudios de caracterización hidroclimática particular porque su división corresponde a una sectorización de los drenajes a nivel país.

4.5.4.3 Demanda, uso, aprovechamiento y o afectación de recursos naturales

Según lo expuesto en este capítulo el Programa de Erradicación Cultivos Ilícitos mediante Aspersión Aérea, para su operación no requiere permisos de recursos naturales. Y aquí entra la discusión que la aspersión por glifosato se puede considerar como un vertimiento no puntual, y al ser no puntual no esta reglamentado como si pasa con un vertimiento puntual cuya normativa esta consignada en la Resolución 631 de 2015 y la cual es de obligatorio cumplimiento para todas aquellas personas que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicios y que en el desarrollo de las mismas generen aguas residuales, que serán vertidas en un cuerpo de agua superficial o al alcantarillado público. **Dada la complejidad de un vertimiento no puntual de una sustancia contaminante como el herbicida glifosato, se cree necesario analizar este tipo de vertimientos y evaluar sus implicaciones al medio ambiente y a la salud humana**.

4.5.4.4 Evaluación ambiental

Esta evaluación ambiental se hace bajo dos escenarios supuestos con y sin actividad. Se dice que el primer escenario "*considera la dinámica de los elementos del ambiente que están siendo afectados por las actividades que se desarrollan actualmente en el entorno"* y el otro escenario "*identifica los posibles impactos que se originarían por las actividades del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante Aspersión Aérea*". Las actividades elegidas para un escenario sin actividad fueron:

- Agricultura tradicional e industrial
- Conflicto armado
- Establecimiento de cultivo ilícito

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

- Extracción y procesamiento de sustancias psicoactivas
- Ganadería
- Minería ilegal

Y en el segundo escenario se tendría las siguientes actividades a evaluar:

- Adecuación y/o mejoramiento de la infraestructura de las bases
- Detección de cultivos ilícitos
- Recepción y almacenamiento de los insumos
- Transporte interno de insumos al área de mezcla
- Preparación de mezcla
- Llenado de la mezcla y el combustible a los *hopper* de los tanques de las aeronaves
- Aplicación de la mezcla en helicóptero
- Aplicación de la mezcla en avión
- Regreso de sobrante de mezcla a tanques de almacenamiento
- Adecuación y mantenimiento de aeronave
- Tercerización de bienes e insumos

Lo anterior, relacionado a la evaluación de los impactos sobre los componentes abiótico, biótico y socioeconómico. La metodología empleada es cualitativa y es resultado de lo que se denomina como importancia ambiental del impacto y la evidencia o probabilidad de ocurrencia arrojando como resultado la evaluación final de cada impacto ambiental, lo que se denomina Significancia Ambiental del Impacto (SAI).

IMPORTANCIA AMBIENTAL	Escala de importancia	EVIDENCIA – PROBABILIDAD DE OCURRENCIA				
		A	B	C	D	E
		Prácticamente imposible (>20%)	Poco probable (21-40%)	Posible (41-60%)	Bastante Probable (61-80%)	Ocurrirá con Alto nivel de certeza (>80%)
Masivo	5	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Mayor	4	Baja	Media	Media	Alta	Alta
Localizado	3	Muy Baja	Baja	Media	Media	Alta
Menor	2	Muy Baja	Baja	Baja	Media	Media
Leve	1	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Media

Figura 48. Rangos de jerarquización de impactos.
Fuente: DIRAN (2020).

Estas categorías y su calificación para cada factor evaluado parecen tener un gran valor subjetivo cuya descripción es plasmada en los anexos 2.6 del estudio. Se desconoce cuál fue el criterio para elegir especialmente las actividades del primer escenario y compararlas con lo dispuesto en el escenario con aspersión. En cuanto al segundo escenario, las actividades parecen estar relacionadas al flujograma de actividades en la ejecución de la aspersión con glifosato. El impacto que se considera puede ser el más relevante en el componente agua es el relacionado con "*Cambio en las*

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

características fisicoquímicas y/o bacteriológicas del agua", teniendo mayores impactos en el escenario uno, incluso la SAI tiene valores de Muy Alto, en cambio en el segundo escenario la categoría siempre es baja independientemente de la actividad, incluso a la que refiere aplicación de la mezcla. Además, se evidencia que para todos los núcleos la calificación es baja o muy baja para las actividades del segundo escenario, y lo es para los tres medios: abiótico, biótico y socioeconómico.

4.5.4.5 Planes y Programas

De acuerdo a la evaluación ambiental realizada se dictaminó que el impacto en los diferentes núcleos era similar, dado que la aplicación se hace de manera directa sobre el lote y se menciona que la afectación a las zonas aledañas a los lotes asperjados es baja en razón a que la deriva se planteó como menor a 10 metros, por lo cual se realiza un mismo Plan de Manejo Ambiental para todos los núcleos.

El plan ambiental se presenta a manera de fichas para cada medio: abiótico, biótico y socioeconómico. Con referencia al agua se destaca la ficha PECIA 02 que se presenta a continuación:

Tabla 11. Programas del Plan de Manejo Ambiental. Tomado de PMA para PECIG (DIRAN, 2020)

MEDIO	CÓDIGO	NOMBRE FICHA	RESUMEN	MEDIO
Abiótico	PECIA 02	Programa de Operación de aspersión aérea	Este programa establece las medidas de control durante las campañas de aspersión aérea en los polígonos definidos previamente (terrenos, predios – lotes).	Lotes de aspersión y bases de operación

Lo que es reiterativo en este plan es que para el medio abiótico los impactos fueron muy bajos y bajos para todas las etapas de la aspersión aludiendo la evaluación hecha. Para este programa se tiene como objetivo "*Realizar seguimiento a las actividades del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante Aspersión Aérea, con el fin de medir o evaluar los impactos reales ocasionados por los mismos, sobre el compartimento suelo y agua cuando se identifiquen cuerpos de agua, dentro de la zona de aspersión"*.

Se propone realizar un muestreo de agua de cuerpos de agua natural (cuando haya cuerpos de agua en los lotes asperjados). Estas muestras de agua, según se plantea, se tomarán antes, inmediatamente después y a los 60 días si es necesario, de las operaciones de aspersión para identificar la presencia de glifosato y AMPA. Sin embargo, **ni en la ficha ni en el anexo 2.8.3 Protocolo de muestreo de suelo y agua se especifica cuales parámetros fisicoquímicos se van a analizar, además de la determinación de glifosato y AMPA en las muestras de agua**.

Tampoco se especifican los lugares para la toma de muestras, de hecho, en la ficha 2 se consigna en el apartado de "Lugar de aplicación" que será "*En los lotes o predios con cultivos ilícitos seleccionados (coordenadas se indicarán en el Plan de Manejo Específico)".* Pero el TDR es claro en mencionar dentro de los requisitos del PMAG capitulo 2.10.2. Plan de Seguimiento y Monitoreo lo siguiente:

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

"*El programa de seguimiento y monitoreo debe cubrir lo propuesto en las fichas del PMAG. Los sitios de muestreo deben georreferenciarse y justificar su representatividad en cuanto a cobertura espacial y temporal, para establecer una estrategia de monitoreo que permita el seguimiento de los medios abiótico, biótico y socioeconómico*"

No se evidencia el cumplimiento de los requerimientos de la ANLA en la ficha presentada.

4.5.4.6 Zonificación ambiental

En cuanto a lo concerniente a agua superficial que incide en la zonificación ambiental se establece que:

"*el recurso hídrico es de gran importancia, ya que provee a la comunidad de agua para consumo doméstico y para actividades productivas (agrícolas y pecuarias), a la vez tiene relevancia en cuanto a que forma parte del ecosistema favoreciendo la presencia de especies flora y fauna, siendo también un recurso que puede verse afectado, aunque de manera irrelevante por la actividad de aspersión aérea*".

Como se pudo observar en todo el documento, las alteraciones a los cuerpos de agua según la DIRAN son insignificantes o no existen.

Sin embargo, en este mismo apartado se añade que:

"*la presencia de todos los cuerpos de agua (loticos y lenticos) identificados la escala del estudio (1:100.000) junto con la franja de seguridad de 100 metros establecida por el decreto 1843 de 1991 se encuentran catalogados como áreas de sensibilidad especial con una categoría muy alta de sensibilidad tal y como se observa en el numeral 3.4.5. Áreas de sensibilidad ambiental*".

Esto es claramente debatible porque según la cartografía asociada a la hidrología tal como se mostró en las figuras de la caracterización del medio abiótico y en los anexos de la base de datos SIG de este estudio, están asociadas a las unidades hidrográficas catalogadas por el IDEAM mediante Decreto 1640 de 2012 en donde se señala en su articulo 4 que el mapa está a escala 1:500.000. A esta escala se puede tener una incertidumbre alta del límite de la divisoria de aguas por lo cual existe un error en la caracterización de ese componente y por ende en el insumo base para aplicar una evaluación de zonificación ambiental. Este ejemplo es uno de los tantos que evidencia la falta de fundamento técnico en la que está soportado el PMA de la DIRAN.

Las deficiencias cartográficas son enunciadas dentro de las limitaciones del estudio:

"*El levantamiento de la cartografía e información geoespacial de los cultivos ilícitos no pude ser definida hasta tanto no se realice la planificación de ejecución inmediata de las campañas de aspersión, es decir que los Planes de Manejo Específico deben elaborarse previamente en un lapso muy ajustado y próximo a la ejecución de la actividad programada. Lo anterior, se explica en virtud de la dinámica de los grupos al margen de la ley y a la itinerancia de los cultivadores de coca".*

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Es de entenderse esta situación, pero no puede dar a lugar a carencia de insumos fundamentales para establecer una adecuada caracterización del territorio a asperjar e incluso a la delimitación de la localización de los cultivos ilícitos. Con la propuesta de presentar esta delimitación justo antes de realizar la actividad, puede no tener garantías de rigurosidad en la ejecución de la aspersión y puede conllevar a propiciar riesgos sobre áreas vulnerables.

En cuanto a los puntos de abastecimiento se lee:

> "*para el presente PMAG, en la caracterización del área de influencia del medio abiótico, no se incluyó dicha información teniendo en cuenta lo establecido en los Términos de referencia específicos (ANLA, 2019), la escala de la información cartográfica (1:100.000) ya que no se cuenta con la información geográfica espacial que permita incluirla como una variable en el proceso de Zonificación ambiental. Se resalta que esta información será desarrollada en los Planes de Manejo Ambientes Específicos PMAE, tal cual lo establecen los términos de referencia en su numeral 3.4.1.1"*.

Sin embargo, en los términos de referencia en la sección concerniente al PMAG en el numeral 2.4.4.1 Identificación de cultivos ilícitos y áreas a intervenir, se especifica que:

> "*se deberán informar los criterios establecidos para definir y delimitar los polígonos de aspersión dentro de las áreas de influencia previamente identificadas, donde se llevarán a cabo las actividades. Dentro de los criterios establecidos se deben tener en cuenta distancias a centros poblados, a viviendas, a infraestructura social (centros educativos, salones comunales, centros de salud, cementerios, iglesias, etc.), así como a puntos de abastecimiento de agua para consumo humano*".

De nuevo hay una contradicción en citar lo que supuestamente debe contener el PMAE y PMAG, y es evidente no entregar mayor detalle en cuanto a la caracterización de puntos de abastecimiento puede constituirse en una omisión que lleve a la ANLA a tomar decisiones que puedan afectar la salud y la vida de los pobladores de las regiones afectadas. Como se ha planteado a lo largo de la evaluación de los documentos del PMA, una deficiente caracterización de la zona a intervenir da lugar a una deficiente zonificación ambiental y más aún en el componente de agua superficial, porque pareciera que se desconociera la interacción del suelo-agua en el ciclo hidrológico.

4.5.5 Factores hidroclimáticos de los núcleos 1 y 2 que pueden incidir en el análisis de impactos del glifosato

Dado el desconocimiento que se plantea en el PMA con respecto a los factores que permiten un transporte del herbicida más allá de la descarga puntual sobre el cultivo ilícito, se propone a continuación una caracterización y análisis hidroclimáticos de los núcleos 1 (San José) y 2 (Caquetá Putumayo) a manera de evidenciar la problemática planteada.

4.5.5.1 Caracterización de la precipitación

La precipitación es uno de los parámetros del clima que cambia significativamente tanto en lo espacial como en lo temporal. Es por ello importante analizar los registros de cada zona con el fin

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

de evaluar las particularidades que se presentan en el área de estudio. La caracterización de la precipitación se realiza a partir de los datos registrados en la cartografía realizada por el Estudio Nacional del Agua (ENA). En esta sección se pretenden analizar los datos de precipitación media mensual en la zona con el fin de establecer un posible régimen de lluvias en el área de estudio, así como también se estudia el promedio de número de días de precipitación multianual.

Precipitación media

Los datos de precipitación media se derivan de los promedios mensuales multianuales y cuyo total se obtuvo a partir de los resultados del ENA. Lo que se busca en desarrollo de este numeral es caracterizar tanto temporal como espacialmente el comportamiento de la precipitación de la zona y así identificar posibles regímenes de lluvia o comportamientos que sean representativos de las diferentes áreas de análisis.

La precipitación total mensual se da entre 50 mm en el mes de enero y 600 mm en el mes de junio, con un promedio total anual entre 2070 mm hasta 3669 mm (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), a partir de lo cual se puede concluir que la zona presenta una alta pluviosidad. El régimen presenta un comportamiento monomodal, con períodos altos entre mayo y octubre, en tanto que los meses con valores bajos están de noviembre a abril.

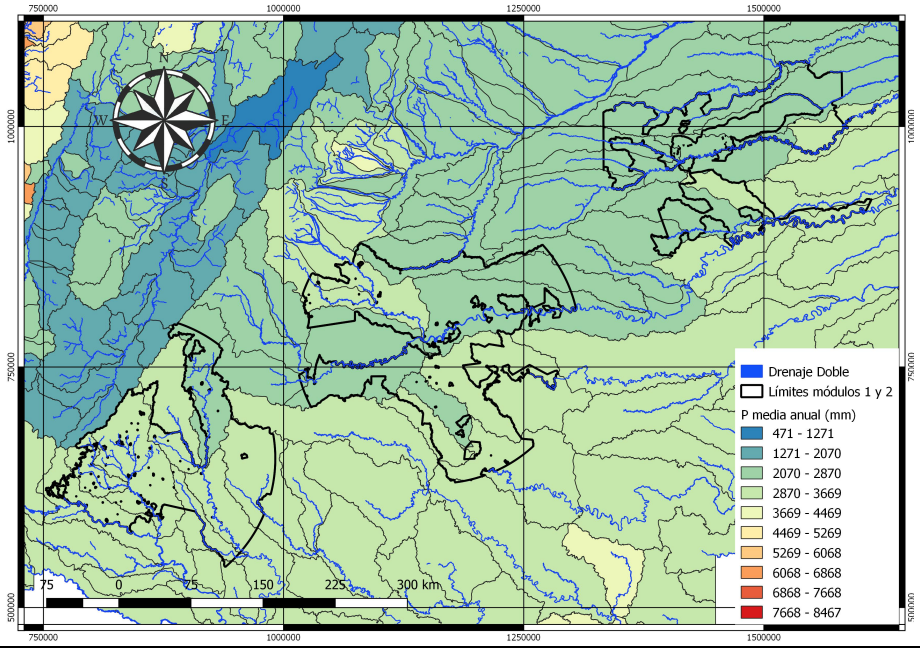


Figura 49. Precipitación media anual.
Fuente: ENA (2010).

La precipitación media presenta valores más altos hacia el sur a medida que se adentra en la Amazonia y valores menores hacia el norte, cerca de la zona andina, cercana a la cordillera.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Número de días de precipitación

Con base en lo observado en el numeral anterior, para este aparte del estudio es importante revisar el concepto de lluvia acumulada, toda vez que se trata de una de las zonas con pluviosidad permanente del país dada su localización, pues aún mantiene características típicas de la Amazonia y Orinoquia colombiana. Como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**50, en el sector se presenta un total entre 100 y 200 días de lluvia al año en la mayor parte del área con algunos sectores que presentan hasta 250 días, manteniendo la misma tendencia espacial que la precipitación media anual.

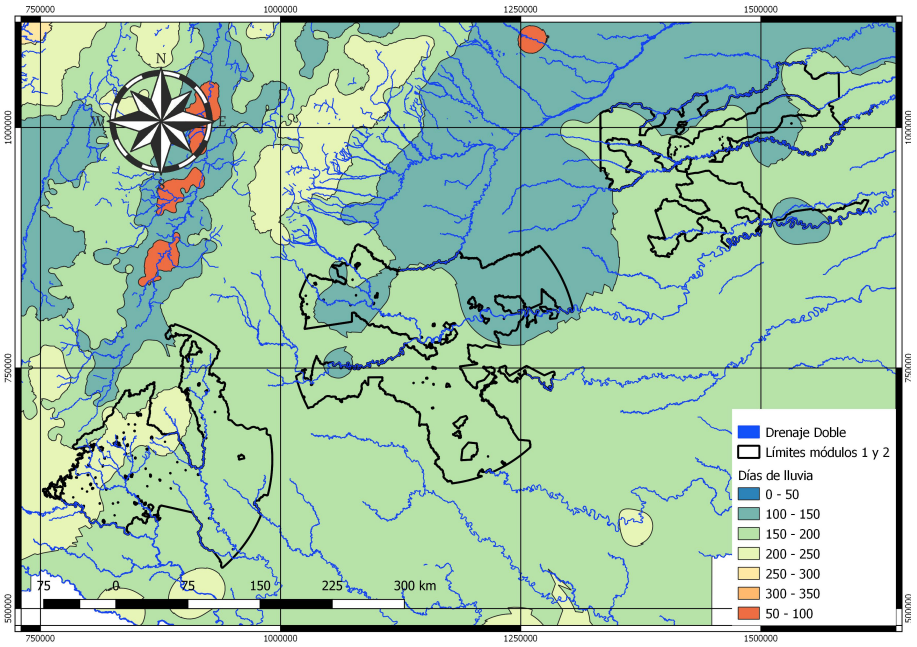


Figura 50. Número de días de lluvia anual.
Fuente: ENA (2010).

4.5.5.2 Escorrentía superficial

La escorrentía superficial, es la parte de la lluvia que se desplaza sobre el terreno y fluye hacía los ríos, los cuales se descargan a los océanos. Aunque una parte de la precipitación se infiltra en el terreno, la mayor parte del agua que alimenta los ríos proviene directamente de la escorrentía que fluye por la superficie.

Generalmente, parte de la lluvia que cae es absorbida por el suelo, pero cuando la lluvia cae sobre suelo saturado o impermeable comienza a correr sobre el suelo, siguiendo la pendiente de este. Cuando la escorrentía corre sobre suelo desnudo, tiene la capacidad de arrastrar consigo gran cantidad de sedimento que es depositado en los ríos y transportado aguas abajo[35].

[35] USGS. (2020). El ciclo del agua. Recuperado de https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish?qt-science_center_objects=0#8

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Debido a lo anterior, los factores de los que depende la escorrentía superficial son básicamente clima (precipitaciones, temperatura, etc.), relieve, vegetación y geología (factor generador a su vez de los suelos en función también del clima).[36]

El volumen de la escorrentía da un indicativo de la oferta hídrica de las cuencas y su capacidad de aprovechamiento. De acuerdo con el ENA,2014; la zona de estudio presenta valores altos de escorrentía, del orden de entre 1500 a 2500 mm, siendo solamente superada por el Pacífico y algunas zonas de la región andina (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**51).

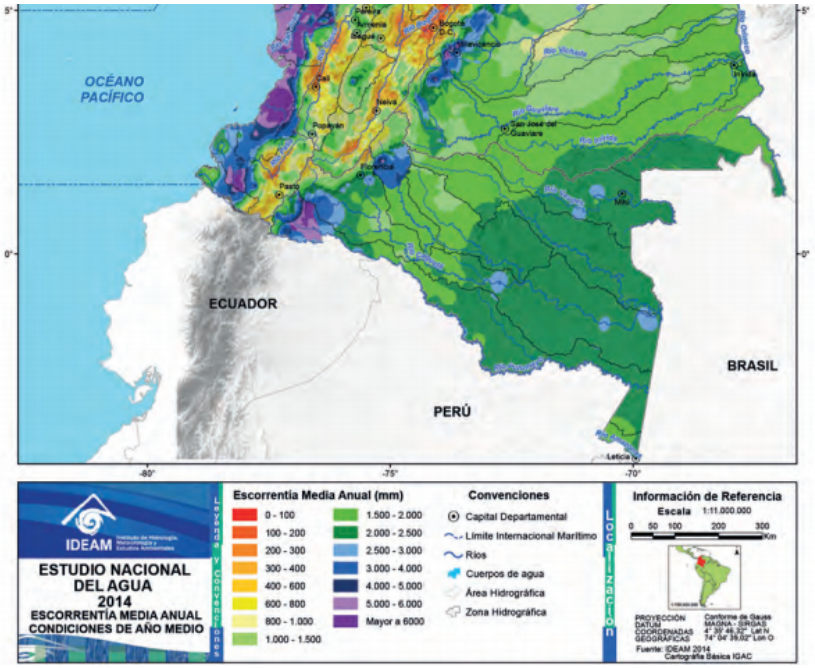


Figura 51. Escorrentía media anual.
Fuente: ENA (2010).

Además, como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**52, el área presenta un bajo índice de aridez con lo cual se puede concluir que presenta excesos de agua en el año hidrológico.

[36] IDEAM. (2014). Aguas superficiales. Recuperado de http://www.ideam.gov.co/web/agua/aguas-superficiales

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

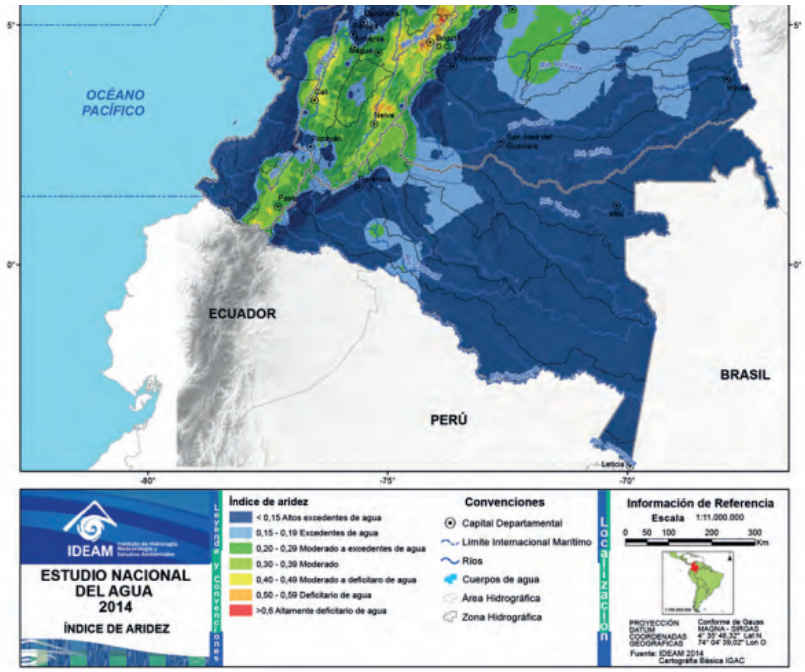


Figura 52. Índice de aridez.
Fuente: ENA (2010).

4.5.5.3 Erosión hídrica

Existen dos formas naturales en las que se incorporan sedimentos al transporte de las corrientes. La primera de ellas está íntimamente relacionada con su origen y evolución y es el resultado del proceso natural de degradación de la corteza terrestre por acción de los agentes del clima. Este ingreso de material a los cursos de agua y su posterior transporte genera tasas de movilidad de los sedimentos estimadas mediante ecuación de pérdidas de suelo – USLE. La segunda forma en que ingresan importantes volúmenes de sedimentos para ser transportados por las corrientes obedece a la ocurrencia de eventos extraordinarios, en este caso relacionados con deslizamientos y flujos generados en las laderas y que se conectan directamente con los cursos de agua incrementando notoriamente su carga, la cual cobra movilidad por obstrucción total o parcial combinada con la alta pendiente haciendo de estas corrientes y sus cuencas, elementos con alta potencialidad de transporte y de daño en el caso de encontrarse elementos expuestos sobre sus márgenes.

No se deben descartar sin embargo como fuente de generación de sedimentos, las actividades antrópicas y algunos otros mecanismos de transporte de sedimentos hacia las corrientes como lo es en algunos casos la acción del viento o sedimentos orgánicos originados por la vegetación.

Dentro de este estudio se trabajará la primera de ellas ya que es la que puede generar el transporte constante de suelo hacia las corrientes de agua.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Erosividad de la lluvia

Uno de los procesos asociados a la precipitación que generan daño en la estructura de los suelos susceptibles a deslizarse y en la capacidad de infiltración de estos, es el relacionado con el denominado Factor de Agresividad de la Lluvia o Factor R[37].

Para determinar el potencial erosivo de la lluvia se utiliza el Factor R de la Ecuación Universal de Perdida de Suelo, por su sigla en inglés conocido como USLE, el cual brinda una idea acerca de la agresividad con la que precipitación influye en el proceso de degradación del suelo (Mancilla Escobar, 2008)[38].

Debido a que no se cuenta con datos de estaciones pluviográficas en la zona de con mínimo 20 años y tampoco se tiene la manera de calcular la energía cinética y la intensidad de los aguaceros en forma aislada (Ramírez Ortiz, Hincapié Gómez, Sadeghian Khalajabadi, & Pérez Gómez, 2007)[39], en el presente estudio se utilizó el índice modificado de Fournier (IFM) el cual de acuerdo con (Ramírez, 2010)[40] fue el utilizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO para el Mapa Universal de Degradación de Suelos y además Arnoldus (1980)[41] y Hoyos et al. (2005)[42], citado por (Ramírez Ortiz, Hincapié Gómez, Sadeghian Khalajabadi, & Pérez Gómez, 2007[43]) establecieron que el Índice de Fournier Modificado - IFM es considerado como un buen estimador de la erosividad de las lluvias para el modelamiento de los procesos erosivos en zonas tropicales.

El Índice Modificado de Fournier utiliza la ecuación:

$$IFM = \sum_{i=1}^{i=12} \frac{p_i^2}{P}$$

Donde:

IFM=Índice de Fournier Modificado (mm)

p=Precipitación media mensual en mm

[37] Wischmeier W.H. and Smith D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. USDA-ARS Agriculture Handbook N° 537, Washington DC. 58 p

[38] Mancilla Escobar, G. (2008). Uso de la ecuación universal de pérdidas de suelo (USLE) en el campo forestal. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de ciencias forestales

[39] Ramírez Ortiz, F. A., Hincapié Gómez, E., Sadeghian Khalajabadi, S., & Pérez Gómez, U. (2007). Erosividad de las lluvias en la zona cafetera central y occidental del departamento de Caldas. Cenicafé, 40-52

[40] Ramírez, L. L. (2010). Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Juramento-Salta. Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta

[41] Arnoldus, H.M.J. (1980): An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. In: De Boodt, M., Gabriels, D. (eds.), Assessment of Erosion. John Wiley & Sons, Chichister, 127–132.

[42] Hoyos, N., Waylen, P., Jaramillo, A. (2005). Seasonal and spatial patterns of erosivity in a tropical watershed of the Colombian Andes. Journal of Hydrology, 314, 177-191. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2005.03.014.

[43] Ramírez Ortiz, F. A., Hincapié Gómez, E., Sadeghian Khalajabadi, S., & Pérez Gómez, U. (2007). Erosividad de las lluvias en la zona cafetera central y occidental del departamento de Caldas. Cenicafé, 40-52

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

P=Precipitación media anual en mm

La clasificación del IFM se lleva a cabo conforme se indica en la Tabla 12.

Tabla 12. Calificación Índice de Fournier modificado. Fuente: Lobo et al. (2006)[44], citado por (Ramirez Ortiz, Hincapié Gómez, Sadeghian Khalajabadi, & Pérez Gómez, 2007)[45]

Clase	Rango	Calificación
1	Menor de 60	Muy bajo
2	60 a 90	Bajo
3	90 a 120	Moderado
4	120 a 160	Alto
5	Mayor de 160	Muy Alto

A partir de los resultados obtenidos para el IFM (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**53) se puede observar que de acuerdo con la clasificación propuesta por Lobo et al. (2006), **todas las precipitaciones en las cuencas aferentes a la zona de estudio presentan un grado de erosividad muy alto debido a su régimen de lluvias, lo cual puede causar que partes de suelo con glifosato sean arrastradas y depositadas en las corrientes de agua del sector**.

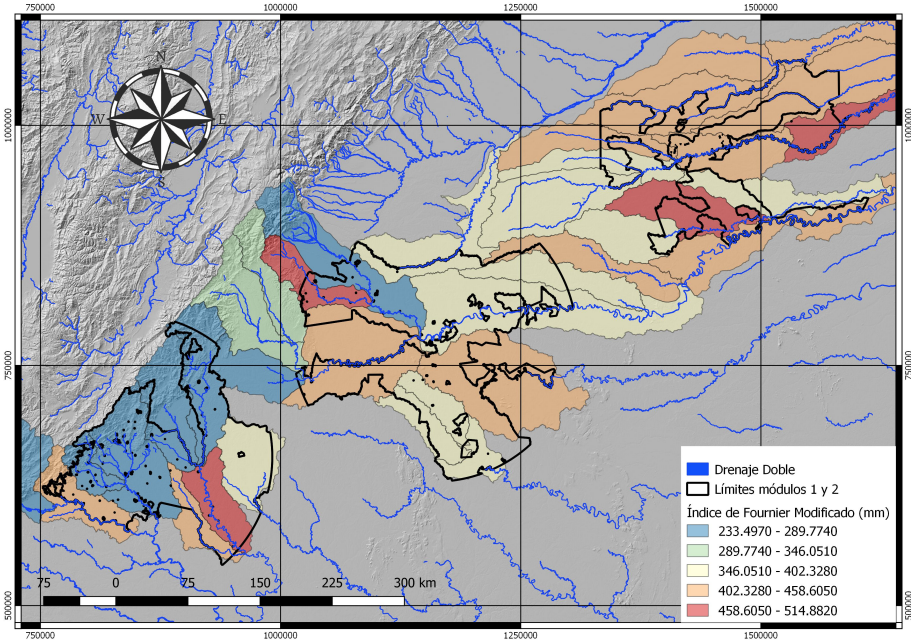


Figura 53. Índice de Fournier modificado.
Fuente: Elaboración propia.

[44] Lobo D.; Gabriells D.: Ovalles f.; Santibañez F.; Moyano M.;Aguilera R.; Sanguesa C.; Urra N. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe. Online Internet. Disponible en: http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002281/228113S.pdf (consultado en 20/03/18).

[45] Ramírez Ortiz, F. A et al. (2007) Op cit

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Lo anterior es coherente con el análisis realizado por el IDEAM en el ENA, ya que se muestra **que la zona tiene un potencial de producción de sedimentos medio en la mayor parte del área y alto en la parte correspondiente al piedemonte**, teniendo en cuenta la cobertura vegetal que puede disminuir la acción de la precipitación sobre el suelo, aunque en la zona de estudio se puede presentar un arrastre de sedimentos considerable (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**54).

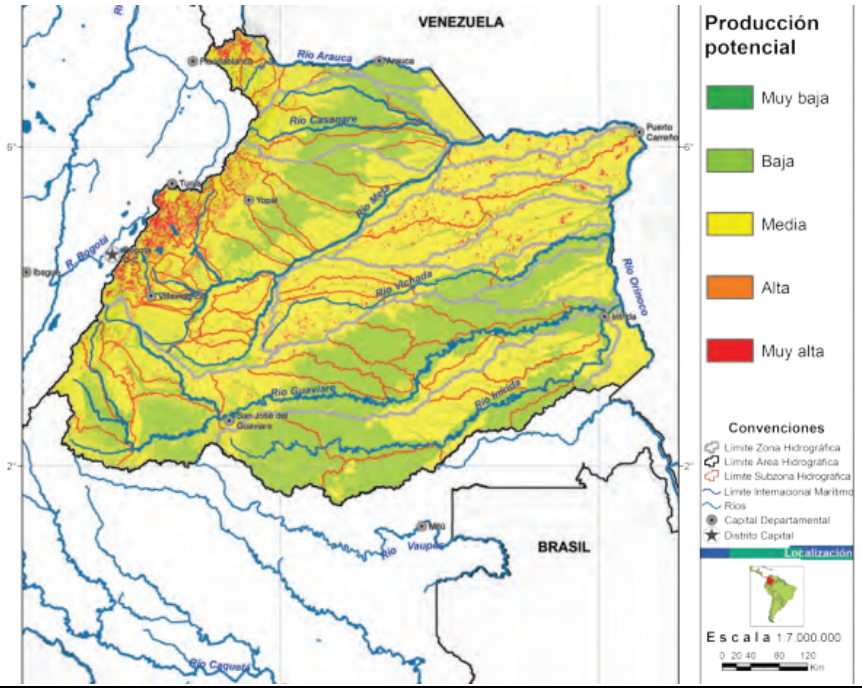


Figura 54. Producción potencial de sedimentos.
Fuente: ENA (2010).

4.5.5.4 Morfometría de cuencas

Para valorar el nivel de susceptibilidad al transporte de sedimentos que tienen las cuencas ante un evento de precipitación, se calcula la pendiente media de la cuenca para de esta manera poder determinar qué tipo de relieve predomina en el sector ya que de este depende la velocidad con la que la escorrentía se concentra en los cauces.

Delimitación de cuencas

Para la delimitación de cuencas se utilizó un modelo de elevación obtenido del satélite ALOS-PALSAR, el cual fue corregido para evitar puntos sumideros utilizando herramientas de GIS, donde se ubicaron los drenajes principales que aferentes a la zona de estudio. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**55 se presenta la delimitación de las cuencas.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

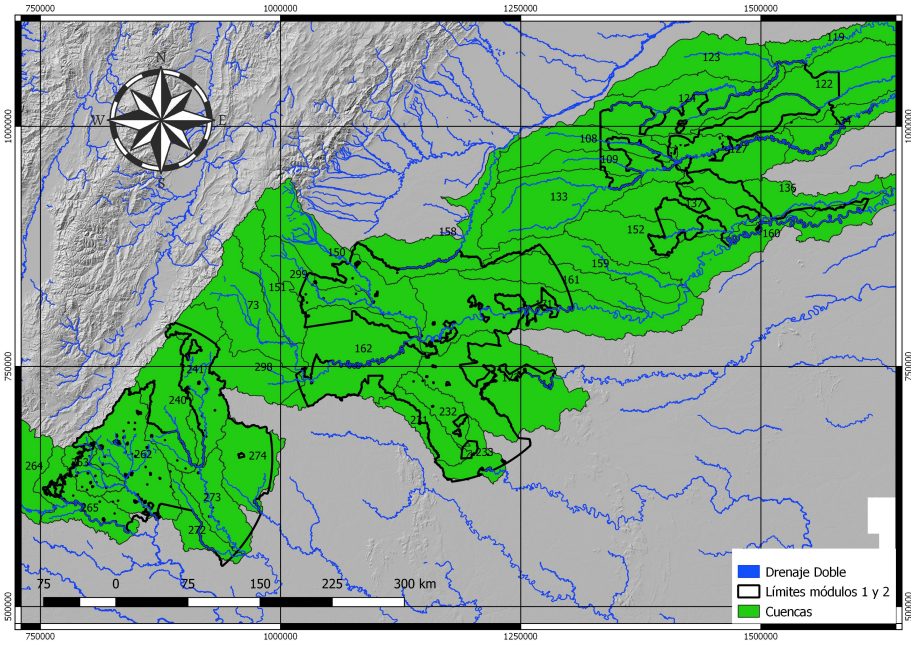


Figura 55. Cuencas aferentes a la zona de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Pendiente media de la cuenca

Este parámetro es de los más empleados en este estudio dentro del componente hidrológico e hidráulico dado que permite conocer la posibilidad o tendencia de una cuenca a generar una creciente súbita. A medida que dicho parámetro incrementa, la probabilidad de ocurrencia de caudales pico crece rápidamente y con ello las posibilidades de ocurrencia de incrementos en las velocidades de la corriente al momento de presentarse la crecida, al igual que su capacidad de arrastre o transporte de un caudal sólido asociado.

Por el contrario, cuando se encuentran pendientes bajas de cuenca, éstas se traducen en zonas de deposición de sedimentos transportados por las crecidas y poca probabilidad de generación de crecientes máximas o súbitas que alteren el régimen de flujo en el cauce, por lo que dichas zonas se pueden encontrar particularmente asociadas a las planicies aluviales.

En la Tabla 13 se observa la clasificación de las cuencas teniendo en cuenta su pendiente media

Tabla 13. Clasificación pendiente media cuenca. Fuente: Villón, 2002[46]

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente Accidentado
12-20	Accidentado

[46] Villón, M. (2002). Hidrología. Lima: Editorial Villón

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
20-35	Fuertemente Accidentado
35-50	Muy Fuertemente Accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy Escarpado

En el área de estudio encontramos valores de pendiente media de la cuenca entre 5 y 42 %, como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**56. Lo cual muestra que es una zona en la cual se encuentran todos los tipos de relieve, desde zonas muy planas a sitios muy accidentados donde se encañonan algunos de los drenajes.

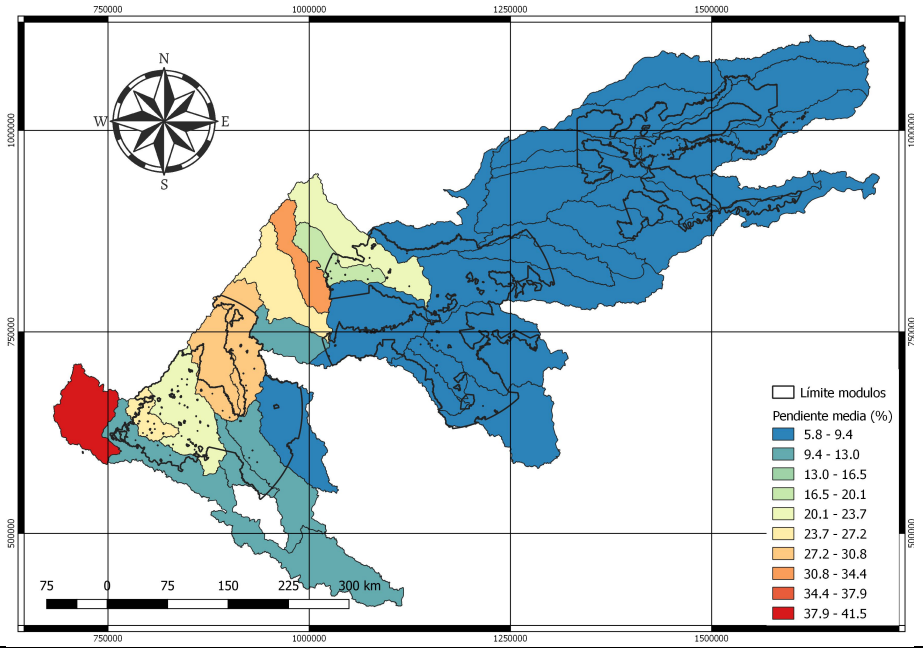


Figura 56. Pendientes medias de las cuencas.
Fuente: Elaboración propia.

Debido a las pendientes que se encuentran en las cuencas se puede observar que, si bien gran parte del área no supera pendientes mayores al 10%, siguen siendo considerables permitiendo que la escorrentía pueda lavar las laderas, enviando cualquier material contaminante a las principales fuentes hídricas de la región.

4.5.5.5 Captaciones de agua superficial

A partir de la información presentada en el ENA, se encontraron 53 captaciones de agua superficiales dentro de los núcleos 1 y 2 del presente estudio, como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**57. Dichos puntos de abastecimiento pueden verse afectados por la aspersión aérea de glifosato, ya que se encuentran directamente dentro de los núcleos, además como se menciono anteriormente, las cuencas tienen una alta capacidad de erosionar y transportar los sedimentos que pueden estar contaminados hacia las fuentes de agua superficial. Lo

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

anterior pone en riesgo a los habitantes del sector ya que una gran parte de las captaciones se encuentran ubicadas en cuencas con alta pendiente media.

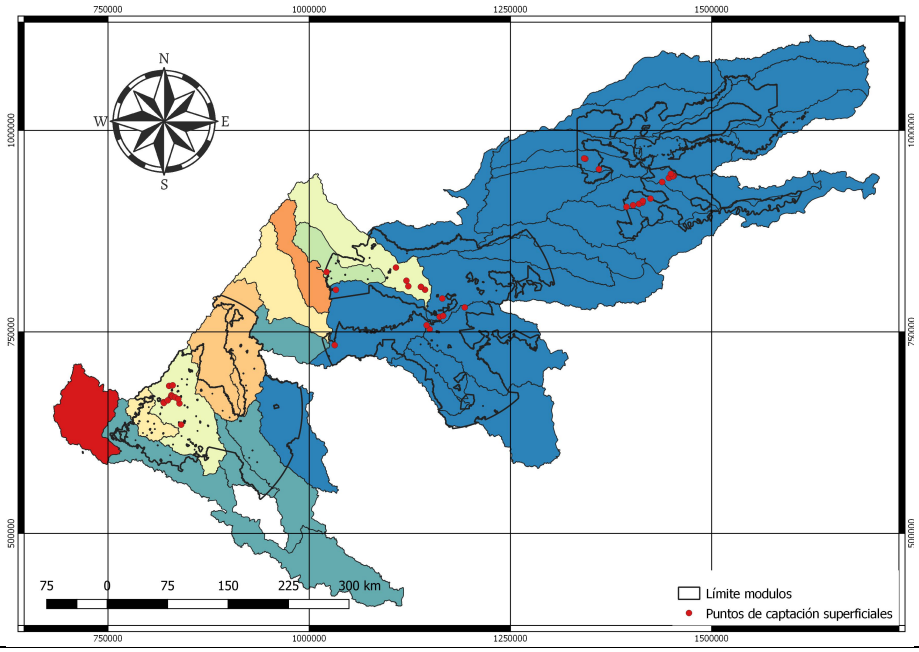


Figura 57. Captaciones de agua superficial.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.5.6 Captaciones de agua superficial

De acuerdo a la caracterización hidroclimatológica presentada anteriormente con respecto a los núcleos 1 y 2, puede establecerse que esta zona de estudio presenta un régimen de lluvias monomodal con altos valores de precipitación media anual alcanzando valores de hasta 4000 mm con presencia de lluvia casi la mitad del año, lo anterior es consistente con las características climáticas de la zona de la Orinoquia y la Amazonia. Según esto, se puede decir que se presenta una alta oferta hídrica en esta área lo que se traduce en escorrentía superficial que puede generar lavado de cualquier material como plaguicidas que se encuentre sobre el terreno y transportarlo grandes distancias por medio de los ríos presentes en el área.

Otra manera de verlo es como lo enuncia Vázquez y otros (2017)[47] argumentando que el mal uso de los agroquímicos pueda dar con su transporte *"hacia cursos de agua por escurrimientos …afectando la calidad de fuentes de agua dulce en cuencas rurales. Este proceso de pérdidas de productos químicos en aéreas rurales se conoce como polución difusa. El principal disparador de la polución*

[47] Vázquez-Amabile, G., Ricca, A., Rojas, D., Cristos, D., Ortiz de Zarate, M., Pellisier, G., . . . Gaspari, F. (2017). Análisis de agroquímicos y nitratos en cursos y aguas subterránea de cuencas rurales del oeste y sudeste de Buenos Aires. Productividad y medio ambiente: ¿enfoques a integrar o misión compartida? Conferencias y resúmenes del 3er Simposio de Malezas y Herbicidas, 61-69.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

difusa es el proceso lluvia escorrentía, el cual tiende a ser ***complejo, no lineal y variable en el tiempo y el espacio*** *en cuencas agrícolas*".

Lo anterior también lo expone Coupe y otros (2012)[48], en el estudio sobre el destino y transporte del glifosato en cuencas agrícolas, el cual detectó estas sustancias en las aguas superficiales, de hecho se evidenció que la frecuencia y la magnitud varió bastante entre las cuencas analizadas concluyendo que las cuencas hidrográficas con mayor riesgo para el transporte de glifosato fuera del sitio son aquellas que tienen altas tasas de aplicación del herbicida, **precipitaciones que resultan en escorrentía superficial** y una ruta de flujo que no incluye el transporte a través del suelo. Estos factores, dan cuenta del **análisis exhaustivo y riguroso que debe hacerse para evaluar con sustento técnico los posibles trayectos de este contaminante, con el fin de no generar afectaciones directas a la salud humana producto de la llegada de este herbicida a las fuentes de agua de los asentamientos de la zona a asperjar**.

Por otra parte, uno de los factores principales para la contaminación de fuentes hídricas es la erosión hídrica ya que los sedimentos generados por el desprendimiento de suelo debido a la acción de la lluvia tienen el potencial de adsorber y transportar elementos y sustancias químicas y biológicas tales como plaguicidas, metales pesados, e incluso patógenos peligrosos para la salud humana, especialmente las partículas de limos, arcillas y materia orgánica.

Debido a que en la zona se encontró que el régimen de lluvias presenta un alto potencial de erosión del suelo, lo cual explica la alta producción de sedimentos que se observa en el Estudio Nacional del Agua y teniendo en cuenta que en las cuencas se presentan pendientes promedio de hasta 40 %, se puede afirmar que existe una alta posibilidad de que cualquier contaminante presente en el suelo logre llegar a las fuentes de agua superficiales por medio de la producción de sedimentos y posterior transporte sobre las laderas.

Teniendo en cuenta el transporte de sedimentos contaminados que se puede presentar en el sector, se considera que utilizar una franja alrededor de los cuerpos de agua no limitaría los impactos que se puedan presentar en las fuentes superficiales ya que debido a los regímenes de lluvia y características morfométricas de las cuencas, los sedimentos pueden viajar distancias mayores.

De hecho, es evidente que **considerar una franja de 100 metros** establecida en el Artículo 87 del Decreto 1843 de julio 22 de 1991, para la aplicación aérea de plaguicidas con el fin de proteger a los cuerpos de agua de la zona a asperjar **no tiene un sustento técnico suficiente** que argumente la debida protección a los cuerpos de agua superficial.

4.5.6 Incertidumbres de las técnicas de aspersión del glifosato

Acorde con la revisión del Plan de Manejo Ambiental -PMA- "Modificación del Plan de Manejo Ambiental para el Programa de Erradicación de Cultivos Ilicitos mediante Aspersión Aérea" (PONAL, 2020), respecto al componente meteorológico se tienen las siguientes inquietudes:

[48] Coupe, R., Kalkhoff , S., Capel, P., & Gregoire, C. (2012). Fate and transport of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters of agricultural basins. Pest management science, 68(1), 16-30.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En el PMA se proyecta que la aspersión aérea se realizará mediante avión (AT-802) y helicóptero (Helicoptero Huey II), no obstante, se señala que a la fecha no se han realizado pruebas con el helicóptero, lo cual no permite realizar la revisión con completitud del PMA. Respecto a la aspersión aérea mediante avión (AT-802) se señala que se han realizado 4 pruebas, las cuales listan a continuación:

- Pruebas avión AT-802 con agua y coadyudante, empleando las boquillas Accu-Flo 0,063-16 (no se realizó con el producto, dada la suspensión del herbicida en aspersión aérea) para la selección del coadyudante.

- Estudios en túnel de viento laboratorio en Nebraska para la evaluación de las boquillas 0,085-16; 0,063-16 y CP11 TT 0015 con el propósito de determinar tamaño de gota óptimo.

- Estudio realizado en Mariquita, Tolima, con agua para evaluar el patrón de aspersión, tamaño de gota, cobertura, tipo de boquilla para la selección de boquillas (0,063 -16 y CP11 TT 0015 con el propósito de determinar el ancho de faja óptimo.

- Estudio realizado en la Escuela de Nacional de Operaciones Policiales -CENOP- con agua y coadyuvante empleando el Avión AT 802, con boquillas CP11 TT 0015, ancho de faja determinado y condiciones de operación específicas para determinar tamaño de gota y deriva máxima permisible.

Respecto al estudio realizado en el CENOP con agua y coadyuvante empleando el Avión AT 802, con boquillas CP11 TT 0015, ancho de faja determinado y condiciones de operación específicas para establecer tamaño de gota y deriva máxima permisible, documentado en el Anexo 2.4.9 “Pruebas de calibración, eficacia y potencial deriva en CENOP” (Alzate, 2020) del PMA (PONAL, 2020), se señala lo siguiente en lo relativo a las condiciones de tiempo atmosférico óptimas para la aspersión:

> *“(…)*
>
> *Clima: Es el núcleo de la aplicación y de su comportamiento depende en gran parte el éxito de la misma, principalmente e debe tener en cuenta, que las variables climáticas estén dentro de estos parámetros.*
>
> - *Temperatura: no mayor a 35C°*
> - *Viento: No mayor a 15 m/s*
> - *Humedad relativa (H.R): Que no esté por debajo del 70%*
>
> *(…)*
>
> *Cuando la temperatura ambiente se encuentra por encima de los 35°C y la humedad relativa está cercana al 100%, es recomendable no realizar la aplicación aérea, esto debido a que la vida media de las gotas se reduce considerablemente ocasionando una baja eficacia en la aplicación (…)”.*

Con base en lo anterior, no se puede apreciar el levantamiento de una línea base relacionada con las variables de temperatura y humedad relativa en superficie como en altura para las áreas de impacto directo (AID) e indirecto (AII), teniendo en cuenta que estas variables en parte determinan

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

que las gotículas no se evaporen antes de llegar a la superficie y de esta forma que contribuyan a la contaminación atmosférica.

Adicionalmente, en este mismo anexo 2.4.9, se indica que se realizaron 4 pruebas el día 7 de marzo de 2020 para la validación de la metodología para establecer el ancho de faja y condiciones de operación específicas para determinar tamaño de gota y deriva máxima. Conforme a lo anterior, se indica que únicamente se tuvo en cuenta las condiciones meteorológicas de un mismo día y para una ubicación en particular que dista de la ubicación de los núcleos de aspersión, y por ende, se considera necesario realizar más pruebas bajo distintas condiciones meteorológicas (hora del día, mes, entre otros) para cada uno de los núcleos de aspersión y de esta forma poder tener un espectro más amplio respecto al ancho de faja, tamaño de gota y deriva máxima. Esto con el fin de estimar adecuadamente el polígono envolvente efectivo de la aplicación en superficie del glifosato "ancho de faja".

En el PMA (DIRAN, 2020), respecto a la deriva relacionada con la aspersión se señala lo siguiente:

> "*Con el tamaño de gota y velocidad de aplicación se garantiza que la deriva estimada no sea de más de 10 metros, garantizando una alta seguridad técnica y ambiental para las aspersiones realizadas con AT802*."

Respecto a lo señalado, se logra apreciar que en el PMA no se puede evidenciar una línea base relacionada con la caracterización del viento (magnitud y dirección) en superficie como en altura para el AID y AII. Lo anterior, toma un papel preponderante puesto que con base en esta caracterización se puede tener una aproximación preliminar del transporte del glifosato para la parte de la troposfera comprendida por la aeronave y la superficie y así estimar el "ancho de faja" efectivo de manera adecuada.

Es perentorio que para cada núcleo de aspersión se cuente con características climatológicas y meteorológicas particulares, por lo cual se tiene que realizar el levantamiento de una línea base de temperatura, humedad relativa, viento (magnitud y dirección) entre otras para cada núcleo de aspersión.

Es importante, tener en cuenta que cada una de las eventuales campañas de aspersión para cada uno de los núcleos presentarán condiciones de tiempo atmosférico diferentes. **En el PMA (PONAL, 2020), no se puede apreciar una propuesta de actividades que permitan evaluar el "ancho de faja" asociado a la aspersión por glifosato para cada campaña, con lo cual no se tiene certeza de este polígono e inherentemente no se puede realizar una evaluación adecuada de impacto ambiental** de los demás biogeocomponentes diferentes del cultivo ilícito objeto de aspersión.

Tal como se mencionó, en un primer momento es necesario implementación de mediciones en superficie y en altura para realizar una caracterización atmosférica respecto a las variables de interés (temperatura, humedad relativa, viento, entre otros) para este propósito se pueden implementar mediciones mediante radiosondas, radiómetros, entre otros (IDEAM, 2017) dado que actualmente

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

en el país se registra que se realizan 11 radiosondeos[49] pero en algunos de estos puntos no es permanente el monitoreo.

En un segundo momento, una de las herramientas para la estimación de los campos de interés previos y durante la aspersión es la Modelación Numérica del Tiempo (NWP, por sus siglas en inglés), para este tipo de modelos es importante tener en cuenta su desempeño y las incertidumbres asociadas dada la complejidad del territorio nacional teniendo en cuenta que las condiciones climáticas predominantes como la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), condiciones orográficas, entre otras.

Acorde con lo anterior, **para estos modelos es necesario realizar la evaluación del desempeño del modelo y de incertidumbre asociada teniendo en cuenta el efecto de las parametrizaciones, horizonte de pronóstico, efecto de escalamiento (anidamiento), resolución espacial para el contexto colombiano** teniendo en cuenta las complejidades anteriormente expuestas (Uribe, 2012). Por otra parte, otro efecto que es preponderante en esta escala temporal corresponde a las condiciones iniciales teniendo en cuenta que las soluciones numéricas de estas de ecuaciones es sensible a las condiciones iniciales (Coffier, 2011), por lo cual se tienen que evaluar la fuente más adecuada de los modelos globales meteorológicos y el tipo de configuración de los modelos que permitan mejorar el desempeño de del modelo.

5 ANÁLISIS GENERAL DE LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y DE MANEJO DEL PMA DEL PECIG

Este numeral contiene el análisis realizado al PECIG, principalmente en cuanto al capítulo de zonificación de manejo se refiere. Sin embargo, dada la completa dependencia que existe entre este capítulo, la zonificación ambiental, el área de influencia y su caracterización, resulta necesario extender el análisis a estos otros capítulos del estudio con el fin de tener el contexto y entender las implicaciones en cadena de las omisiones o consideraciones en el estudio completo.

Además del análisis del PECIG, se analizan aspectos relevantes de los términos de referencia de la ANLA para la elaboración del estudio para la modificación del plan de manejo ambiental – PMA del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos (2019), relacionados con los capítulos mencionados anteriormente, con el fin de verificar su cumplimiento pero también de identificar deficiencias o limitaciones en los mismos que tengan consecuencias en la rigurosidad necesaria del estudio elaborado por la Policía.

[49] http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

5.1 Área de influencia

Al respecto la ANLA establece en sus términos: "*Para las operaciones de aspersión, se debe entregar un PMAE para cada polígono de aspersión, con información primaria de mayor detalle, previo al inicio de la ejecución de la actividad. En cada Plan de Manejo Ambiental Específico – PMAE se debe presentar el área de influencia por componentes, grupos de componentes o medios (Medios abiótico, biótico, socioeconómico y los componentes de cada uno). Estará definida en función de aquellas áreas donde se manifiesten y hasta donde trasciendan los impactos ambientales significativos identificados para la(s) actividad(es).*" (Pág. 33)

El PECIG no acata el requerimiento de la ANLA de definir el área de influencia en función de las áreas hasta donde trascienden los impactos ambientales identificados, y menciona los siguientes argumentos para justificar esa decisión:

> *"Es importante destacar que debido a las particularidades del presente documento..., la formulación del "AI" estuvo condicionada a criterios establecidos por la Corte Constitucional en el fallo T236-17 y el Auto Modulatorio 387-19 por los cuales se establecen criterios mínimos indispensables para poder reactivar las actividades de aspersión aérea con glifosato en el proyecto de erradicación de cultivos ilícitos; los cuales serán desarrollados en párrafos posteriores.* (subrayado fuera del texto) (pág. 5 Cap. 3)

Revisada la sentencia T-236 de 2017 y el Auto 387 de 2019, que vale la pena acalarar no es modulatorio como lo mencionan en la cita anterior, no se encontró mención alguna a criterios que condicionen la definición del área de influencia.

Más adelante presenta el PECIG su definición de área de influencia (AI), lo cuál no es válido técnicamente y requiere un pronunciamiento explícito de la ANLA:

> *"De acuerdo con los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio para la Modificación del Plan de Manejo Ambiental del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos (2019), el "AI" se define como aquella área en donde se manifiestan los impactos ambientales significativos; No obstante, debido a las características propias del proyecto, la Dirección de Antinarcóticos (DIRAN) tuvo en cuenta otros aspectos para su delimitación relacionados, principalmente, con criterios de no intervención o no aspersión, que se expondrán a continuación*. (subrayado fuera del texto) (pág. 5 Cap. 3)

Como se observa reducen el área de influencia a una dualidad de intervención y no intervención, dejando completamente sin consideración la manifestación de los impactos ambientales, porque según su limitado análisis, se "*resalta que estos son puntuales dado que la actividad de erradicación mediante aspersión aérea tiene como objeto su intervención sobre los blancos biológicos (lotes de coca) y no sobre otros tipos de áreas o coberturas vegetales existentes en el área que se pretende asperjar.*" (subrayado fuera del texto) (pág. 9 Cap. 3). Deja el PECIG de lado las enormes incertidumbres sobre la deriva en aguas y suelos, y no presenta información alguna que valide la actuación del glifosato sobre determinados blancos biológicos, más aun cuando es asperjada por vía área.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En este sentido, limitan la definicion del área de influencia a "*la determinacón de 6 núcleos de operación identificados por la Policía Nacional donde la Dirección de Antinarcóticos cuenta con bases de operación".* Alrededor de las bases principales y auxiliares identificadas, *"se estableció el radio de operación de 80 millas náuticas (148,16 Km), que corresponde al alcance máximo de la aeronave en relación con la autonomía de vuelo; con el helicóptero se fijó un radio operacional de 40 millas náuticas (74,08 Km). Este parámetro se instauró teniendo en cuenta que las operaciones de aspersión aérea se ven limitadas por la autonomía de vuelo de las aeronaves que prestan la seguridad (helicópteros)."* (pág. 6 Cap. 3). Una vez determinado este radio de operación fueron descartando dentro de las áreas que han llamado de sensibilidad especial y otras zonas con restricciones legales para la aspersión, hasta obtener los núcleos que presentan.

Aunque se entiende la necesidad de considerar el máximo alcance de las aeronaves, este no debería ser el criterio principal del cual partir para la definión del AI. Se insiste en la necesidad de **partir de los impactos hasta donde puede trascender la actividad, para lo cual el PECIG debe modificar completamente su abordaje**.

Además de la modificación conceptual anterior, crean un nuevo término: Área de intervención u operación (AIO) que genera bastantes confusiones al tratar de entender su diferencia con el AI:

> *"En este contexto, se definió un área de influencia (AI) y un área de intervención u operación (AIO) para cada uno de los seis (6) núcleos; para la primera, se exceptúan los Parques Naturales de Colombia (nacionales y regionales) y las comunidades étnicas. En la segunda, no se incluyen los ecosistemas estratégicos como los páramos, humedales Ramsar, manglares y centros poblados no asociados a las bases operacionales*. (subrayado fuera del texto) (pág. 8 Cap. 3)

Después de revisar el capítulo y las contradicciones en el uso de ambas áreas (AI y AIO), finalmente se entiende que consideran como AI las áreas protegidas, resguardos indígenas, territorios colectivos, centros poblados, equipamientos sociales y comunitarios que dejan por fuera de la intervención en cada núcleo, y el AIO es finalmente el núcleo que zonifican para su intervención (aunque en su interior si consideran algunas áreas de exclusión como se verá en el capítulo de zonificación de manejo).

Este tratamiento de simplemente dejar por fuera del AIO las zonas de parques, resguardos y demás, tiene implicaciones importantes en términos de los impactos que la aspersión puede llegar a tener en estas áreas, lo cual no es considerado en ningún momento dentro del PECIG. Asumen que al sacarlos del mapa de aspersión, ya están cumpliendo con el cuidado que se debe tener con estas áreas que pueden tener presiones considerables desde los bordes donde se si hay aspersión. En muchos casos estas áreas quedan como islas rodeadas por zonas de intervención que claramente pueden verse afectadas como fue ampliamente explicado en las secciones 4.3.8 (estudio de caso sobre flujos de escorrentía en una reserva de la sociedad civil en Casanare) y 4.5.3 (aspersión con glifosato, un vertimiento no puntual) del presente documento. Es el caso, por ejemplo, de los resguardos indígenas constituídos en el muncipio de Miraflores, Guaviare que están rodeados de una zona de intervención con restricción media; las Reservas de la Sociedad Civil Hacienda Villa Mery y El Danubio en el municipio de Morelia, Caquetá y la Reserva Forestal Protectora Nacional Serranía

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

El Capricho, Mirolindo y Cerritos en Guaviare, que incluso no fueron consideradas por el estudio y que en caso de hacerlo serían excluidas y rodeadas de una zona de intervención sin restricciones (ver figuras 70 y 72).

Al respecto vale la pena citar a la ANLA quien en sus términos de referencia establece requerimientos como los siguientes, que fueron desconocidos en el PECIG: *"Delimitación del área de influencia de los componentes del medio biótico. Debe tener en cuenta las escalas espaciales y temporales. No debe limitarse al área de intervención de la Actividad, donde los impactos pueden evidenciarse de modo inmediato, sino que debe extenderse más allá, en función de potenciales impactos que este puede generar.* (subrayado fuera del texto) (Pág. 36).

Se observa entonces que desde la definición del área de influencia hay omisiones y deficiencias que afectan el desarrollo de los siguientes capítulos.

5.1.1. Caracterización del área de influencia

No era objeto de esta consultoría un análisis en detalle de este capítulo, pero adicional al detalle que se presenta en las anteriores secciones sobre suelos y aguas superficiales y subterráneas, se hizo una revisión general de la información presentada para el medio biótico con el fin de mostrar la desarticulación que existe entre este apartado, la zonificación ambiental y la de manejo.

Importante considerar que la ANLA establece: "*Para efectos de la caracterización ambiental de las áreas de influencia, se debe presentar información primaria y secundaria.* (subrayado fuera del texto) (Pág. 35)

El PECIG presenta en el capítulo 3.2 la caracterización de la fauna por cada núcleo utilizando solo información secundaria. Presentan listados de especies bajo algún grado de amaneza según los listados de la UCIN, CITES y la Resolución No. 1912 de 2017. Mencionan especies endémicas, sus tipos de hábitat y sus hábitos alimenticios. Lo anterior para los grupos aves, mamíferos, reptiles y anfibios. No incluyen información de polinizadores y peces que resulta importante en el análisis de una actvidad que considera el uso de un herbicida. De hecho la ANLA en sus términos de referencia menciona, en cuanto a la afectación de las especies de fauna, concentrarse especialmente en la evaluación del impacto sobre especies polinizadoras. Por lo cual esta información debió considerarse en la caracterización.

La información descrita en 177 páginas del capítulo no es utilizada como insumo en la delimitación del área de influencia, ni luego en la zonificación ambiental ni mucho menos en la zonificación de manejo. En los documentos disponibles en la página web de la ANLA no se encontró el capítulo relacionado con la caracterización del medio biótico Tomo I, que se asume sería el correspondiente al componente de flora. En este sentido se asume que esta información no existe.

Las conclusiones del capítulo no tienen ninguna relación con la caracterización de la fauna realizada, no hay un análisis de lo que significan los datos completamente descriptivos que muestran a lo largo del mismo.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Basan las conclusiones en los efectos amplios que los monocultivos en general y los de uso ilícito pueden tener sobre la diversidad de las especies de fauna, para concluir que es necesario cotrolar la coca para recuperar el bosque o los sistemas agrarios que le permitan a la fauna regresar. Aunque lo que se esperaría encontrar es cómo la aspersión con glifosato tendría efectos sobre la fauna, no lo hacen, pero dejan unas ventanas muy generales donde el mismo estudio pone de manifiesto los impactos negativos que los herbicidas tienen sobre la fauna:

> Refiriendose a los monocultivos, *"Adicionalmente, para el mantenimiento de estos cultivos se usan herbicidas y fertilizantes, los cuales tienen un impacto negativo en el reciclaje de nutrientes y el funcionamiento de los ecosistemas (Álvarez, 2007; Dávalos et al., 2011). Esto también puede tener una repercusión negativa en la red trófica, debido a que ciertos grupos de invertebrados son más sensibles a exposición con herbicidas, lo que generaría que especies terrestres que contemplan en su dieta invertebrados tengan que desplazarse fuera de los terrenos de monocultivos"* (subrayado fuera del texto) (pág. 175 Cap. 3.2)
>
> *"Uno de los monocultivos más problemático para Colombia es el monocultivo de coca. El alto impacto más grande de los cultivos de coca en Colombia sobre el medio ambiente es la deforestación en zonas de alta biodiversidad. Así mismo, los agroquímicos empleados en los cultivos ilícitos tendrían impactos negativos sobre las características químicas del agua y del suelo, afectando a especies fosoriales, semifosoriales y acuáticas, llevando a su desaparición en estas zonas intervenidas. A esto se le suma el desplazamiento de especies por las razones antes mencionadas."* (subrayado fuera del texto) (pág. 175 Cap. 3.2)

De lo anterior surgen varias inquietudes: ¿por qué las afirmaciones subrayadas anteriormente no son desarrolladas en mayor detalle y consideradas en el análisis de impactos realizado? ¿por qué en este último califican los cambios en la composición de especies como de significancia ambiental "muy baja"? **Si identificaron que los grupos de invertebrados son más sensibles a la exposición de herbicidas y las consecuencias que esto puede tener en la dieta de otras especies ¿por qué no incluyen un analisis de este grupo en la caracterización que realizaron?**

De lo anterior se concluye que, además de omitir los requerimientos de la Corte y la ANLA en cuanto al detalle de la información, están desconociendo incluso sus mismas conclusiones en relación a lo significativo de las repercusiones negativas que herbicidas como el glifosato tendrían en la fauna.

Adicionalmente mencionan que, "*Teniendo en cuenta que la cantidad de especies presentes disminuye después de la introducción de monocultivos de coca, el impacto de la aspersión aérea, en el caso de hacerse con precisión en el área de interés, sería menor e involucraría especies con alta tolerancia a cambios en el ambiente.*"(subrayado fuera del texto) (pág. 175 Cap. 3.2)

La anterior conclusión no tiene ningún soporte, con base en qué argumentos definen que el impacto de la aspersión será "menor", y que además en las zonas donde se asperjará hay especies con "alta tolerancia a cambios en el ambiente". A lo largo de las más de 170 páginas que tiene la caracterización, no presentan información que les permita llegar a dicha conclusión.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

5.2 Zonificación ambiental

En resumen, la zonificación ambiental busca determinar la sensibilidad ambiental del área de influencia a partir de la información que debe ser analizada en la caracterización de los medios biótico, abiótico y socioeconómico. Es decir, si de entrada la información de la caracterización es deficiente, la evaluación de la sensibilidad ambiental también lo es. La ANLA menciona: "*Con base en la información de la caracterización ambiental del área de influencia y la legislación vigente, se debe efectuar un análisis integral de los medios abiótico, biótico y socioeconómico"* (pág. 44).

Desconociendo todas las variables que en los términos de referencia se deben tener en cuenta para la caracterización ambiental del área de influencia, el PECIG reduce las variables seleccionadas para la zonificación ambiental a las que se mencionan a continuación:

- Medio abiótico: capacidad agrológica del suelo.
- Medio biótico: cobertura vegetal
- Medio socioeconómico: densidad de la población

Por ejemplo, para el caso del componente biótico, el PECIG no considera en la zonificación ambiental nada relacionado con la caracterización de la fauna y la flora, ni de los ecosistemas presentes. La sensibilidad del medio biótico no es adecuada reducirla a un aspecto de coberturas, las cuales permiten aproximarse únicamente a los estratos de vegetación que se encuentran en el área, pero dejan por fuera la sensibilidad que puede haber en términos de la biodiversidad (ecosistemas y especies). El análisis de la sensibilidad biótica no incluyó los elementos establecidos por la ANLA sobre especies amenazadas, migratorias, endémicas, ecosistemas estratégicos, áreas de anidación, reproducción, de alimentación, etc.

Para el medio socioeconómico, los términos de la ANLA contemplan muchas más variables que la simple densidad de la población: "*El análisis se debe realizar a partir de la identificación y descripción de las dinámicas propias de las relaciones funcionales del territorio, para lo cual se deben tener en cuenta como mínimo:*

- *Rutas de desplazamiento empleadas por la población de veredas, centros poblados y cabeceras municipales (incluyendo horas y días).*
- *Formas de asentamiento de la población (nucleada o dispersa).*
- *Sitios de interés cultural, religioso, turístico y recreativo.*
- *Puntos clave para el desarrollo de las actividades económicas y comerciales (sitios de comercialización, provisión de insumos, servicios técnicos, entre otros), incluyendo las rutas de acceso, como caminos veredales, senderos y otras servidumbres de tránsito establecidas para estas actividades.*
- *Identificación y localización de las principales actividades económicas.*
- *Uso y aprovechamiento de los recursos naturales por parte de la población y la dependencia de los mismos respecto a las actividades locales.* (Pág. 36-37)

Desde este abordaje de la zonificación ambiental, las variables de sensibilidad analizadas en el PECIG no representan ni permiten estimar adecuadamente la realidad biótica, abiótica y socioeconómica del área de influencia de la actividad.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

En cuanto a la metodología utilizada para zonificar ambientalmente cada núcleo, el cocumento menciona: "*Se fundamenta en la Metodología general para la presentación de estudios ambientales (MADS, 2010). Los Términos de referencia específicos (ANLA, 2019), la metodología propuesta por (Delgado Rivera, 2012) titulada "Zonificación Ambiental de Áreas de Interés Petrolero, Guía metodológica" y en las variables relevantes para este estudio, identificadas por la DIRAN*" (subrayado fuera del texto). (pág. 8 Cap. 3.4)

A cada variable de los tres medios (biótico, abiótico, socioeconómico) le asignan una escala de valoración, siguiendo la guía metodológica de Delgado Rievera del año 2012 anteriormente citada.

Llama la atención que siendo la aspersión aérea y la extracción de hidrocarburos actividades de diferente naturaleza, y por tanto que tendrán afectaciones diferentes, conserven los criterios de sensibilidad establecidos en la metodología para hidrocarburos, sin ningún análisis particular para la actividad de la aspersión.

El PECIG en su tabla 3-11. Valoración de la sensibilidad biótica de las coberturas vegetales, presentan una columna de justificación general del valor dado a cada cobertura (pág. 28 a 31 Cap. 3.4), de la cual se extrae una parte en la siguiente figura.

CÓDIGO	UNIDAD TEMÁTICA	RANGO DE SENSIBILIDAD		JUSTIFICACIÓN
		VALOR	RANGO	
99	Área sin información	0	No aplica	
111	Tejido urbano continuo	1	Muy baja	Coberturas en donde existe una alta influencia antrópica, con predominio de áreas destinadas a la producción de bienes y servicios, y al desarrollo de viviendas, por tal razón los elementos propios de la vegetación se encuentran reducidos o modificados. Estas áreas están altamente intervenidas y albergan pocas especies de fauna, por lo que su sensibilidad e importancia para la conservación de la biodiversidad es muy baja.
112	Tejido urbano discontinuo	1	Muy baja	
121	Zonas industriales o comerciales	1	Muy baja	
124	Aeropuertos	1	Muy baja	
1241	Aeropuerto con infraestructura asociada	1	Muy baja	
125	Obras hidráulicas	1	Muy baja	
131	Zonas de extracción minera	1	Muy baja	
1312	Explotación de hidrocarburos	1	Muy baja	
141	Zonas verdes urbanas	1	Muy baja	
142	Instalaciones recreativas	1	Muy baja	
211	Otros cultivos transitorios	8	Baja	Coberturas en donde existe una alta influencia antrópica. Estas áreas pueden albergar fauna propias de la región, sin embargo, éstas pueden ser de hábitos generalistas y no tienen requerimientos específicos para su establecimiento por tanto su sensibilidad e importancia son bajas.
2121	Arroz	14	Moderada	Corresponden a áreas de producción económica y son aquellas que han sido modificadas por actividad humana para su uso y aprovechamiento económico por lo que se considera su sensibilidad e importancia moderada.
2212	Caña	14	Moderada	
2222	Café	14	Moderada	
2225	Coca	1	Muy baja	Corresponden a áreas de producción económica ilícita donde se considera la sensibilidad e importancia muy baja
2232	Palma de aceite	6	Muy baja	Corresponden a áreas de alta producción económica y son aquellas que han sido modificadas por actividad humana para su uso y aprovechamiento económico. Se consideran de muy baja sensibilidad e importancia debido al carácter de monocultivo de las áreas donde se siembran y su afectación a los polinizadores en general por la cantidad de químicos propios de este cultivo..

Figura 58. Valoración de la sensibilidad biótica de algunas coberturas consideradas por el PECIG. Tomado del capítulo 3.4 pág. 28.

La justificación presentada se basa en generalidades y suposiciones, y no en un análisis particular para cada zona con información primaria y secundaria como se solicita en los términos del ANLA.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Hay que recordar que esta zonificación como parte de los PMAE, se debe basar en la caracterización que previamente se debió hacer, y no tiene ningún rigor técnico incluir frases y afirmaciones concluyentes como por ejemplo la justificación que se presenta para la cobertura "Otros cultivos transitorios" resaltada en el recuadro rojo en la anterior figura: "*Estas áreas **pueden** albergar fauna propias de la región, sin embargo, éstas **pueden** ser de hábitos generalistas y no tienen requerimientos específicos para su establecimiento por tanto su sensibilidad e importancia son bajas"*.

Además de presentar una justificación poco rigorosa del valor de sensibilidad dado en función de la fauna, **no hay ningún análisis en relación a la sensibilidad de los cultivos transitorios que caracterizan esta cobertura, más aun considerando que estos son los cultivos lícitos, que en muchos casos incluyen además estanques de cría de peces, que los campesinos tienen como actividad económica y que constituyen su alimento**.

Dadas las evidencias del efecto del glifosato sobre el crecimiento de las raíces y las hojas de las plantas, así como las alteraciones que los peces pueden presentar ante su exposición (Tofiño et al., 2020; María, 2004; Paganelli, 2010; Cox, 1998; Eslava et al., 2007; Cuervo y Fuentes, 2014; Perea-Morera y Tupac-Otero, 2016; Busse et al., 2001; Xu et al., 2019), es necesario revalorar la sensibilidad de estas coberturas la cual en ningún caso debería ser baja como lo establece el PECIG, pues los efectos que en los anteriores estudios se encontraron darían para ser clasificadas como de sensibilidad alta o muy alta. Las citas mencionadas también deben ser consideradas como evidencia de riesgo que obligue a incluir dentro de la caracterización de la fauna y en el análisis de impactos, a los peces y sus afectaciones.

El anterior es tan solo un ejemplo de lo inadecuada que está considerada la información de coberturas que tomaron de la metodologia para áreas de interés petrolero. Adicionalmente, no citan la fuente ni la fecha de la información de coberturas que utilizan, lo cual no permite saber con qué información están haciendo los análisis.

Sobre el tema de la escala de la información considerada para la zonificación ambiental, se excusan en utilizar escala 1:100.000 dado que están presentando el PMAG y no los PMAE: "*(…) las variables seleccionadas para la presente zonificación, cumplen con la condición de presentar información cartográfica a escala 1:100:000 por consiguiente dentro de este análisis no se incluyeron instrumentos de planificación y ordenamiento como los POT, POMCA o PORH al considerar que la escala de trabajo es distinta a la escala de este PMAG, dichos análisis serán desarrollados en los Planes de Manejo Ambientes Específicos PMAE (…)"* (subrayado fuera del texto) (pág. 9 Cap. 3.4).

Por un lado, desconoce el PECIG que la ANLA en sus términos de referencia es explícita al definir que "*tanto la zonificación ambiental de cada medio (mapas intermedios), como la zonificación ambiental final, deben cartografiarse a escala 1:100.000 o más detallada, acorde con la sensibilidad ambiental de la temática tratada*". (pág 45.) Por lo tanto, decir que se está cumpliendo con la condición solicitada es una interpretación a conveniencia.

Por otro lado, como se mencionó al comienzo del informe, es claro en los términos de referencia de la ANLA que los capítulos de área de influencia, su caracterización, zonificación ambiental y zonificación de manejo están considerados como parte de los PMAE, por lo cual, si el PECIG los está contemplando se entiende que deben incluir el detalle requerido. En este sentido, mencionar que no incluyeron el análisis de instrumentos de planificación como los POT y POMCA porque hacen

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

parte de una escala más detallada distinta a la del PMAG vuelve a ser una interpretación a conveniencia.

Sobre los mapas de cobertura vegetal y uso actual del suelo, la ANLA establece: "*se deben elaborar a escala de presentación 1:100.000 o más detallada, de igual manera el usuario deberá garantizar que la escala de captura o de trabajo esté acorde a la de presentación y que los aspectos relevantes de las áreas de intervención, sean fácilmente identificables*." (pág. 41). Se puede concluir que la ANLA deja en cabeza del interesado la responsabilidad de elegir la escala apropiada según los elementos relevantes que deben ser fácilmente identificables. En este sentido el PECIG debe incluir una justificación en relación a la escala utilizada (1:100.000), y garantizar que con esta no están dejando por fuera polígonos importantes para diferenciar intervención y no intervención.

Areas de sensibilidad especial. Presenta el PECIG en un subcapítulo independiente de la zonificación de cada medio, "*áreas que por sus características físicas, bióticas y sociales o económicas, cuentan con atributos especiales, por ser únicas, imperturbables, estratégicas o han sido declaradas o consideradas como áreas de preservación, conservación o de importancia ambiental, que hace necesario incluirlas a la zonificación ambiental…".* En la siguiente figura se presentan dichas áreas.

ÁREAS DE SENSIBILIDAD ESPECIAL	Sensibilidad	
	Rango	Justificación
Centros poblados y cabeceras municipales	Muy alta	Áreas correspondientes a asentamientos poblados
Infraestructura, equipamientos colectivos (colegios, escuelas y hospitales), vías de transporte	Muy alta	Infraestructura social
Franjas de seguridad de 100m establecidas por el Decreto 1843 de 1991	Muy alta	Áreas con restricción legal
Drenajes dobles, sencillos, cuerpos de agua lenticos y loticos (100 m de protección Decreto 1843 de 1991)	Muy alta	Áreas con restricción legal
Áreas de Importancia de conservación de aves (AICA)	Alta	Áreas de importancia ambiental
Bosques secos Tropicales	Muy alta	Áreas de importancia ambiental
Bosque de galería y/o ripario	Muy alta	Áreas de importancia ambiental
Prioridades de conservación CONPES 3680	Alta	Áreas de importancia ambiental
Áreas de Reserva forestal Ley 2ª de 1959 (Limite actual)	Alta	Áreas de importancia ambiental
Plan Nacional Integral de Sustitución (PNIS)	Muy alta	

Figura 59. Areas de sensibilidad ambiental especial.
Tomado del capítulo 3.4 pág. 61.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

El estudio no establece los criterios para definir solo las áreas que se muestran en la figura y surge la duda de la justificación para no incluir en ellas otros ecosistemas estratégicos como humedales, zonas de nacimientos de agua y áreas de captación de agua de acueductos veredales y municipales. Por otro lado, no explican porque las áreas AICA y las prioridades de conservación del Conpes 3680 de 2010 son calificadas de sensibilidad ambiental "alta" y no "muy alta" como la mayoría de las demás áreas.

Adicionalmente, la mayoría de estas áreas no se ubican en ningún mapa ni se identifican concretamente para cada núcleo. Es decir, en ninguna parte del PECIG es explícito cuales fueron, por ejemplo, las AICA, los bosques secos tropicales y las prioridades de conservación que consideraron. En este sentido, es información textual que no puede ser verificada posteriormente respecto a su consideración en la zonificación de manejo.

Al respecto la ANLA menciona en sus términos de referencia:

> *"La determinación de la sensibilidad ambiental se hace a partir de la evaluación de los elementos identificados en la caracterización, para lo cual se deben tener en cuenta, entre otras, las siguientes unidades, zonificándolas para toda el área de influencia identificada:*
>
> - *Áreas de especial importancia ecológica, tales como áreas protegidas públicas o privadas, ecosistemas estratégicos, rondas hidrográficas, corredores biológicos, presencia de zonas con especies endémicas, amenazadas (en peligro, en peligro crítico y vulnerables) de acuerdo con la Resolución 192 de 2014 o aquella norma que la modifique, sustituya o derogue, áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación y anidación y zonas de paso de especies migratorias.*
> - *Instrumentos de ordenamiento/planificación (p. e. POMCAs, PORH), así como otras áreas de reglamentación especial.*
> - *Áreas de producción económica tales como ganaderas, agrícolas, mineras, entre otras.*
> - *Áreas de importancia social tales como asentamientos humanos, de infraestructura física y social."* (subrayados fuera del texto)(Pág. 44)

De lo anterior, lo subrayado no fue considerado en el PECIG lo cual deja el análisis con vacíos importantes en relación a la sensibilidad ambiental de los núcleos propuestos.

El único caso en el que explican el rango de sensibilidad ambiental dado, es para las Reservas de Ley 2 de 1959. Sin embargo, la explicación no es muy convincente técnicamente, como se verá más adelante.

Estas Reservas las consideran de sensibilidad muy alta, en otras ocasiones de sensibilidad alta, y luego incluso mencionan que reducirán su sensibilidad según la información en detalle que se obtenga luego, al elaborar los PMAE (esto último, como ya se ha mencionado no procede pues esta zonificación ya debe ser el PMAE). Este comentario preocupa, pues se estaría evaluando algo que luego piensan ajustar en términos menos restrictivos que lo que ya se presenta. Las siguientes citas corroboran lo anterior:

> *"Así las cosas, dentro de la zonificación ambiental se prevé una clasificación de sensibilidad muy alta para este tipo de área protegida"…"En conclusión, las áreas con alta sensibilidad,*

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

correspondientes a Ley 2a de 1959, reducirán su determinante de sensibilidad, en atención a la información al detalle que sea recaudada al momento de elaborar el PMAE, en atención a la nueva información sobre áreas sustraídas e identificación de las actividades de cultivos para usos ilícitos." (subrayado fuera del texto)(Pág. 64 Cap. 3.4)

La decisión de ubicar a las Reservas de Ley 2 en el rango de sensibilidad alta se basa, entre otras, en:

> *"Las acciones de erradicación de cultivos ilícitos mediante aspersión aérea no corresponden a las conductas, qué según la Ley, requieren sustracción de áreas de reserva forestal."* (Pág. 62 Cap. 3.4)

> *"Las actividades de erradicación de cultivos ilícitos no degradarían dichas áreas, por el contrario, la intervención con aspersión aérea de cultivos ilícitos genera la posibilidad de la sucesión o restauración de las coberturas vegetales naturales."* (subrayado fuera del texto) (Pág. 62 Cap. 3.4)

> *"Es pertinente resaltar que la operación del Programa de erradicación de cultivos ilícitos mediante aspersión aérea implica la ejecución de actividades puntuales, cuyos efectos en el tiempo son muy cortos, toda vez que la regeneración de la capa vegetal se presenta en general en 20 días, en atención a que la degradación del herbicida se presenta en ese plazo."* (subrayado fuera del texto) (Pág. 63 Cap. 3.4)

> *"Dadas las características del herbicida Glifosato, su efecto sobre las plantas asperjadas inhibe el proceso fotosintético y a partir de ahí, el citado herbicida inicia su degradación. Una vez degradado el herbicida, la planta termina su proceso de necrosamiento, desde ese momento se dan las condiciones para que prospere la regeneración natural de la vegetación*." (subrayado fuera del texto) (Pág. 64 Cap. 3.4)

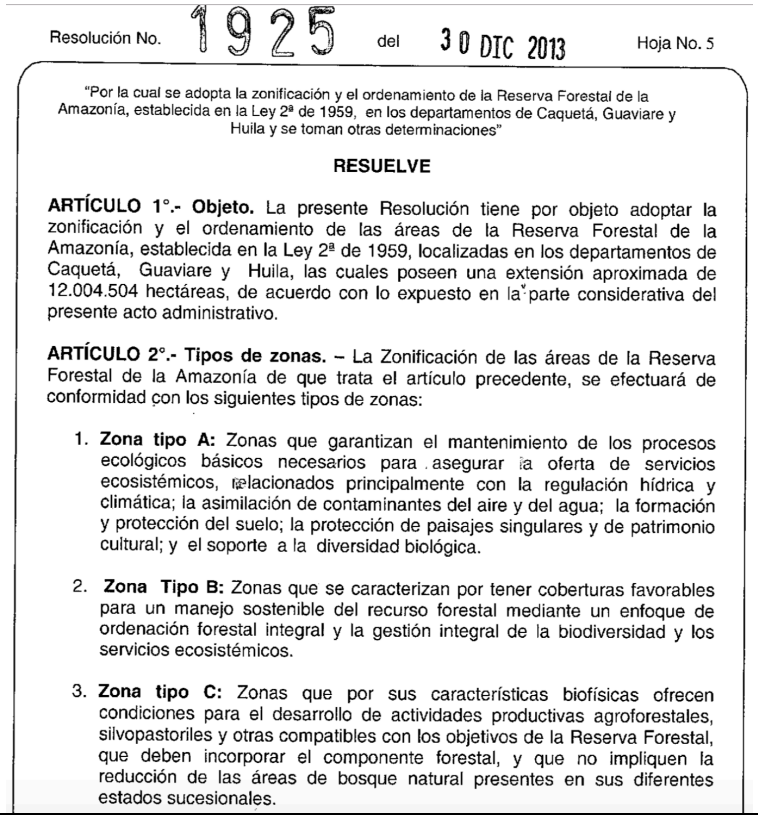
Sobre la consideración del requerimiento o no de sustración, es cierto que la aspersión con glifosato no se podría clasificar dentro de las actividades o proyectos que requieren de este procedimiento. Sin embargo, esto no quiere decir que esta actividad sea compatible con los objetivos y la zonificación de este tipo de áreas, en particular si se tiene en cuenta que la figura de sustración existe desde el Código nacional de los recursos naturales renovables (Decreto Ley 2811 de 1974) y que en ningún momento se ha revisado técnicamente a propósito de la actividad de aspersión con glifosato.

El artículo 1 de la Ley 2 de 1959 establece: "*Para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, se establecen con carácter de "Zonas Forestales Protectoras" y "bosques de Interés General", según la clasificación de que trata el Decreto legislativo número 2278 de 1953, las siguientes zonas de reserva forestal…*" (subrayado fuera del texto).

Por otro lado, las resoluciones de ordenamiento de las Reservas de Ley 2 que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha expedido, establecen los tipos de zonas que se observan en la siguiente figura. Aunque se muestra el caso de la Resolución adoptada para el caso de la Reserva

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Forestal de la Amazonia, las zonas y su definición son las mismas establecidas en las Resoluciones para las otras 6 reservas presentes en el país.



Resolución No. 1925 del 30 DIC 2013 Hoja No. 5

"Por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2ª de 1959, en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila y se toman otras determinaciones"

RESUELVE

ARTÍCULO 1°.- Objeto. La presente Resolución tiene por objeto adoptar la zonificación y el ordenamiento de las áreas de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2ª de 1959, localizadas en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila, las cuales poseen una extensión aproximada de 12.004.504 hectáreas, de acuerdo con lo expuesto en la parte considerativa del presente acto administrativo.

ARTÍCULO 2°.- Tipos de zonas. – La Zonificación de las áreas de la Reserva Forestal de la Amazonía de que trata el artículo precedente, se efectuará de conformidad con los siguientes tipos de zonas:

1. **Zona tipo A:** Zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica.

2. **Zona Tipo B:** Zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

3. **Zona tipo C:** Zonas que por sus características biofísicas ofrecen condiciones para el desarrollo de actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la Reserva Forestal, que deben incorporar el componente forestal, y que no impliquen la reducción de las áreas de bosque natural presentes en sus diferentes estados sucesionales.

Figura 60. Definición de los tipos de zonas establecidas para las Reservas de Ley 2. Resolución 1925 de 2013.

Como se observa en la figura, los usos al interior de las zonas deben garantizar el mantenimiento de procesos ecológicos básicos para asegurar servicios ecosistemicos de regulación hídrica, asimilación de contaminantes del aire y agua, protección del suelo y soporte de la diversidad (Zonas A), así como permitir la gestión integral de la biodiversidad (Zonas B) y el desarrollo de actividades agroforestales que no impliquen la reducción de las áreas de bosque en sus diferentes estados sucesionales (Zonas C). Así las cosas, ninguna de las zonas establecidas en el ordenamiento de las Reservas de Ley 2, es compatible con la actividad de aspersión aérea de glifosato, pues al ser un herbicida de amplio espectro[50], afectará procesos ecológicos básicos y en consecuencia los servicios ecosistémicos de los bosques y sistemas agroforestales presentes en estas áreas.

[50] Al respecto, vale la pena traer a colación el texto que se encuentra en la página web del herbicida Roundup: "*Glifosato: el herbicida con el más amplio espectro de acción. Un herbicida químico a base de glifosato presenta una elevada eficacia. Este tipo de herbicidas inhibe una encima esencial de las plantas y bloquea la síntesis de aminoácidos aromáticos de todos los órganos de reserva (hojas, rizoma, bulbo). Privadas de estos aminoácidos que participan en la síntesis de vitaminas y de multitud de metabolitos secundarios, las malas hierbas se marchitan rápidamente*." https://www.roundup-jardin.es/glifosato

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Dado que el glifosato afecta procesos fisiológicos vitales para la superviviencia de las plantas, es claro que al utilizarlo en zonas donde existen otras especies que se desean conservar, el riesgo de afectarlas es muy alto. En la página web de Roundup (https://www.roundup-jardin.es/glifosato), se encuentra la siguiente respuesta a la pregunta frecuente: ***"¿Qué debo hacer si accidentalmente hecho Roundup en plantas que deseo conservar?*** *Inmediatamente debe: a] cortar la hoja tratada o b] retirar la hoja lavándola con agua limpia, asegurándose de que los restos del lavado no alcancen ninguna otra planta o césped que quiera conservar."*

De acuerdo a lo anterior, y siendo información pública de fácil acceso, ¿por qué el PECIG desconoce esta información básica? ¿Por qué no hay ninguna alusión sobre las medidas de manejo que el PECIG debe tomar si "accidentalmente" cae glifosato en la diversidad de especies que hay en los bosques de las Reservas de Ley 2 y otras áreas de manejo especial, así como en la diversidad de especies que los campesinos e indígenas cultivan y les sirven de alimento, y que el mismo gobierno está llamado a conservar?

A pesar de lo anterior, el PECIG incluye afirmaciones sin niguna fuente, que van en contravía de lo citado anteriormente y anunciado en la página web de Roundup, en relación con: a) la no degradación de las reservas de Ley 2, y por el contrario que la aspersión aérea de cultivos ilícitos genera la posibilidad de la sucesión o restauración de las coberturas vegetales naturales, b) que los efectos de la aspersión en el tiempo son muy cortos, pues la regeneración de la capa vegetal se presenta en general en 20 días, ya que la degradación del herbicida se presenta en ese plazo. Al carecer de fuentes bibliográficas son comentarios generales sin ningún soporte.

Al contrario, se citan a continuación un par de estudios que contradicen lo expuesto en el PECIG. Un estudio que evaluó el efecto de diferentes métodos de eliminación de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris L.)* en la germinación y establecimiento de especies nativas del matorral xerófilo de Sonora en México, obtuvo que la aplicación del herbicida glifosato en las plantas crecidas experimentalmente en invernadero produjo una baja biomasa y una alta mortandad, ya que el glifosato fue aplicado sobre la parte aérea de la plántula, como sucedería si se usa como método para eliminar el zacate cuando hay plántulas nativas alrededor. Con esto demostraron que **si se aplica glifosato sin tener en cuenta plantas no objetivo se puede afectar a las nativas**. (Espinoza, 2015).

Por su parte, Quinchiguango (2012) en su tesis "*Impacto del glifosato sobre flora, fauna, propiedades químicas, físicas, mineralógicas y biológicas del suelo y su residualidad en bosque secundario en Sucumbíos, Ecuador"* encuentra que:

- El valor inicial de cobertura vegetal para el tratamiento con 6,25 gl/ha RoundupSL-glifosato (T1) y el control sin glifosato (T2) fue de 85% y 95%, respectivamente. Después de la aplicación y durante los 8 meses de evaluación, la cobertura vegetal en T1 muestra un descenso gradual hasta registrar 39%; en cambio, en T2 los valores se mantienen estables.
- En cuanto a la defoliación del bosque, en el tratamiento T1 (6,25 gl/ha RoundupSL-glifosato) éste parámetro fue inversamente proporcional al porcentaje de cobertura vegetal, a menor porcentaje de cobertura vegetal (37,5%) el porcentaje de defoliación fue mayor (47,5%). En cambio, en T2 (control sin glifosato) el bosque no presentó defoliación.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

- En el tratamiento T1, en los sustratos dosel, subdosel y sotobosque, se registraron 41 especies, de las cuales 15 fueron muy afectadas (50 a 100% de defoliación), 16 fueron poco afectadas (10 a 30% de defoliación) y 10 no fueron afectadas. De manera general, la mayoría de especies más afectadas corresponden al dosel y subdosel, las menos afectadas al subdosel, dosel y sotobosque, y las no afectadas, al sotobosque, subdosel y dosel.
- Con los resultados obtenidos, se puede decir que si un bosque secundario sufre el impacto directo de una aspersión aérea, con la dosis de 6,25 gl de RoundupSL /ha, los árboles de las especies: arenillo (*Erisma uncinatum*), guabo blanco (*Inga icraneada*), guarumo (*Cecropia cf. latiloba*), arabisco (*Jacaranda copaia*), tachuelo (*Zonthoxylum tachuelo*), variable (sin identificar), ovo (*Spondias mombin*), guayacán (*Dacryodes peruviana*), copal (*Dacryodes sp*.), uva de monte (*Pourouma cecropiifolia*) y helechos (*Tectaria sp.*), presentarán follaje clorótico, luego necrosis de los tejidos de las hojas, seguida por defoliación completa y finalmente la muerte a los 10 meses de la aspersión.
- El impacto directo de una aspersión aérea con 6,25 gal de RoundupSL/ha, matará al menos 15 especies de flora del bosque, con pérdidas en madera de 6 170 USD/ha, las cuales se incrementan por la caída de los árboles muertos al arrastrar consigo a los árboles vecinos. La recuperación del bosque tardaría de 30 a 50 años.

Aunque tan solo se citan dos estudios sobre el tema, es suficiente para demostrar que **en la elaboración del PECIG no hubo una búsqueda rigorosa de información, para sustentar las afirmaciones con las cuales pretenden justificar la aspersión con glifosato de las Reservas de Ley 2ª de 1959 y en áreas de bosque que se encuentran fuera de las figuras de conservación que consideran como excluidas**.

Los estudios citados anteriormente además de contradecir sus afirmaciones, ponen en discusión los criterios, variables y en general la metodología que presentan en el programa para el seguimiento y monitoreo del medio biótico (Ficha No. 5).

Finalmente, en cuanto a la metodología utilizada para obtener la zonificación ambiental, luego del cruce de las variables de los medios biótico, abiótico y socioeconómico, se identificaron las siguientes situaciones que se suman a todo lo mencionado anteriormente, reforzando los argumentos que permiten concluir la necesidad de una revisión y ajuste de la zonificación ambiental presentada por el PECIG.

Mencionan que: "*La sumatoria algebraica de las variables de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, más las áreas de la sensibilidad especial; se encuentran enmarcadas dentro de los rangos de 0 a 100 puntos, los cuales definirán la sensibilidad ambiental de las áreas comprendidas dentro de cada uno de los seis (6) núcleos."* (pág. 65 Cap. 3.4). En la siguiente figura se muestra los rangos en los que dividen y clasifican la sensibilidad ambiental.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

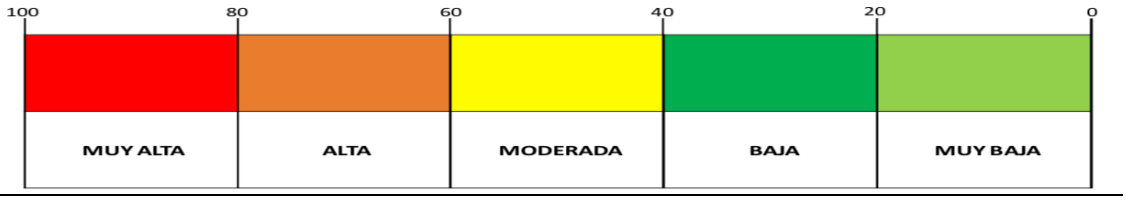


Figura 61. Rangos de sensibilidad ambiental según el puntaje obtenido luego de la sumatoria de las variables de los tres medios: biótico, abiótico y socioeconómico. Tomado del capítulo 3.4 del PECIG, quienes lo adaptaron de Delgado Rivera, 2012.

Al respecto vale la pena aclarar que los rangos de valores posibles considerados para cada uno de los medios fueron los siguientes:

- Rango de valores para sensibilidad biótica entre 0 y 30
- Rango de valores para sensibilidad abiótica entre 0 y 30
- Rango de valores para sensibilidad socioeconómica entre 0 y 40

Y los valores obtenidos en el análisis de cada medio, de acuerdo a los rangos de sensibilidad asignados a las categorías de cada variable, fueron:

- Medio abiótico: Entre 0 y 30
- Medio Biótico: Entre 1 y 30
- Medio socioeconómico: Entre 1 y 2

De lo anterior llama la atención los valores obtenidos para el medio socioeconómico: todas las áreas analizadas caen en valores entre 1 y 2, por lo cual no se entiende cómo la suma algebraica de las variables de los tres medios, puede llegar a obtener un puntaje mayor a 62 y así optar por una clasificación de sensibilidad alta o muy alta. Esta situación se debe resaltar porque refleja los vacíos técnicos que hay en la selección, principamente, de las variables socioeconómicas y los criterios para asignarles valores. Si el análisis estaba dando que los valores de esta variable no llegaban nunca a 40, ni siquiera a un puntaje de 3, ¿por qué dejaron un rango tan amplio para esta variable? ¿por qué no escogieron otras variables que representaran mejor la sensibilidad de lo socioeconómico? ¿por qué no ponderaron los valores?

Esta situación pone de manifiesto la falta de rigurosidad para dimensionar el riesgo de la aspersión aérea con glifosato sobre las personas y sus actividades. Es claro que **la variable escogida para evaluar lo socioeconómico -densidad poblacional-, no representa en lo más mínimo las condiciones socioeconómicas de los núcleos** escogidos.

Lo anterior tiene implicaciones importantes, pues con base en la clasificación de la sensibilidad ambiental se definirán en la zonificación de manejo las zonas de intervención, intervención con restricciones o exclusión. Un puntaje de 60 puntos clasifica las zonas como máximo de sensibilidad ambiental moderada (ver figura anterior), y no habría la posibilidad de tener zonas de sensibilidad alta y muy alta, a excepción de las áreas de sensibilidad especial que se explicaron anteriormente (ver página 15).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

5.3 Zonificación de manejo

El PECIG inicia este capítulo con el siguiente párrafo: "*Este Plan de Manejo Ambiental General (PMAG), propone presentar una zonificación de manejo aproximada debido a limitaciones de escala interpretativa (Esc. 1:100.000) e información secundaria; y se ajusta a las orientaciones de la guía metodología para estudios ambientales (MADS, 2010)*". (subrayado fuera del texto) (pág. 5 Cap. 2.7)

Sobre el PMAG y PMAE no se entrará de nuevo en detalles pues ya fue tratado anteriormente. La falta de rigor técnico con que manejan la información puede acercarse a lo absurdo. Si son conscientes de lo aproximado de la zonificación de manejo que presentan por cuestiones de escala ¿por qué no llegaron a escalas más detalladas y utilizaron información primaria como es requerido a lo largo de todos los términos de referencia de la ANLA? **¿Como es posible tomar decisiones de licenciamiento ambiental con una zonificación de manejo que el mismo interesado plantea como aproximada?** Considerando lo decisivo de la zonificación de manejo para definir dónde se asperja y dónde no, y los riesgos que esto plantea para la salud humana como ha sido expuesto ampliamente por la Corte, sería completamente irresponsable por parte de la Policía, la ANLA y el gobierno en general tomar una decisión de licenciamiento ambiental con información aproximada, cuando es viable tener información más detallada.

La zonificación de manejo en los términos de referencia de la ANLA plantea tres zonas, principalmente: zonas de exclusión, intervención con restrcicciones (alta, media y baja) e intervención como tal.

Sobre las zonas de exclusión el PECIG menciona: *"Corresponde a las áreas que no pueden ser intervenidas por las actividades del Programa de erradicación de cultivo ilícitos mediante aspersión aérea para cada núcleo, teniendo en cuenta que presentan una MUY ALTA susceptibilidad ambiental (mayor a 90 puntos)…. Este criterio de exclusión se encuentra relacionado con las áreas que presentan una sensibilidad especial o dominante por su naturaleza legal, ecológica y/o social que no permiten las actividades de aspersión área sobre ellas"* (subrayado fuera del texto) (pág. 6 Cap. 2.7)

Como se observó anteriormente, la sensibilidad ambiental en la zonificación ambiental es clasificada según unos valores que van de 0 a 100, siendo el rango entre 80 y 100 el que corresponde a una Muy Alta sensibilidad. En el apartado de Areas de exclusión de la zonificación de manejo el PECIG menciona que estas áreas no pueden ser intervenidas porque presentan susceptibilidad (se entendería que es la misma sensibilidad) MUY ALTA, y sin ninguna explicación modifican el rango para esta categoría por encima de 90 puntos, dejando fuera de la misma, y por ende de la exclusión, a las áreas que habían clasificado entre 80 y 90 puntos. En la siguiente figura se observa lo anterior.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

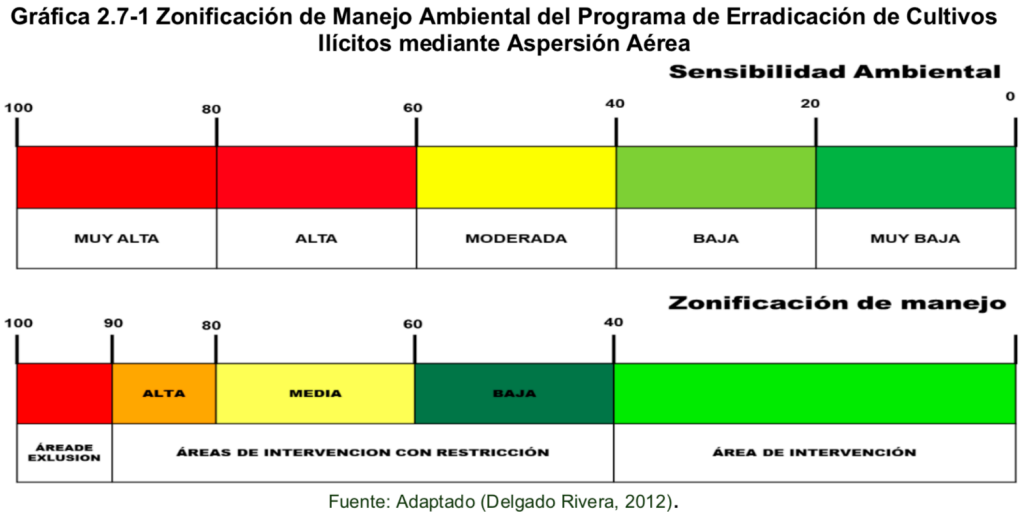


Figura 62. Rangos y valores de la sensibilidad ambiental y su correspondencia con los tipos de zonas de manejo. Tomado del capítulo 2.7 del PECIG.

Por otro lado, aunque las áreas de exclusión no serán intervenidas directamente, deben quedar identificadas en la zonificación de manejo como tales, y no se deben descartar en términos de las posibles afectaciones e impactos que en ellas se pueden dar por la actividad. Al revisar los mapas se observa que los Parques Nacionales Naturales y resguardos indígenas, por ejemplo, no son considerados de ninguna manera (se entiende que están excluidos pero deben aparecer), mientras que otras áreas como las del PNIS y las rondas de las quebradas sí quedan identificadas como de exclusión.

No se entiende por qué hacen esta diferenciación dentro de la misma categoría de áres de exclusión. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de esta situación. Se cruzó la capa de parques nacionales naturales con los núcleos 1 y 2, y se observa que la Reserva Nacional Natural Nukak, los Parques Nacionales Naturales Serranía de Chiribiquete, Cordillera de los Picachos, Tinigua y Sierra de la Macarena, no identificados en la zonificación de manejo, limitan con zonas definidas como de intervención con restricción media, para las cuales como se mencionará adelante, no existen restricciones claras. Esto último es preocupante más aun cuando colindan con áreas de usos restrictivos por sus valores de conservación.

De igual manera ocurre con los resguardos indígenas. En la zonificación de manejo no se muestran los resguardos que se están excluyendo. En el mapa aparecen unos cuantos polígonos blancos, que se asume se trata de algunos resguardos, rodeados de áreas de intervención. Revisando la capa cartográfica de resguardos indígenas en los departamentos del Guaviare y el Meta, se observó, por ejemplo, que resguardos como La Yuquera (municipio de Calamar), La Asunción (municipio El Retorno), Barranquillita (municipio de Miraflores), La Fuga y Barrancón (municipio de San José del Guaviare), La Sal (municipio de Puerto Concordia), por mencionar solo algunos de los muchos que están establecidos en esta zona, son áreas que están rodeadas de zonas de intervención donde se

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

asperjará glifosato con o sin restricciones. Preocupa entonces **cómo se van evitar los impactos sobre los resguardos indígenas que quedarán como islas alrededor de zonas de intervención**. Adicionalmente, si la zonificación de manejo no especifica con nombre propio los resguardos indígenas que estan excluyendo, ¿cómo se entiende que realmente saben qué polígonos de este tipo no deben asperjar?

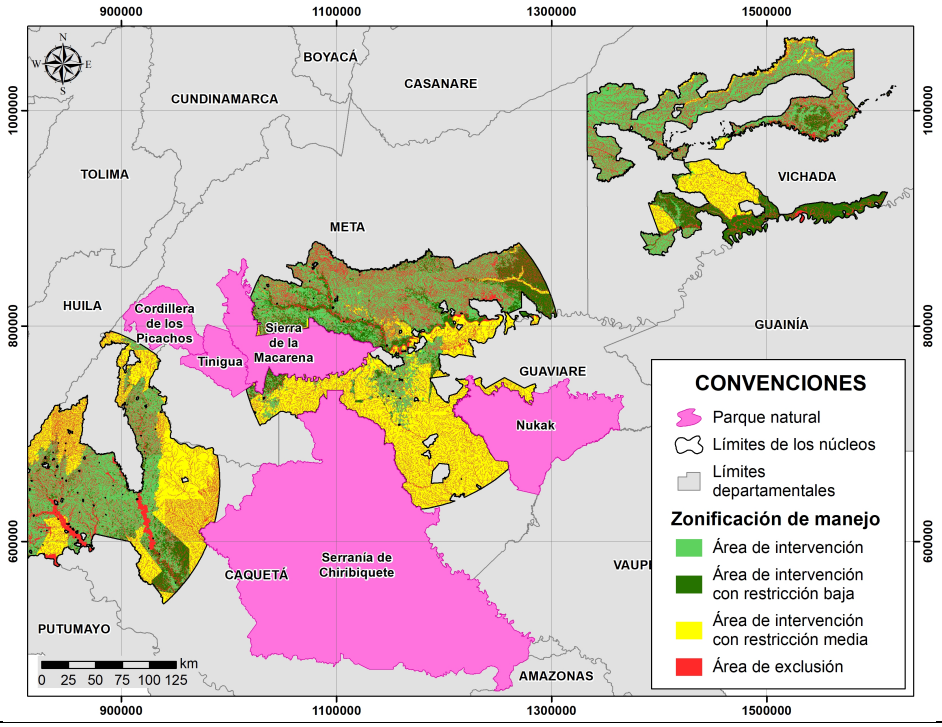


Figura 63. Parques Nacionales Naturales excluidos de los núcleos 1 y 2 del PECIG. Elaboración propia

Por otro lado, es importante considerar el carácter legal de las zonas amortiguadoras de las áreas protegidas. De acuerdo al artículo 330 del Decreto Ley 2811 de 1974, se determinarán zonas amortiguadoras en la periferia de las áreas del sistema de Parques Nacionales para que atenuen las perturbaciones que pueda causar la acción humana. Esta definición es retomada por el numeral 8 del artículo 5 del Decreto 622 de 1977 que reglamenta el sistema de Parques Nacionales. La competencia para determinar y regular los usos dentro de las zonas amortiguadoras está en cabeza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de acuerdo con el numeral 2 del artículo 16 del Decreto 3570 de 2011.

Ahora bien, aunque la mayoría de las áreas del sistema de Parques Nacionales no cuentan con zonas amortiguadoras delimitadas formalmente, en ningún caso puede ser excusa para no considerarlas

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

en la zonificación de manejo del PECIG. El artículo 31 del Decreto 2372 de 2010 establece la función amortiguadora que el territorio circunvecino a las áreas protegidas debe cumplir:

> *"Artículo 31. FUNCIÓN AMORTIGUADORA. El ordenamiento territorial de la superficie de territorio circunvecina y colindante a las áreas protegidas deberá cumplir una función amortiguadora que permita mitigar los impactos negativos que las acciones humanas puedan causar sobre dichas áreas. El ordenamiento territorial que se adopte por los municipios para estas zonas deberá orientarse a atenuar y prevenir las perturbaciones sobre las áreas protegidas, contribuir a subsanar alteraciones que se presenten por efecto de las presiones en dichas áreas, armonizar la ocupación y transformación del territorio con los objetivos de conservación de las áreas protegidas y aportar a la conservación de los elementos biofísicos, los elementos y valores culturales, los servicios ambientales y los procesos ecológicos relacionados con las áreas protegidas.*
>
> *Las Corporaciones Autónomas Regionales deberán tener en cuenta la función amortiguadora como parte de los criterios para la definición de las determinantes ambientales de que trata la Ley 388 de 1997."* (subrayado fuera del texto)

Según lo anterior, por sus consideraciones técnicas y legales **el PECIG no puede ni debe desconocer en la zonificación de manejo las zonas amortiguadoras que estén formalmente delimitadas, ni la función amortiguadora que tienen las áreas circunvecinas a las áreas protegidas**. En este último caso al hablar de áreas protegidas no solo se refiere a las categorias de áreas del sistema de Parques Nacionales, sino a todas las categorías de áreas protegidas de que trata el Decreto 2372 de 2010, es decir, incluye también las Reservas Forestales Protectoras, los Parques Naturales Regionales, los Distritos de Manejo Integrado, los Distritos de Conservación de Suelos, las Areas de Recreación y las Reservas Naturales de la Sociedad Civil.

Dado que la función amortiguadora, en la mayoría de los casos, debe haber sido analizada por las Corporaciones Autónomas Regionales en sus determinantes ambientales del ordenamiento territorial, es necesario que la zonificación de manejo del PECIG los incluya en el análisis. Sin embargo, **en los casos que las determinantes no existan o no consideren la función amortiguadora, el PECIG no puede desconocerla y tendrá que hacer una propuesta de cómo considerar la situación para cumplir lo mencionado en la Ley, o abstenerse de realizar fumigaciones en áreas adyacentes a las áreas protegidas, en aplicación del principio de Precaución**. Los planes de manejo de las áreas protegidas generalmente tienen una propuesta de zona con función amortiguadora que debe tenerse en cuenta.

En todo caso, las zonas con función amortiguadora de las áreas protegidas deberían considerarse en la zonificación de manejo del PECIG como zonas de exclusión, dado su carácter técnico y el objetivo por el cual fueron establecidas en la norma.

En cuanto a las zonas de intervención con restricciones las clasifican en alta media y baja según lo siguiente:

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

> ***"Alta**. Sectores o ecosistemas que por su naturaleza, estado o magnitud requieren un manejo y control de las medidas de carácter preventivo para evitar afectaciones, limitando las actividades de aspersión aérea sobre los cultivos ilícitos presentes en estos ecosistemas; esta categoría tiene calificaciones entre 80 y 90 puntos (Ver Gráfica 2.7-1, color naranja).*
>
> ***Media**. Sectores o ecosistemas que requieren un manejo cuidadoso de las actividades sin limitarlas, maximizando los controles y medidas preventivas para evitar las afectaciones. Para esta categoría se consideran una calificación entre 60 y 80 puntos (Ver Gráfica 2.7-1, color crema*
>
> ***Baja**. Sectores o ecosistemas que requieren de un manejo y control de las medidas preventivas menos restrictivas que las categorías de Alta y Media, dado que dichos ecosistemas presentan una sensibilidad ambiental clasificada entre 40 y 60 puntos, donde se considera que el manejo ambiental debe contar con bajas restricciones (Ver Gráfica 2.7-1, color verde oscuro)".* (subrayados fuera del texto) *(pág. 6 Cap. 2.7)*

Sobre las **Zonas de intervención sin restricción** establecen que:

> "*corresponde a áreas donde se puede desarrollar el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante Aspersión Aérea para cada núcleo de intervención, considerando la presencia de los cultivos ilícitos a asperjar y con manejo ambiental acorde con las características del producto, modalidades y periodos de aplicación. Estas áreas se encuentran dentro de la categoría BAJA y MUY BAJA por presentar una calificación de sensibilidad ambiental inferior a los 40 puntos (Ver Gráfica 2.7-1, color verde claro).* (subrayado fuera del texto) (pág. 6 Cap. 2.7)

Como se mencionó para el caso de las áreas de exclusión no hay ningun explicación para haber dividido las zonas de sensibilidad Muy Alta en dos tipos de manejo: exclusión (90 a 100 puntos) e intervención con restricción alta (80 a 90 puntos). Si tienen una misma condición de sensibilidad, ¿cuál es el criterio para separar unas de otras en términos de manejo? ¿por qué unas merecen ser excluidas y otras no?

Adicional a lo anterior, el estudio no hace ningún análisis de las diferencias de manejo entre las tres condiciones (alta, media y baja) de las zonas de intervención con restricciones. No presenta cuales serán las restricciones diferenciadas que aplicarán en el desarrollo de la actividad a cada una de las zonas según su sensibilidad ambiental. Frases como: "*...ecosistemas que requieren un manejo cuidadoso de las actividades sin limitarlas...*" son totalmente subjetivas, y no dan ninguna claridad sobre el manejo concreto que diferenciará una zona de otra. Con la poca o casi nula información que presentan se entiende que la intervención para la aspersión será igual ya sea en una zona de intervención con restricciones o en una zona de intervención como tal.

En todo caso para las zonas de intervención sin restricción, se deberían analizar y explicar las medidas de manejo que se tendran en cuenta considerando que hay personas en esas áreas y que éstas tienen cultivos lícitos que pueden verse afectados por la aspersión. De esto no se menciona

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

absolutamente nada, más allá de decir una generalidad: "*se tendrán en cuenta las características del producto, modalidades y períodos de aplicación*".

Considerando los análisis realizados en este documento, y las consideraciones de la Corte, para el caso de la actividad aspersión con glifosato se debe revaluar la viabilidad de que exista en la zonificación de manejo una zona de intervención sin restricciones. Esta categoría no debe aplicar para este caso, pues **en todo el territorio rural que el PECIG está clasificado como de sensibilidad baja y muy baja, existen campesinos y comunidades étnicas que para su alimentación dependen en gran medida de sus sistemas agropecuarios, los cuales se verán afectados por la aspersión**. En este sentido, vale la pena considerar las siguientes citas que obligan a considerar la protección de la alimentación en el campo colombiano:

> "*La producción de alimentos gozará de la especial protección del Estado. Para tal efecto, se otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras, forestales y agroindustriales, así como también a la construcción de obras de infraestructura física y adecuación de tierras.*" (subrayado fuera del texto) (Artículo 65 de la Constitución Política de Colombia).
>
> "*Ejecución del programa de erradicación de cultivos ilícitos no puede condicionar el disfrute de cultivos de alimentos."* (subrayado fuera del texto) (Sentencia del Consejo de Estado 2006-00435 del 8 de septiembre de 2017)
>
> *"Instar a las distintas autoridades públicas a la aplicación de las normas agrarias y ambientales en el ejercicio de sus funciones, dando prioiridad a la protección constitucional del campo colombiano, y en particular a la producción de alimentos, agropecuaria y a protección del suelo rural."* (subrayado fuera del texto) (numeral octavo de la Directiva 004 del 20 de febrero de 2020 de la Procuradiría General de la Nación).

En consecuencia, se debe considerar en la zonificación ambiental y de manejo información, como por ejemplo el mapa de frontera agropuecuaria establecido en la Resolución 261 de 2018 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, que orienta la definición de zonas aptas para la producción agropecuaria, incluyendo la agricultura familiar. **Esta consideración, llevaría a reclasificar la sensibilidad ambiental de las zonas que el PECIG incluye como de sensibilidad baja y muy baja, y obligaría a que incluso en las zonas de intervención sea obligatorio tener restricciones en la aspersión**.

En resumen, la explicación de las zonas de manejo que presenta el estudio no tienen ninguna particularidad según la actividad de aspersión con glifosato, la caracterización socioeconómica y ambiental de las áreas de influencia ni los posibles impactos. Corresponden a una explicación de zonas tan general que aplicaría a cualquier actividad o proyecto que se buscara licenciar.

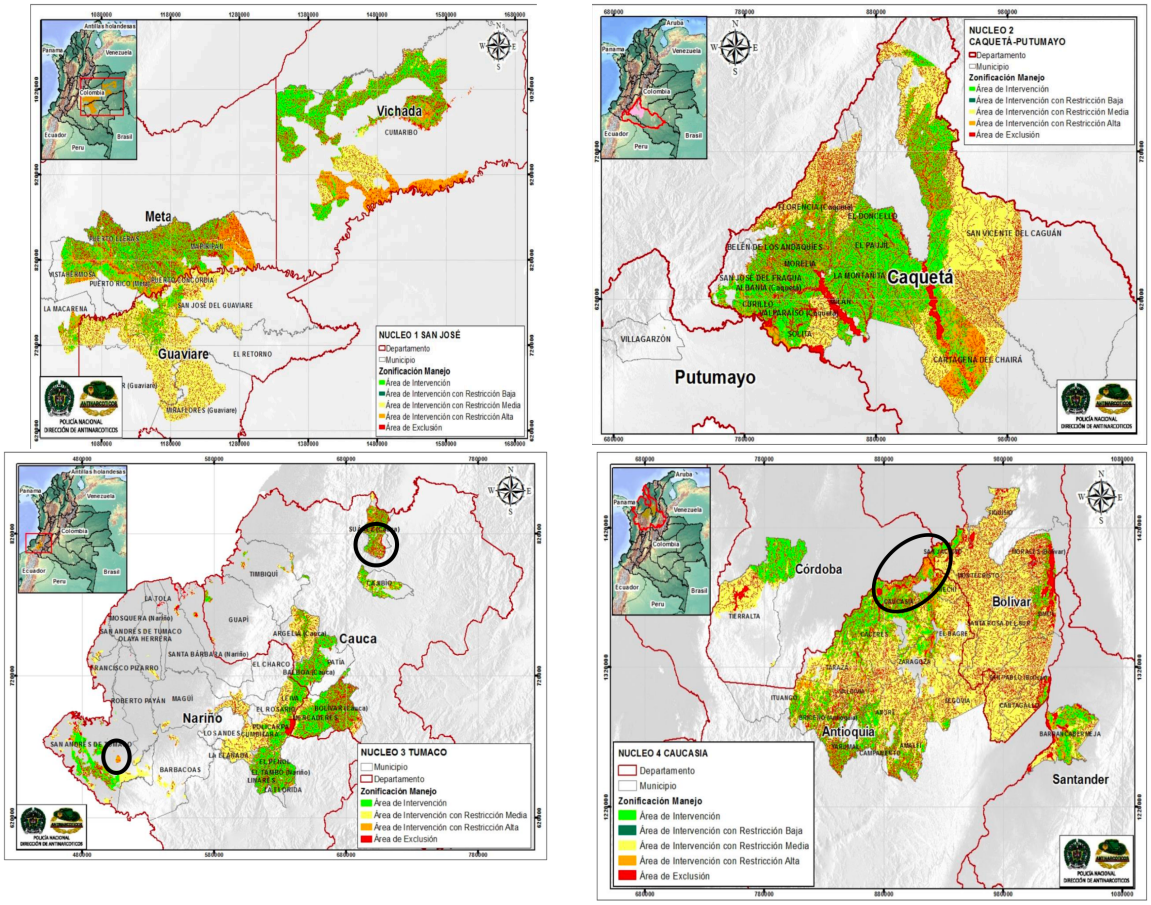
Zonificación de manejo de los núcleos

El PECIG no incluye una descripción ni siquiera general de cada una de las zonas de manejo en cada núcleo. No hay una explicación de los mapas que presentan, ni de las particularidades de cada

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

núcleo, y sobre las áreas de exclusión nunca se menciona cuales fueron las áreas concretas de cada núcleo que hacen parte de esta categoría, por ejemplo el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete, la Reserva Nacional Natural Nukak y el Area de Manejo Especial de la Macarena en el núcleo 1. Lo único que cambia de un núcleo a otro son las cantidades de hectáreas por zona y los mapas.

Al final llama la atención la conclusión a la que llegan: "*Solo el Núcleo 5, posee la categoría de manejo "Restricción Alta"*. (pág. 30 Cap. 2.7). Esta conclusión no ha tenido a lo largo de los capítulos ningún desarrollo, ni indicios que lleven a ello, pero lo más curioso es que en los mapas de zonificación de manejo de todos los núcleos que presentan en el texto sí se observan zonas bajo esta categoría. En la siguiente figura se muestra dicha contradicción, representada en los polígonos anaranjados.



Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

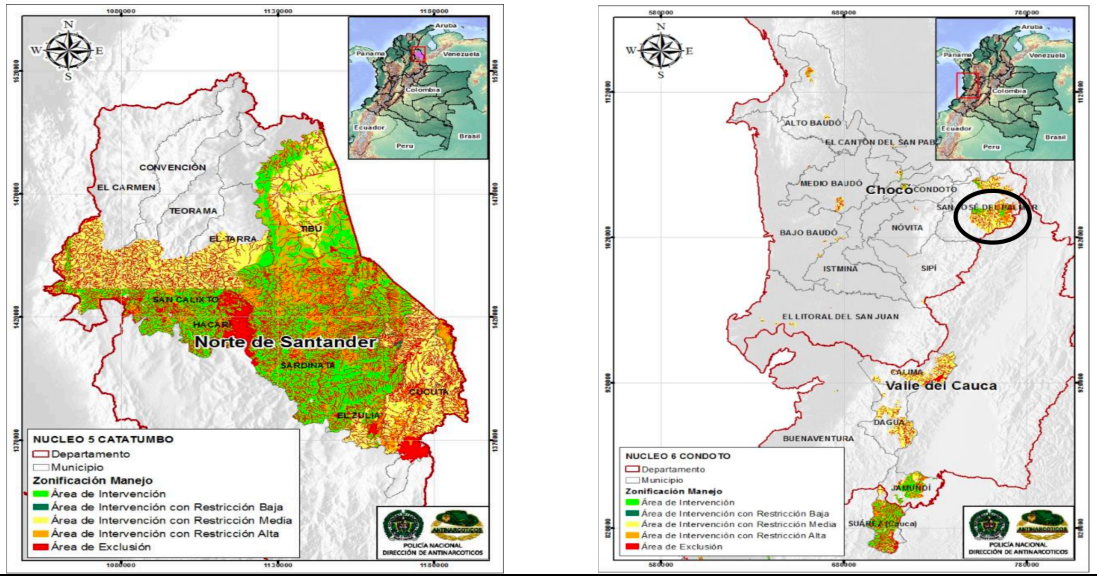
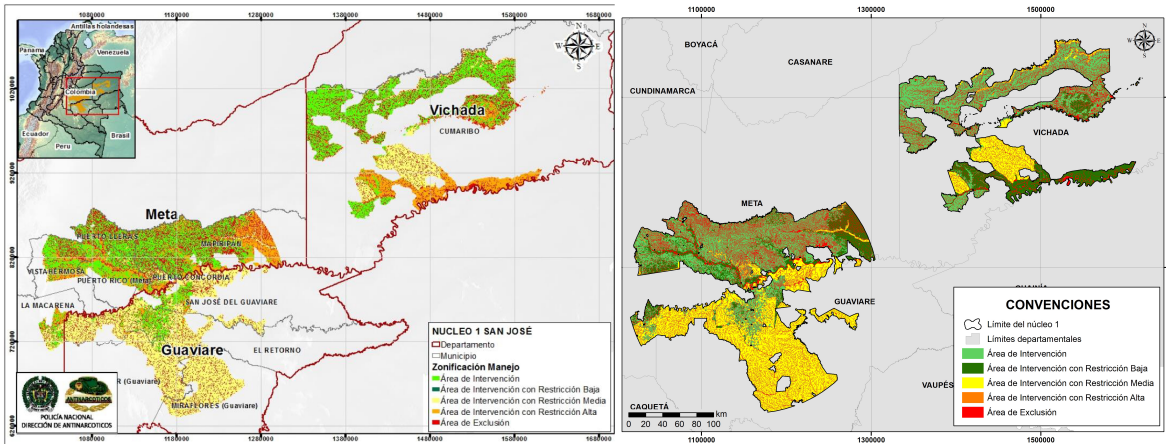


Figura 64. Zonificación de manejo en cada núcleo donde se evidencia la presencia de zonas de intervención con restricción alta (zonas anaranjadas).
Elaboración propia.

No obstante lo anterior, en los shapes disponibles la capa de zonificación de manejo no tiene la categoría de intervención con restricción alta, pero las zonas que en los mapas del texto son identificadas como tal aparecen coincidencialmente en los shapes como zonas de intervención con restricción baja. Tal situación se presenta en la siguente figura, tomando como ejemplo la comparación de los núcleos 1 y 2. Se observa cómo las zonas que en el mapa de la izquierda se muestran anaranjadas, en el de la derecha aparecen de color verde oscuro, sin que haya ninguna explicación para haber recategorizado el manejo en dichas zonas de restricción alta a baja.



Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

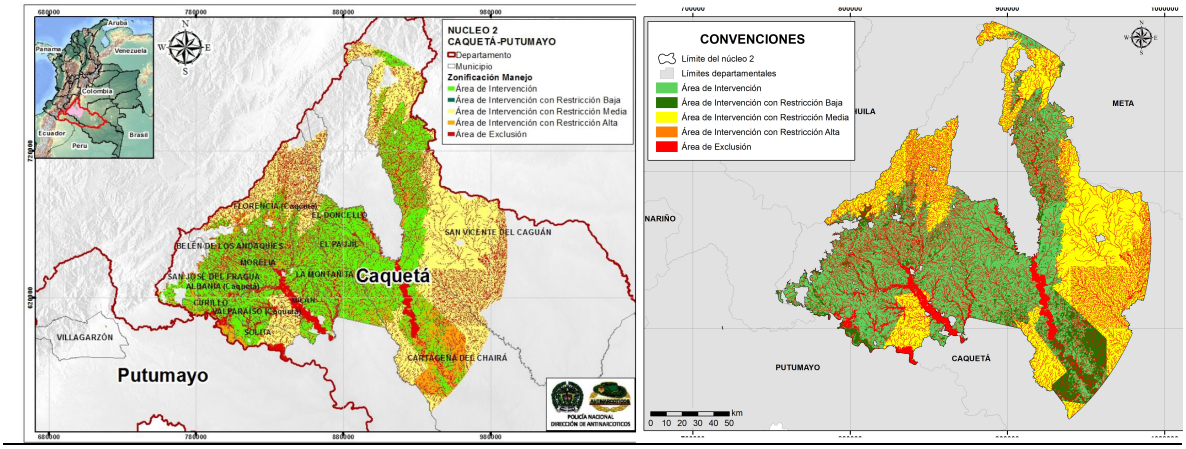


Figura 65. Diferencias de las zonas de intervención con restricción alta (color anaranjado) consideradas en el texto (izquierda), y las mismas zonas consideradas como intervención con restricción baja (color verde oscuro) en los shapes (derecha), para los núcleos 1 y 2.
Elaboración propia.

Adicional a lo anterior, se hizo el análisis de cómo se estaría comportando la zonificación de manejo presentada en el PECIG, si se tuviera en cuenta otra información ambiental relevante que fue desconocida en el estudio. El ejercicio se realizó para los núcleos 1 y 2, a manera de ejemplo para evidenciar deficiencias y omisiones, y se utilizó la siguiente información:

- Registro Unico Nacional de Areas Protegidas – RUNAP. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Zonas de Reserva de ley 2 de 1959. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales – REAA. Incluye ecosistemas estratégicos, páramos, humedales y las demás categorías de protección ambiental que no se encuentren registradas en el RUNAP (Ley 1753 de 2015 - Art. 174, parágrafo 2 y Resolución 97 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas
- Determinantes ambientales de Corpoamazonia (Fichas técnicas elaboradas para los diferentes municipio del departamento) y la CDA (Resolución 235 de 2019)
- Cobertura de Bosque No Bosque. 2017. IDEAM. http://www.ideam.gov.co/capas-geo

En las dos siguientes figuras se muestran los traslapes de la reserva de Ley 2 de la Amazonia y el REAA con la zonificación de manejo presentada por el PECIG para los núcleos 1 y 2. Es importante tener en cuenta que además de la finalidad de las reservas de Ley 2 de 1959 y los tipos de zonas establecidas en las resoluciones de ordenamiento expedidas por el Ministerio de Ambiente, estas áreas están incluidas como determinantes ambientales para los departamentos de Guaviare y Caquetá y en consecuencia deberán ser consideradas por los municipios como suelo de protección.

Adicionalmente, el cruce con el REAA muestra que buena parte de estas reservas tienen condiciones naturales suficientes que las llevó a la clasificación de ecosistemas estratégicos. Además, en la mayoría de los casos, estas reservas y ecosistemas estratégicos cumplen con la función

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

amortiguadora de áreas protegidas del SINAP (por ejemplo en el núcleo 1 colinda con la Reserva Nacional Natural Nukak, el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete y el AME de la Macarena).

Lo anterior debe ser analizado con más detalle en la zonificación ambiental del PECIG para reclasificar el rango de sensibilidad ambiental que le fue asignado, y posteriormente la clasificación como zona de intervención con restricción media que se la da en la zonificación de manejo.

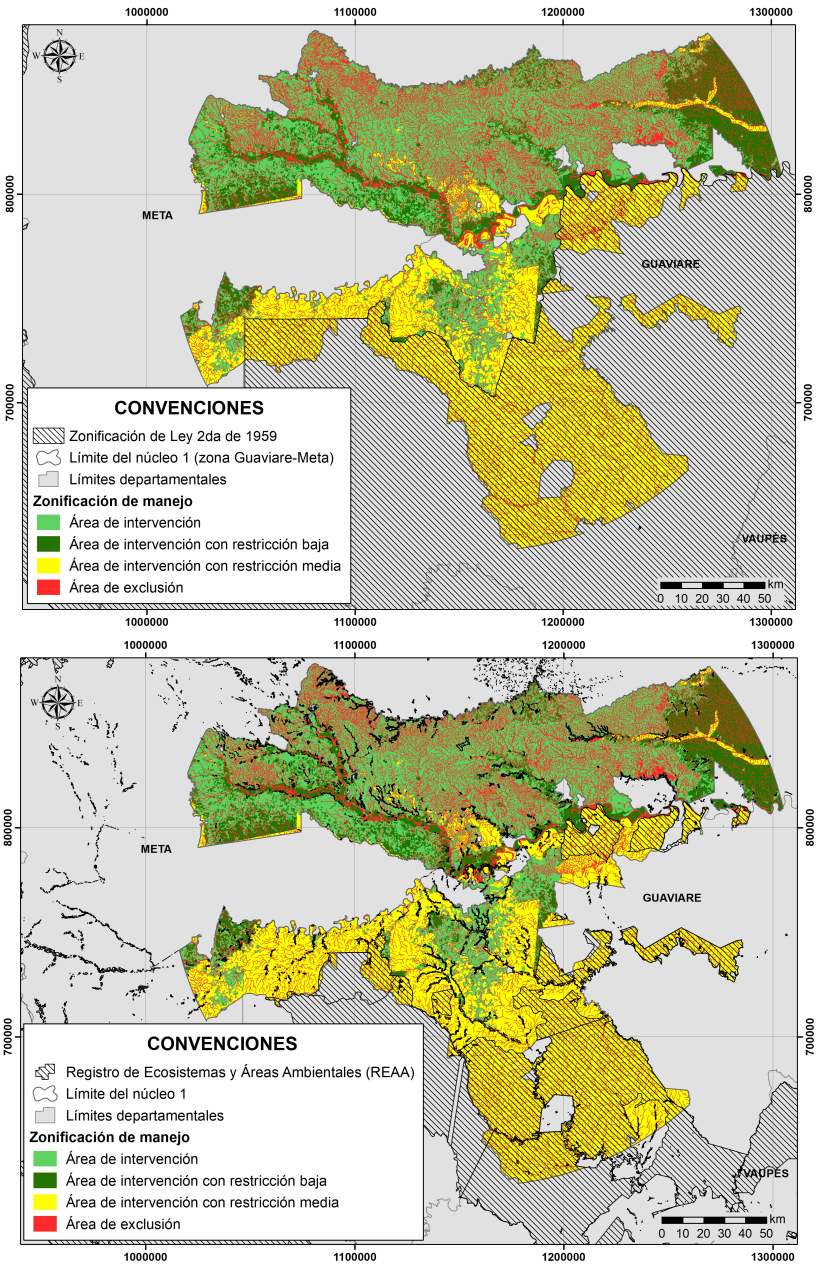


Figura 66. Zonificación de manejo propuesta por el PECIG para el núcleo 1, con el traslape de la zona de Ley 2 de la Amazonia (mapa superior) y el REAA (mapa inferior).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Elaboración propia.

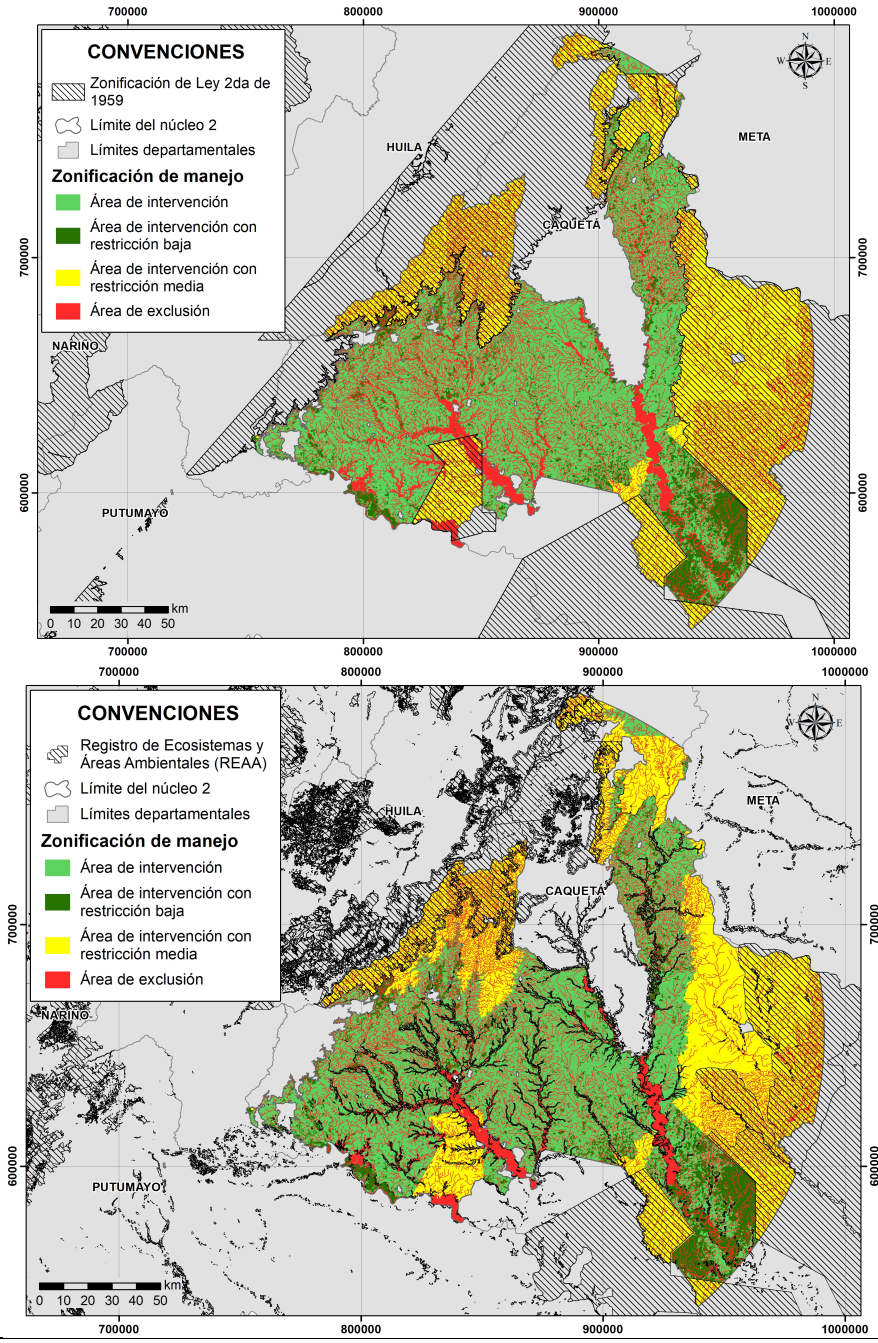


Figura 67. Zonificación de manejo propuesta por el PECIG para el núcleo 2, con el traslape de la zona de Ley 2 de la Amazonia (mapa superior) y el REAA (mapa inferior). Elaboración propia.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Para el caso del núcleo 1, se realizaron otros cruces de información más detallada. En relación a las deteminantes ambientales para el departamento del Guaviare, se consultó la información disponible para los POMCAS de los ríos Unilla, Medio Guaviare y Caño Grande. Las zonas identificados en ellos como de preservación, conservación, protección, restauración y uso sostenible fueron cruzadas con la zonificación de manejo, resultando lo observado en la siguiente figura.

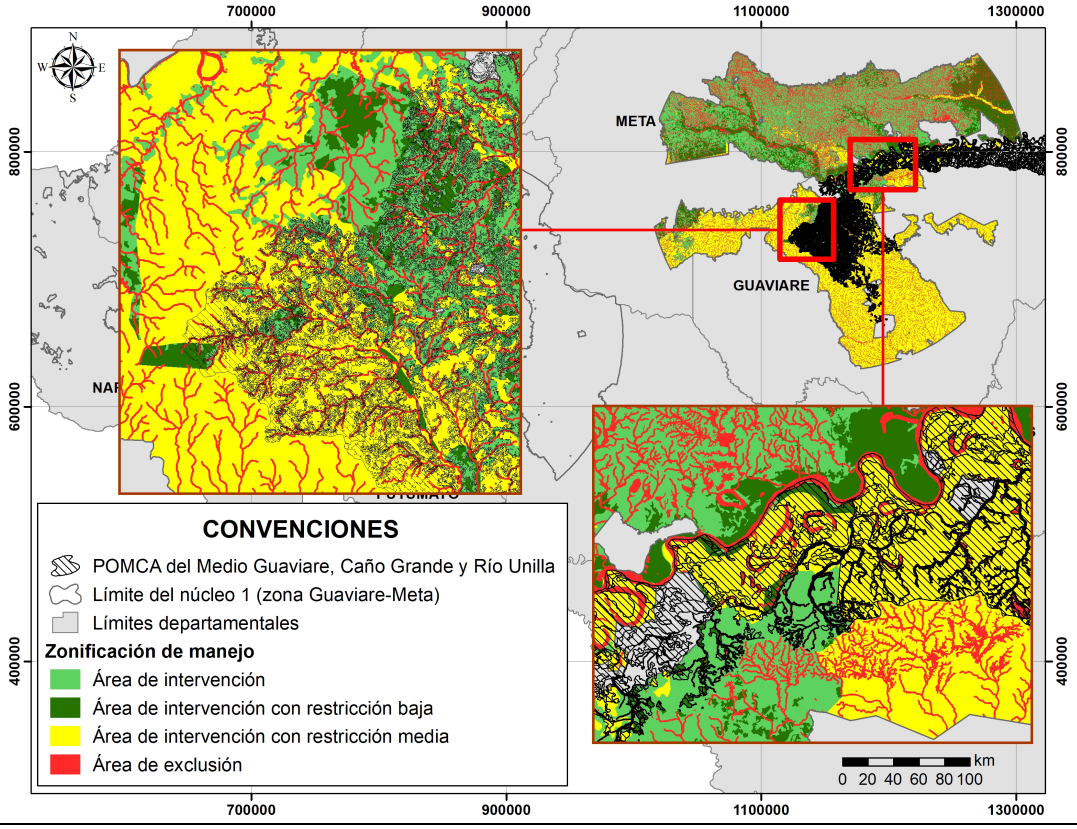


Figura 68. Zonificación de manejo del núcleo 1 traslapada con las zonas de preservación, conservación, protección, resturación y uso sostenible de los POMCA de los ríos Unilla, Medio Guaviare y Caño Grande en el departamento del Guaviare.
Elaboración propia.

Las zonas de uso restrictivo de los mencionados POMCA se están cruzando con zonas definidas por la zonificación de manejo del PECIG como de intervención e intervención con restricciones baja y media, lo cual requiere mayor análisis desde la zonificación ambiental.

Se consideró el DMI Ariari – Guayabero que es establecido como determinante ambiental bajo el criterio de estrategia complementaria de conservación, de lo cual resultó lo que puede observarse en la siguiente figura, que al igual a la anterior se está cruzando con zonas de intervención e intervención con restricciones media y baja.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

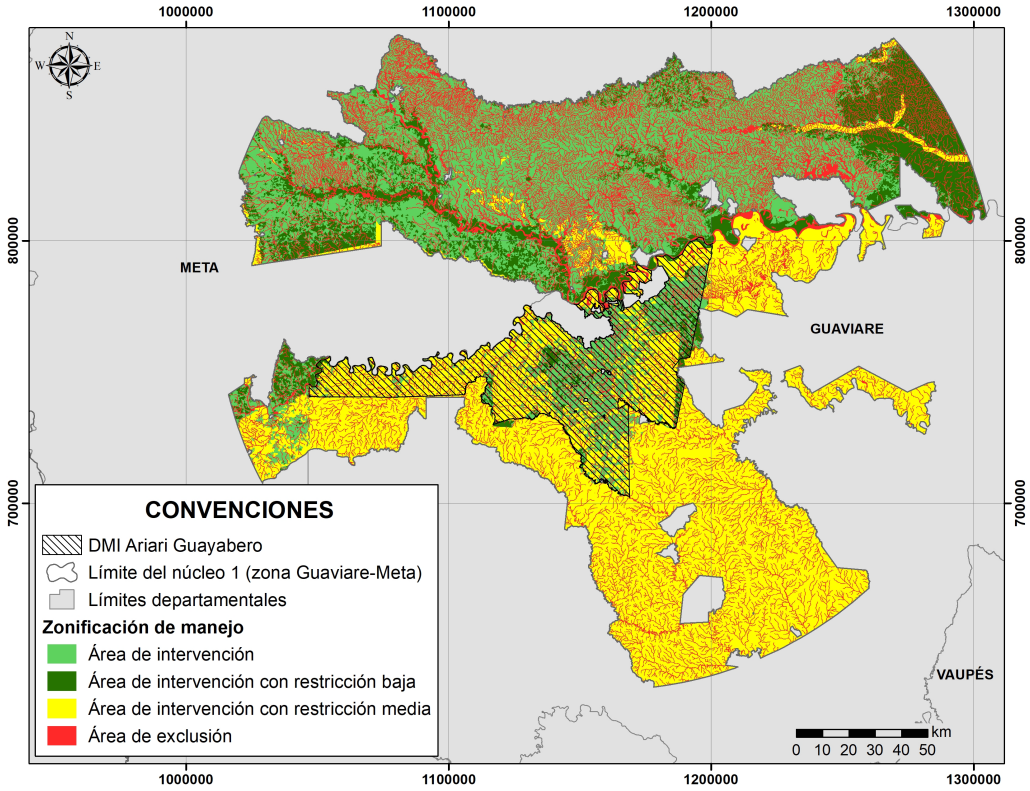


Figura 69. Zonificación de manejo del núcleo 1 traslapada con DMI Ariari – Guayabero en el departamento del Guaviare.
Elaboración propia.

Un ejemplo de omisión de un área protegida del SINAP se encuentra en **la Reserva Forestal Protectora Nacional Serranía El Capricho, Mirolindo y Cerritos, la cual se observa en la siguiente figura traslapándose con áreas definidas por la zonificación de manejo del PECIG como zonas de intervención y de intervención con restricción baja**. Esta área, por ser parte del SINAP, **debería clasificarse como de sensibilidad ambiental Muy Alta e incluirse dentro de las áreas de exclusión del PECIG**.

En relación al núcleo 1, finalmente, vale la pena que el Gobierno y concretamente en el PECIG, se consideren las recientes cifras de UNODC-SIMCI (2020), inicialmente para un análisis costo - efectivo de la aspersión aérea, y además para revaluar la viabilidad ambiental de tal actividad en dicho núcleo.

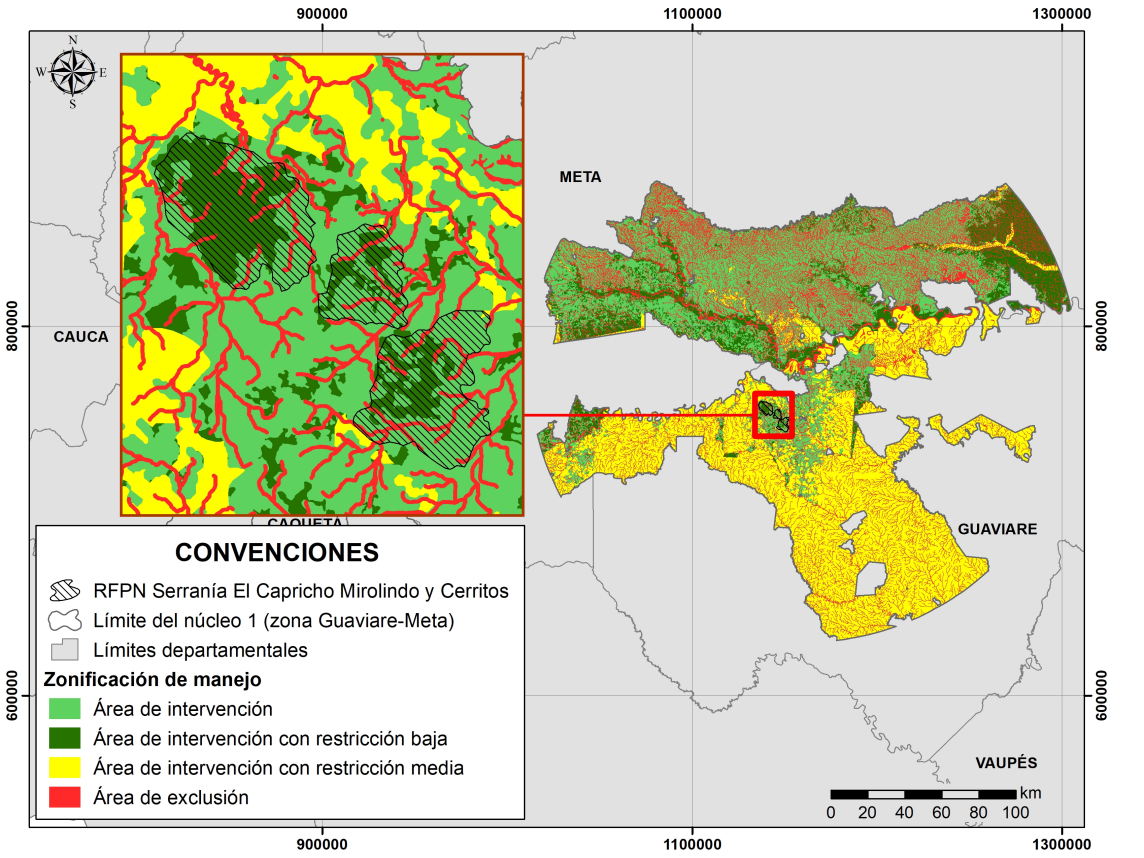
El informe de UNODC-SIMCI (2020) presenta los resultados a 2019 del monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos. Para el caso de la región Meta-Guaviare, el tamaño promedio de los lotes cultivados con coca en el 2005 era de 1,3 ha, disminuyendo hasta 0,8 ha según los datos colectado en el 2018. Esto lleva a pensar en pequeños lotes de coca rodeados de vegetación nativa y cultivos lícitos que requerirían una precisión difícil de garantizar, por no decir imposible, para no afectar las plantas que se deben conservar. Vuelve a surgir el interrogante de cuáles son las medidas

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

de manejo que el PECIG va a proponer para evitar los riesgos en áreas de aspersión tan pequeñas. ¿Realmente es viable la aspersión aérea, considerando el tamaño de los lotes en esta región?

Por otro lado, el citado informe de UNODC-SIMCI menciona que: "*Uno de los aspectos clave en el comportamiento de los cultivos de coca en la región Meta-Guaviare es la tendencia a concentrarse en áreas protegidas, en particular del sistema de parques nacionales: el 44 % de la coca detectada en el 2019 se encuentra en un PNN, el 23 % en un resguardo indígena y otro 24 % en zonas de reserva forestal. El desafío para la región Meta-Guaviare es enfrentar la presencia de coca en escenarios de conservación. Desde el 2006 la coca se concentra en las zonas de manejo especial, debido a que se reduce más rápidamente por fuera de estos territorios, a tal punto que en el 2019 el 91 % de la coca está en zonas de manejo especial*". (subrayado fuera del texto)

El 91% de la coca está en áreas de manejo especial: 67% en Parques Nacionales Naturales y Resguardos Indígenas, zonas que ya son excluídas de la aspersión, y 24 % en la zonas de Reserva Forestal de Ley 2ª de 1959 de la Amazonia, que claramente también debe ser excluida por lo mencionado en los apartes anteriores, y que es reconocido en el informe de UNODC-SIMCI al mencionar el desafío que implica enfrentar la presencia de coca en este escenario de conservación. Estas cifras y la vulnerabilidad del territorio del cual se está hablando, requiere un replanteamiento por parte del Gobierno, de la estrategia a seguir para enfrentar los cultivos de coca en este y los demás núcleos.



Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Figura 70. Zonificación de manejo del núcleo 1 traslapada con la Reserva Forestal Protectora Nacional Serranía El Capricho, Mirolindo y Cerritos en el departamento del Guaviare.
Elaboración propia.

En cuanto al núcleo 2, la revisión de las determinantes ambientales llevó a evidenciar la omisión por parte del PECIG del Parque Natural Regional Miraflores Picachos, área protegida que hace parte del SINAP y como tal debería ser clasificada de Muy Alta sensibilidad ambiental e incluida dentro de las zonas de exclusión del núcleo. La siguiente figura muestra el traslape de esta área con zonas de intervención y de intervención con restricción media consideradas por el PECIG.

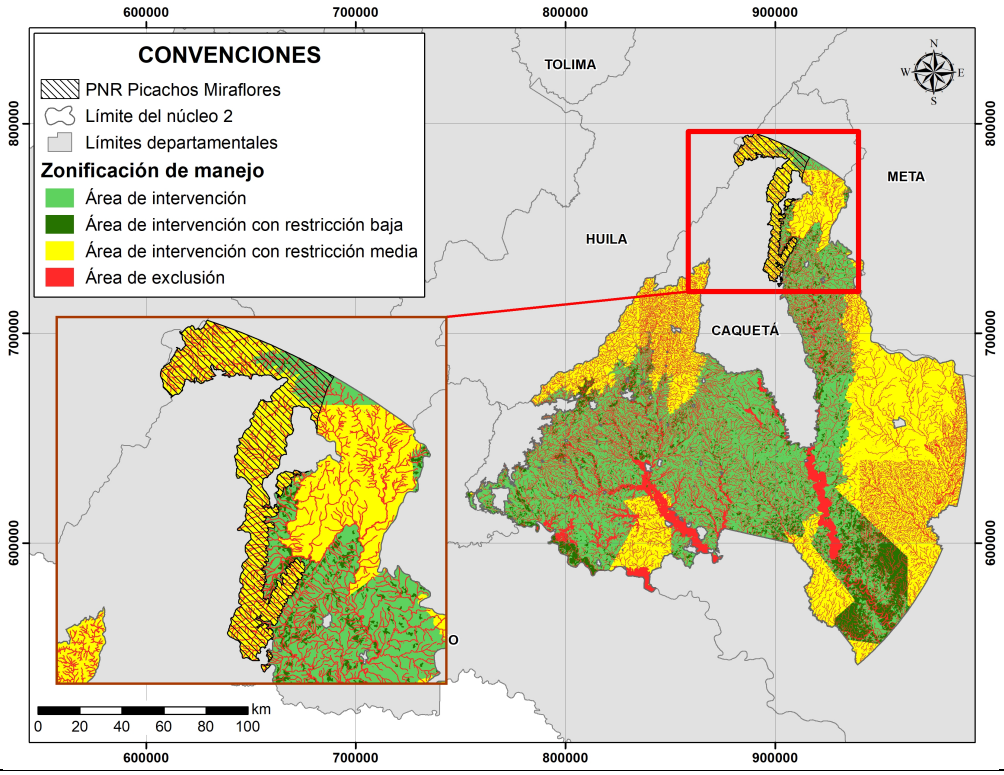


Figura 71. Zonificación de manejo del núcleo 2 traslapada con Parque Natural Regional Miraflores Picachos en el departamento del Caquetá.
Elaboración propia.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Así mismo, **se desconocen las Reservas Naturales de la Sociedad Civil Hacienda Villa Mery y El Danubio en el municipio de Morelia, Caquetá, las cuales hacen parte del RUNAP, y en la siguiente figura se observa su traslape con áreas de intervención del PECIG**. El traslape con áreas de exclusión solo aplica para las quebradas y sus rondas. Al igual que el Parque Natural Regional mencionado anteriormente, estas reservas deberían estar consideradas como zonas de exclusión.

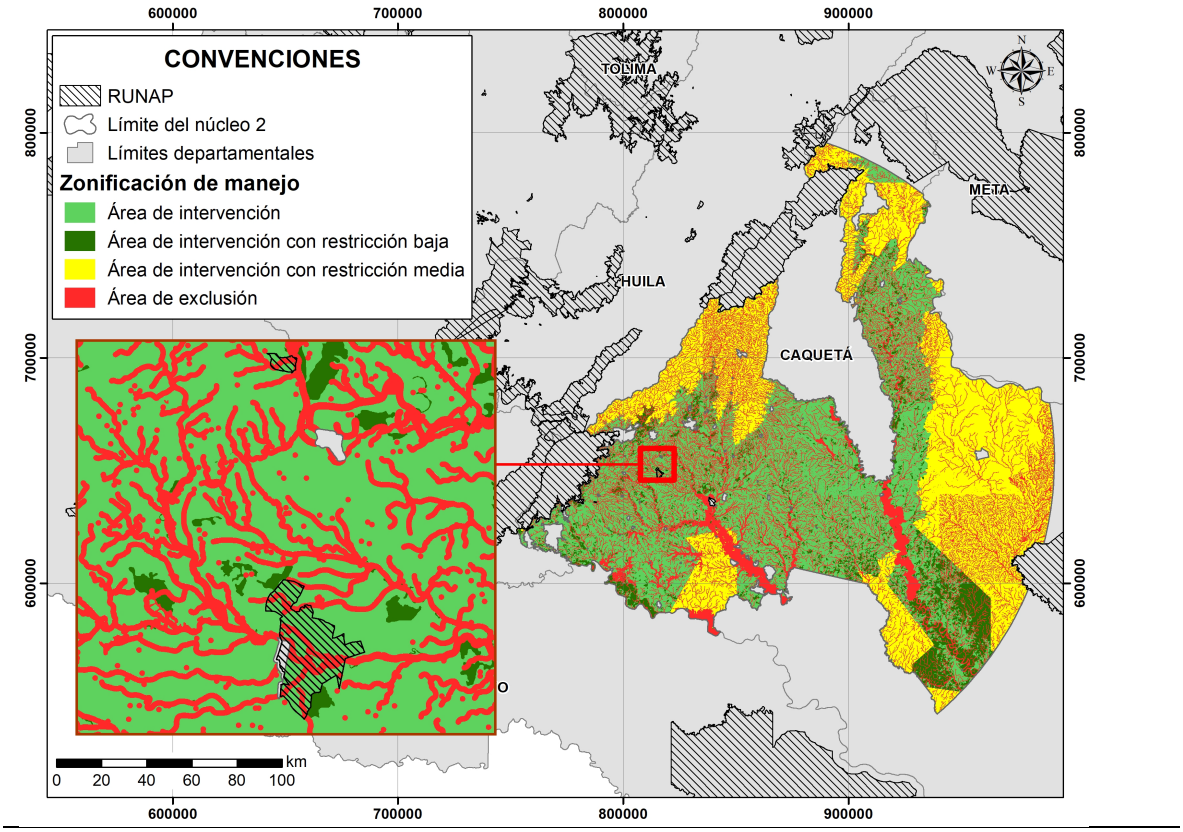


Figura 72. Zonificación de manejo del núcleo 2 traslapada con las Reservas Naturales de la Sociedad Civil Hacienda Villa Mery y El Danubio en el departamento del Caquetá.
Elaboración propia.

Otro caso se presenta al considerar la determinante ambiental relacionada con los humedales del departamento del Caquetá. En la siguiente figura se observa cómo diferentes áreas establecidas bajo esta categoría de área de especial importancia ecosistémica, **se traslapan con zonas de intervención e intervención con restricción baja y media**.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

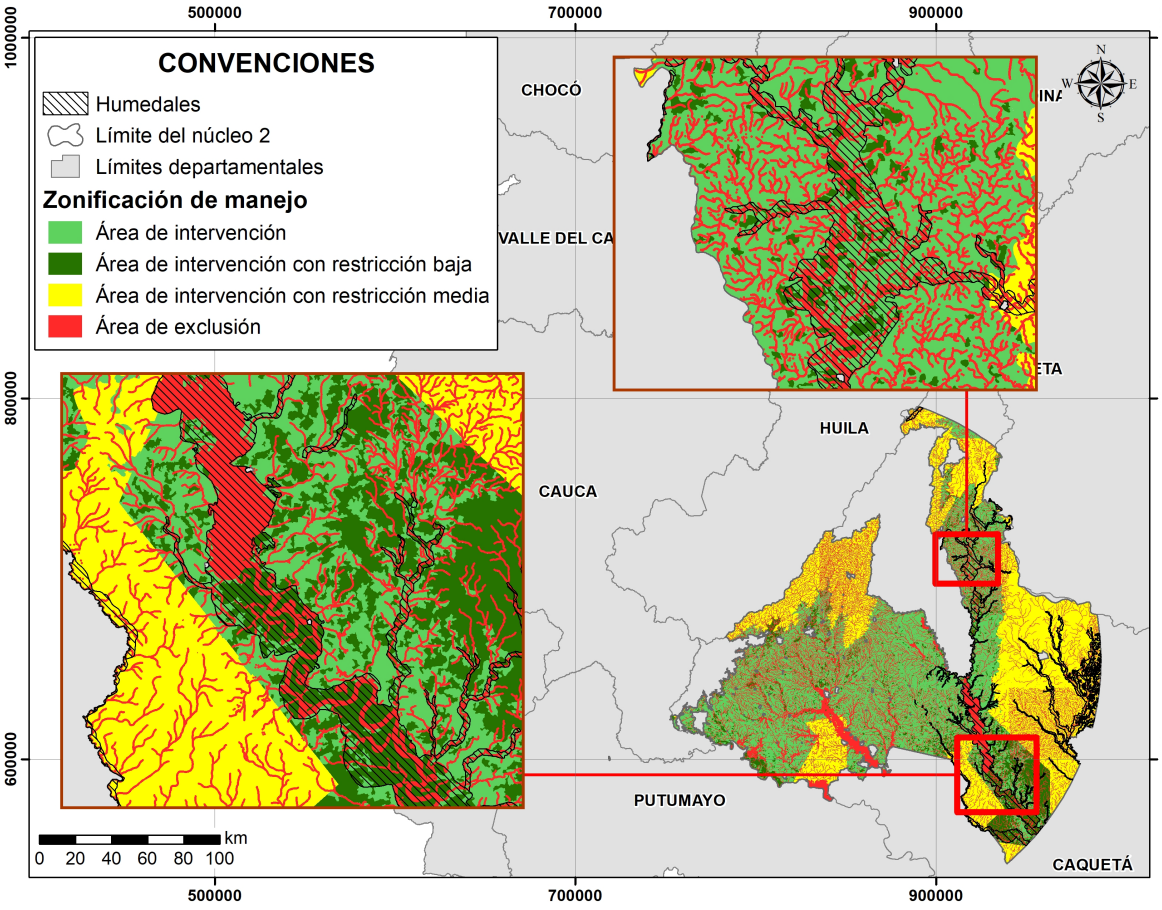


Figura 73. Zonificación de manejo del núcleo 2 traslapada con la determinante ambiental humedales en el departamento del Caquetá.
Elaboración propia.

Los cruces presentados anteriormente constituyen tan solo unos pocos ejemplos de las omisiones y de la falta de rigurosidad con la que se hizo la zonificación de manejo, con la cual el Gobierno pretende retomar las aspersiones aéreas con glifosato. Es muy probable que se si se continúa el ejercicio para la totalidad de los núcleos 1 y 2, así como para los restantes 4 núcleos se evidencien muchos casos más.

Se demuestra la obligación de incluir en el PECIG información a escala detallada que de cuenta de la realidad del territorio y de las afectaciones que se pueden presentar con la aspersión. El ejercicio se hizo considerando únicamente figuras de conservación ambiental, pero es necesario que el detalle considere los aspectos socioeconómicos y culturales que indudablemente deben estar traslapándose con la zonificación de manejo, sin haber sido considerados adecuadamente.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

6 CONCLUSIONES

6.1 Componente edafológico

La información provista por el nuevo PMA contradice las precisiones de la Sentencia T-236 de 2017, en cuanto a la falta de fundamento técnico:

- No se manejan escalas apropiadas,
- No se cuenta con información pertinente, ni se procesa la información existente para analizar el riesgo ambiental del glifosato,
- No se fundamenta en – o no reporta- estudios casos que representen la variabilidad de posibles situaciones ambientales,
- No ha sido continuo (no se presentan datos espaciotemporales, ni seguimiento del estado ambiental desde el comienzo del PECIG), y
- En referencia al derecho de participación: la información pública sobre el destino ambiental del glifosato es restringida, no se presentan datos de estudios previos hechos en Colombia, no se establecen mecanismos de participación, e.g. monitoreo comunitario, SIG-participativo, sistemas de soporte de toma de decisiones, etc.

En los aspectos arriba mencionados esta evaluación independiente presentó varios análisis a partir de información secundaria tomada del PMA y de datos abiertos del IGAC, e información primaria -en un caso de estudio-, los cuales demuestran la existencia de impactos del glifosato sobre el medio ambiente en Colombia, la falta de conocimiento y negligencia en torno a éstos, y riesgos -no incluidos en los análisis del PMA- en relación a la incertidumbre de propiedades de suelos y su distribución, que podrían afectar el transporte de glifosato a cuerpos de agua.

6.2 Componente hidrogeológico

Los términos de referencia elaborados por la ANLA se constituyen en requerimientos muy laxos para la evaluación de los riesgos. Se han encontrado la inexistencia de un componente específico de aguas subterráneas que deberían hacer parte fundamental de la línea base de estudio de los territorios que pretenden ser afectados con la aspersión aerea con glifosato. No obstante, existen requerimientos para incluir aspectos mínimos de este componente en términos de referencia de otras actividades del mismo sector, como el de almacenamiento de plaguicidas. En particular si bien es común en el caso del contexto colombiano ignorar el tema de aguas subterráneas, en este caso es de vital importancia tener un conocimiento suficiente dado que se constituyen en fuentes de abastecimiento de la población.

En el desarrollo del Marco de referencia se han encontrado indicios de falta seguimiento de la ubicación de las fuentes de abastecimiento usadas por las comunidades, por tal motivo existe suficiente evidencia para indicar que la DIRAN no tiene documentados los sitios que por constituirse en la garantía del consumo de agua, no podrían ser afectados por las actividades de fumigación. Por tanto, existe una alta probabilidad de contaminarlas si se permite el proyecto.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

El problema del transporte de solutos o migración del glifosato en el subsuelo es resaltado por la literatura especializada, por ende, los modelos que se usen para su evaluación deben ser los más avanzados e incluir como mínimo ensayos de laboratorio y/o propiedades físicas y químicas de los suelos relacionadas con la migración de químicos con el glifosato (Kf) de la zona de interés. No es concebible bajo ningún motivo hacer simulaciones con modelos preliminares basado en información de referencia, pues los resultados con las aproximaciones hechas por la DIRAN concluyen que no existe riesgo alguno de lixiviación del glifosato en el mundo, lo cual se encuentra en clara contradicción con el estado del arte internacional al respecto.

La migración de glifosato en el subsuelo requiere de conocer tanto propiedades asociadas a la adsorción en el subsuelo, como del régimen de flujo de aguas subterráneas, la posibilidad de conformación de fisuras por retracción del subsuelo, y, evidentemente, de un modelo hidrogeológico conceptual. Ninguno de estos parámetros ha sido estudiado por la DIRAN en su Plan de manejo ambiental.

Pese a las indicaciones hechas por la Corte Constitucional en cuanto a objetividad y rigor científico las metodologias usadas en la evaluación ambiental se encuentran cargadas de subjetividad y en general responden a abordajes cualitativos basados en *"conocimientos y experiencia"* de un grupo evaluador completamente anónimo. Esta flexibilización no garantista de los derechos a la salud, el ambiente sano y la vida de las comuniadades proviene, tanto de los términos de referencia de la ANLA y sus guías, como de la forma de evaluar los impactos por la DIRAN.

La adsorción de glifosato en el suelo genera una problemática asociada al transporte de sedimentos en los ríos, esto se debe a que el glifosato tiene más probabilidad de ser adsorbido en los sedimentos una vez toca la superficie del suelo o del agua. Esto implica que los llamados núcleos se convierten en zonas de exportación de sedimentos con contenido de glifosato hacia amplias zonas del territorio colombiano dada la dinámica de los ríos.

6.3 Componente hidrológico

La caracterización hidrológica presentada en la caracterización abiótica de las zonas a asperjar no tiene un fundamento técnico sólido y no usa la escala mínima exigida por los términos de referencia, dado que las cuencas presentadas corresponden a las subzonas hidrográficas del IDEAM planteadas por el Decreto 1640 de 2012 que se encuentran en escala 1:500.000.

El plan de monitoreo establece un muestreo basado en unos protocolos pero se desconocen los lugares donde se realizarán, argumentando que se presentaran en el PMAE pero según los Términos de Referencia en los ítems concernientes al PMAG establece que los sitios de muestreo deben georreferenciarse y justificar su representatividad en cuanto a cobertura espacial y temporal, esto con el fin de establecer una estrategia de monitoreo que permita el seguimiento de los medios abiótico, biótico y socioeconómico.

En cuanto a la caracterización del núcleo 1 y 2, se estableció que esta zona de estudio presenta un régimen de lluvias monomodal con altos valores de precipitación media anual (hasta casi 4000mm) con presencia de lluvia casi la mitad del año, lo anterior es consistente con las características climáticas de la zona de la Orinoquia y la Amazonia. Debido a lo anterior, se presenta una alta oferta

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

hídrica que se traduce en escorrentía superficial que puede generar lavado de cualquier material que se encuentre sobre el terreno y transportarlo grandes distancias por medio de los ríos presentes en el área.

Además, el régimen de lluvias presenta un alto potencial de erosión del suelo, especialmente en zonas con baja cobertura vegetal que puede facilitar un camino de transporte de los contaminantes presentes en el suelo hacia las fuentes de agua superficiales, lo anterior se observa en la media y alta producción potencial de sedimentos que tiene el sector de acuerdo con el Estudio Nacional del Agua.

A lo anterior se suman las pendientes medias que presentan las cuencas en el sector, las cuales alcanzan a llegar hasta valores de 40%, lo cual facilita la erosión y el transporte de sedimentos y contaminantes por las laderas hasta los cuerpos de agua.

Debido a lo anterior, se considera que la franja de 100 metros establecida en el Artículo 87 del Decreto 1843 de julio 22 de 1991, para la aplicación aérea de plaguicidas, no tiene un sustento técnico suficiente para limitar impactos en las fuentes superficiales ya que el transporte de los contaminantes depende directamente de las características morfométricas del terreno y en este caso, la escorrentía generada en los módulos puede llegar a transportar el glifosato presente en las partículas de suelo hasta las fuentes superficiales de las cuales se abastecen los habitantes tanto para uso doméstico del agua como para uso agropecuario.

Se recomienda realizar un inventario de puntos de captación de agua superficial y sus usos ya que estas fuentes se encuentran en riesgo de llegar a presentar algún tipo de contaminación ya que a partir de la información secundaria se encontraron 53 puntos, pero posiblemente sean muchos más.

En el PMA no se puede apreciar una propuesta de actividades que permitan evaluar el “ancho de faja” asociado a la aspersión por glifosato para cada una de las campañas de aspersión para cada uno de los núcleos los cuales presentaran condiciones de tiempo atmosférico diferentes. Esto concluye que no hay certeza del polígono envolvente efectivo de la aplicación en superficie del glifosato e inherentemente no se puede realizar una evaluación adecuada de impacto ambiental de los demás biogeocomponentes diferentes del cultivo ilícito objeto de aspersión.

6.4 Componente de riesgos

El documento no cumple con las normativas vigentes sobre la gestión de riesgo planteadas en la Ley 1523 de 2012 y reglamentadas por el Decreto 2157 de 2017, pues no se realiza el análisis específico de riesgos de la actividad ni se diseñó un Plan de Gestión del Riesgo de Desastres.

El PMA no dimensiona ni categoriza el riesgo incumpliendo el mandato de la Corte Constitucional respecto a que la carga de la prueba en cuanto a evaluar y descartar las hipótesis de riesgo está en las entidades del Estado. La metodología incluida en el PMA involucra una “Matrix RAM” que al parecer es de uso en el sector petrolero, pero no se ajustó a las disposiciones normativas vigentes ni al proyecto de aspersión aérea.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

El análisis de riesgos es cualitativo, lo cual está en contravía de lo dispuesto por la Corte Constitucional. Se esperaría que se hubiese planteado una metodología adaptada a una actividad particular y concreta como lo es la fumigación, de manera que se diera cumplimiento al pedido de la Corte en el sentido de evaluaciones objetivas y sustentadas.

Si bien es cierto que movimientos en masa o inundaciones no afectarían la aspersión propiamente dicha, no se muestran mapas que demuestren que se ha analizado la probabilidad de ocurrencia de este tipo de eventos (y otros como las avenidas torrenciales) en las bases de operación, donde se almacenan estos materiales tóxicos y otros como combustibles que pueden generar graves problemas de contaminación.

En el aspecto de vulnerabilidad, los abordajes son ligeros, incompletos y omisivos, pues no se dan las caracterizaciones socioeconómicas de los actores sociales e institucionales que pueden ser afectados, no hay inventarios de escuelas, colegios, centros de salud, bocatomas de acueductos, estaciones de bomberos, entre otras.

La actividad de fumigación forzada de cultivos ilegalizados y la correspondiente evaluación ambiental y de riesgos a cargo de la DIRAN no se basa en investigación científica ni contempla la indispensable casuística que es connatural a los estudios de elementos de la naturaleza como las aguas y los suelos, por lo cual los impactos ambientales son claramente desconocidos.

6.5 Zonificación ambiental y de manejo

En cuanto a estos capítulos, las deficiencias del PECIG parten desde la definición del área de influencia, pasando por las omisiones y falta de rigurosidad en la caracterización de los medios biótico, abiótico y socioeconómico, la falta de variables representativas consideradas en la sensibilidad ambiental de la zonificación ambiental, hasta llegar finalmente a una zonificación ambiental con contradicciones y omisiones, que además carga las deficiencias de los capítulos que la preceden.

El manejo sin argumentos que le dan a la evaluación de impactos es tal vez uno de los aspectos decisivos y con consecuencias importantes a lo largo del estudio. La consideración del PECIG sobre los “impactos puntuales” del glifosato y su falta de rigurosidad técnica en la clasificación de la significancia ambiental de los mismos, lleva a un manejo bastante ligero de la información a lo largo de todo el estudio. Para el caso de la zonificación ambiental y de manejo, este abordaje de los impactos tiene consecuencias directas sobre la clasificación de sensibilidad ambiental de las variables que consideran en los medios biótico, abiótico y socioeconómico, y posteriormente en las categorías de manejo que determinan la intervención o no con la aspersión.

Las deficiencias en la cosideración de los impactos, a su vez afecta la definición del área de influencia, la cual no es abordada en el PECIG de acuerdo a los términos de referencia que cualquier actividad o proyecto sujeto a licenciamiento debe seguir: su definición en función de hasta dónde llegan los efectos de los impactos. Adicional a esta omisión técnica y legal de fondo, generan nuevas interpretaciones conceptuales que enredan lo que objetivamente se entiende y se maneja sobre el área de influencia de un proyecto.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

La consideración del PECIG de área de influencia del proyecto como las áreas protegidas, resguardos indígenas, territorios colectivos, centros poblados, equipamientos sociales y comunitarios que dejan por fuera de la intervención en cada núcleo, evade totalmente el sentido legal del área de influencia cual es analizar hasta donde llegan los impactos de la actividad. Asumen que al sacar estas áreas del mapa de aspersión, ya están cumpliendo con el cuidado que se debe tener con estos territorios habitados por personas y por una biodiversidad que presta importantes servicios ecosistémicos. Además de los impactos sobre las zonas de intervención, es sobre esas áreas excluidas que el PECIG debe concentrar el análisis de los impactos. En muchos casos estas áreas quedan como islas rodeadas por zonas de intervención que claramente pueden verse afectadas como fue ampliamente explicado en las secciones 4.3.8 (estudio de caso sobre flujos de escorrentía en una reserva de la sociedad civil en Casanare) y 4.5.3 (aspersión con glifosato, un vertimiento no puntual) del presente documento. Esta situación evidencia que el PECIG no dimensiona los posibles riesgos de la actividad sobre las personas y los ecosistemas.

En cuanto a la caracterización de lo que el PECIG llama área de influencia, sobresale la falta de información a escala detallada necesaria para tener una línea base real del territorio que se pretende asperjar. La ausencia de información sobre la importancia de los ecosistemas y especies, particularmente de flora, representa un vacío técnico que no puede ser compensado con el manejo de la información de coberturas de vegetación que incluyen. Para el caso de la fauna, presentan información secundaria con la que se podría incluso hacer un análisis un poco más detallado, pero no pasan de lo descriptivo, y adicionalmente desconocen a lo largo del PECIG las conclusiones a las que ellos mismos llegan, y que son argumentos para considerar las afectaciones significativas que herbicidas como el glifosato tienen sobre los invertebrados, las especies de hábitos fosoriales y en general sobre la cadena trófica.

En cuanto a la zonificación ambiental es importante destacar la simplicidad a la que reducen el análisis de la sensibilidad ambiental de los territorios, además del desconocimiento de la necesidad de retomar en esta, la información de la caracterización del área de influencia. Según el PECIG solo la suma de tres variables: coberturas de vegetación, capacidad agrológica del suelo y densidad de la población son suficientes para definir el nivel de sensibilidad ambiental de una región a la aspersión con glifosato, lo cual desconoce totalmente las enormes incertidumbres del comportamiento del glifosato y las consideraciones sobre los riesgos que la Corte ha desarrollado en la sentencia T-236 de 2017. Adicionalmente, la metodología utilizada para valorar cuantitativamente la sensibilidad ambiental de cada variable en cada medio, tiene muchos vacíos argumentativos y de ponderación de las variables. El caso particular de la sensibilidad ambiental analizada para el medio socioeconómico, pone de manifiesto la falta de rigurosidad para dimensionar el riesgo de la aspersión aérea con glifosato sobre las personas y sus actividades. Es claro que la variable escogida para evaluar lo socioeconómico: densidad poblacional, no representa en lo más mínimo las condiciones socioeconómicas de los núcleos escogidos, pues los máximos valores corresponden a zonas que están por fuera de los núcleos delimitados, por lo cual con esta variable nunca se podría llegar a tener un valor alto o muy alto que amerite exclusiones o restricciones serias a la intervención en los núcleos.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Considerando la naturaleza técnica de un estudio de impacto ambiental, como lo es el PECIG, es imposible desligar la salud humana de las afectaciones sobre los aspectos ambientales que la ANLA solicita en sus términos de referencia. Es decir, las afectaciones directas a la biodiversidad, agua, y suelos, tienen consecuencias claras sobre el estado de la gente que hace parte de tales ecosistemas, y ese estado se ve reflejado en su salud integral. Al establecer los términos de referencia que se deben analizar las afectaciones sobre los aspectos socioeconómicos, es absurdo desconocer lo que pueda ocurrir con la salud de las personas, el núcleo de un análisis socioeconómico es la gente. Esta consideración obvia y determinante para la viabilidad de la aspersión que se busca obtener es desconocida claramente durante todo el PECIG. La densidad poblacional como variable de sensibilidad en lo socioeconómico, escogida por el PECIG, es una muestra de ello.

La zonificación de manejo puede ser considerada como unos mapas donde sin criterios muy claros (acumulativos de las deficiencias de los capítulos anteriores) plantean unas zonas de exclusión, de intervención con restricciones (alta, media y baja) y de intervención, que como en el mismo estudio se menciona “es aproximada”. Las contradicciones en el manejo de las zonas de sensibilidad ambiental muy alta, que luego clasifican en zonas de exclusión y de intervención con restricción alta, y estas últimas además las desaparecen, literalmente, reclasificándolas en la categoría de intervención con restricción baja, deja muchas inquietudes sobre el rigor y la objetividad del análisis realizado. Adicionalmente, el estudio no explica cuáles son las restricciones de manejo que para la actividad particular de aspersión con glifosato, llevarán a la práctica, y que diferencian la intervención (alta, media y baja) en cada una de las zonas de manejo consideradas. Es una zonificación de manejo tan general que podría aplicarse a cualquier proyecto en el país.

Considerando los análisis realizados en este documento, y las consideraciones de la Corte, se debe revaluar la viabilidad de que exista en la zonificación de manejo del PECIG una zona de intervención sin restricciones. Esta categoría no debe aplicar para este caso, pues en todo el territorio rural que el PECIG está clasificando como de sensibilidad baja y muy baja, existen campesinos y comunidades étnicas (así sea en bajas densidades, que es el argumento del PECIG) que para su alimentación dependen en gran medida de sus sistemas agropecuarios, los cuales se verán afectados por la aspersión.

Adicionalmente, la zonificación de manejo desconoce áreas protegidas del orden nacional y regional que hacen parte del SINAP, así como determinantes ambientales de las Corporaciones Autónomas Regionales (como fue presentado mendiante diferentes ejemplos para los núcleos 1 y 2), y zonas con función amortiguadora del Sistema Nacional de Areas Protegidas (SINAP) clasificando las zonas donde éstas se localizan como zonas de intervención.

Por último, vale la pena mencionar que el requerimiento de la Corte en relación a la articulación del PECIG con el PNIS lo limitan a zonificar las fincas donde existen acuerdos de sustitución como zonas de exclusión, lo cual no es el sentido de dicha consideración. Las fincas donde se desarrolla el PNIS quedarán como numerosas islas en medio de una matriz de aspersión que indudablemente resultarán afectadas por la aspersión que se realice alrededor, como fue analizado en este

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

documento. No hay ninguna mención de cómo van a garantizar que estas no se vean afectadas. La consideración de la Corte requiere, entre otros, de análisis con argumentos concretos sobre la eficiacia de la aspersión aérea con glifosato para la erradicación de los cultivos de uso ilícito, lo cual, frente a los resultados que tiene el país respecto a la erradicación voluntaria dentro del PNIS, deja serias dudas que deberían obligar a incluir en el PECIG una justificación en este sentido.

Finalmente, no se puede concluir otra cosa, que la necesidad imperante de una revisión exhaustiva y ajuste de todo el PECIG, para llegar a cumplir con todos los requerimientos de la Corte en la Sentencia T-236 de 2017, el Auto 387 de 2019 y los términos de referencia de la ANLA.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

7 REFERENCIAS

Alzate, J. F. (2020). Informe final prueba de eficacia y deriva con aviones AT-802.

ANLA (2019). Términos de referencia para la elaboración del estudio para la modificación del plan de manejo ambiental – PMA del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos. Bogotá.

Annett, R., Habibi, H.R., Hontela, A., 2014. Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment. J. Appl. Toxicol. 34, 458–479. https://doi.org/10.1002/jat.2997

Archambeaud, M, 2011. "Le glyphosate est-il le 4e pillier de l'agriculture de la conservation? Techniques Culturelles Simplifiées No. 62: 28-30.

Arnoldus, H.M.J. (1980). An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. In: De Boodt, M., Gabriels, D. (eds.), Assessment of Erosion. John Wiley & Sons, Chichister, 127–132.

Band, L.E., Moore, I.D., 1995. Scale: Landscape attributes and geographical information systems. Hydrol. Process. 9, 401–422. https://doi.org/10.1002/hyp.3360090312

Barrett, K.A., McBride, M.B., 2006. Trace Element Mobilization in Soils by Glyphosate. Soil Sci. Soc. Am. J. 70, 1882–1888. https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0415

Benbrook, C.M., 2019. How did the US EPA and IARC reach diametrically opposed conclusions on the genotoxicity of glyphosate-based herbicides?. Environ Sci Eur 31, 2. https://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-018-0184-7

Bernal M.H., Solomon K.R., Carrasquilla G., 2009. Toxicity of formulated glyphosate (Glyphos) and Cosmo-flux to larval colombian frogs.

Bolognesi G., Carrasquilla G., Vopi S., Solomon K.R., Marshall E.J.P., 2009. Biomonitoring of genotoxic risk in agricultural workers from five colombian regions: association to occupational exposure to glyphosate.

Borggaard, O.K., Gimsing, A.L., 2008. Fate of glyphosate in soil and the possibility of leaching to ground and surface waters: a review. Pest Manag. Sci. 64.

Brain R.A., Solomon K.R., 2009. Comparison of the hazards posed to amphibians by the glyphosate spray control program versus the chemical and physical activities of coca production in Colombia.

Busse, M., Ratcliff, A., Shestak, C., y R. F. Powers. 2001. Glyphosate toxicity and the effects of long-term vegetation control on soil microbial communities. Soil Biology and Biochemistry. Volume 33, Issues 12–13, Págs. 1777-1789. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00103-1

Bustos M.C., 2012. Destino ambiental del glifosato en una zona arrocera del Tolima, Colombia. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia, 198 pp.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Campbell, J.B.., 1979. Spatial Variability of Soils. Ann. Assoc. Am. Geogr. 69, 544–556. https://doi.org/10.1093/annbot/mcml52

Coffier, J. (2011). Fundamentals of Numerical Weather Prediction.

Corporación Geoambiental Terrae, 2017. Evaluación geoambiental e hídrica del proyecto de perforación exploratoria del bloque petrolero El Nogal en los municipios Morelia y Valparaíso – Caquetá, para la defensa del agua y el territorio.

Coupe, R., Kalkhoff , S., Capel, P., & Gregoire, C. (2012). Fate and transport of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters of agricultural basins. Pest management science, 68(1), 16-30.

Cox, C. 1998. Glyphosate (Roundup). Herbicide Factsheet. Journal of Pesticide Reform/Fall. Vol.18, No. 3 update 10/00.

Cuervo, J. y C. Fuentes. 2014. Mineralization and sorption of 14C-glyphosate in samples from three soil types collected in El Espinal, Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol.38 No.148. Bogotá Julio/Sept. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082014000300005

C&MA-Emerald Energy, (2017). Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal. Capítulo 5.1. Medio Abiótico.

DIRAN (Dirección de Antinarcóticos), 2020. Consideraciones generales para la presentación del estudio, in: Modificación Del Plan de Manejo Ambiental Para El Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos Mediante Aspersión Aérea. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Dollinger, J., Dagès, C., Voltz, M., 2015. Glyphosate sorption to soils and sediments predicted by pedotransfer functions. Environ. Chem. Lett. 13, 293–307. https://doi.org/10.1007/s10311-015-0515-5

Du, F., Zhu, A., Band, L., Liu, J., 2014. Soil property variation mapping through data mining of soil category maps. https://doi.org/10.1002/hyp.10383

EFSA (2015), Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. EFSA Journal

ENDURE, 2019. A survey of the use of glyphosate in European countries. INRAE. https://doi.org/10.15454/A30K-D531

EPA, (2008). Fate, Transport and Transformation Test Guidelines. USA

EPA, 2010. Reg. 86702-2/ Gly 41 % Herbicide Label Amendment

EPA, 2016. Glyphosate Issue Paper: Evaluation of carcinogenic potencial, Office of Pesticides Program, 227 p.

EPA - South Australia, 2005. Composite soil sampling in site contamination assessment and

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

management. EPA Guidel.

Eslava P.R., RamÌrez W. F. Rondón I.S., 2007. Sobre los efectos del glifosato y sus mezclas: impacto sobre peces nativos. Universidad de los Llanos, 150 pp.

Espinoza, D. 2015. Efecto de diferentes métodos de eliminación de zacate buffel (Cenchrus ciliaris L.) en la germinación y establecimiento de especies nativas del matorral xerófilo de Sonora. Tesis para obtener el título de licenciado en biología. Universidad de Sonora. México. http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/unison/2121

FAO, 2009. Guía para la descripción de suelos.

Felton, D.E., Ederer, M., Steffens, T., Hartzell, P.L., Waynant, K. V., 2018. UV-Vis Spectrophotometric Analysis and Quantification of Glyphosate for an Interdisciplinary Undergraduate Laboratory. J. Chem. Educ. 95, 136–140. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00440

Fetter, et al. (2017). Contaminant Hydrogeology. Waveland Press

Foussereau, X., Homsby, A.G., Brown, R.B., 1993. Accounting for variability within map units when linking a pesticide fate model to soil survey 60, 257–276.

FSC-US, 2020. Environmental and Social Risk Assessment: National Guidance for the United States. Forest Stewardship Council.

Gaviria S., 1993. Évolution minéralogique et géochimique du fer et de l'aluminium dans les ferrallitiques hydromorphes des Llanos Orientales de Colombie. Les états précoces du cuirassement. Université de Nancy, Francia, 216 pp. + Anexos.

Gaviria S., Faivre P., 2006. Génesis y evolución mineralógica de oxisoles de los Llanos Orientales. Análisis Geográficos 33: 50-64. IGAC, Bogotá.

Glencore Acopio (2019). Suelos argentinos: cómo se distribuyen y cuáles son las ventajas y desventajas productivas. general – Infocampo

Gustafson (1989), Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. Environmental Toxicology and Chemistry

Hébert, M.P., Fugère, V., Gonzalez, A., 2019. The overlooked impact of rising glyphosate use on phosphorus loading in agricultural watersheds. Front. Ecol. Environ. 17, 48–56. https://doi.org/10.1002/fee.1985

Hewitt A.J., Solomon K.R., Marshall E.J.P., 2009. Spray droplet size, drift potential and risks to nontarget organisms from aerially applied glyphosate for coca control in Colombia.

Hoyos, N., Waylen, P., Jaramillo, A. (2005). Seasonal and spatial patterns of erosivity in a tropical watershed of the Colombian Andes. Journal of Hydrology, 314, 177-191. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2005.03.014.

Hupecol – Antea group (2013), Estudio de impacto ambiental área de interés de perforación

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

exploratoria serranía respuesta al auto 3034 del 10 de septiembre de 2013.

IARC, 2017. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans—volume 112: some organophosphate insecticides and herbicides. https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/mono112.pdf.

Ibáñez, J.J., De-Alba, S., Bermúdez, F.F., García-Álvarez, A., 1995. Pedodiversity : concepts and measures. Catena 24, 215–232.

IDEAM. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. Bogotá D.C.

IDEAM. (2014). Aguas superficiales. Recuperado de http://www.ideam.gov.co/web/agua/aguas-superficiales.

IDEAM. (2017). Atlas de viento de Colombia. Bogotá.

IDEAM (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá

IGAC, 2014. Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso - M40100-02/14.

IGAC, 2019. Comportamiento del glifosato usado en la aspersión aérea de cultivos ilícitos en los suelos de Colombia. Laboratorio Nacional de Suelos, Bogotá, 68 pp.

INRA, 2017. Usages alternatives au glyphosate dans l'agriculture française. Rapport, 88 p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2019a. Mapas de Suelos del Territorio Colombiano a escala 1:100.000. Departamento: Guaviare [WWW Document]. Datos Abiertos. URL https://www.datos.gov.co/dataset/Mapas-de-Suelos-del-Territorio-Colombiano-a-escala/yk8t-z6pg (accessed 6.30.20).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2019b. Mapas de Suelos del Territorio Colombiano a escala 1:100.000. Departamento: Meta [WWW Document]. Datos Abiertos. URL https://www.datos.gov.co/dataset/Mapas-de-Suelos-del-Territorio-Colombiano-a-escala/jhb5-x5se (accessed 6.30.20).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2019c. Mapas de Suelos del Territorio Colombiano a escala 1:100.000. Departamento: Caqueta [WWW Document]. Datos Abiertos. URL https://www.datos.gov.co/dataset/Mapas-de-Suelos-del-Territorio-Colombiano-a-escala/4m6c-qjjg (accessed 6.30.20).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2019d. Mapas de Capacidad de Uso de las Tierras del Territorio Colombiano a escala 1:100.000. Departamento: Casanare [WWW Document]. Datos Abiertos. URL https://www.datos.gov.co/dataset/Mapas-de-Capacidad-de-Uso-de-las-Tierras-del-Terri/itwx-sqmx (accessed 7.2.20).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2014. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Casanare, escala 1.100.000. Bogotá, D.C., Colombia.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Meta.

Jafari, A., Ayoubi, S., Khademi, H., Finke, P.A., Toomanian, N., 2013. Selection of a taxonomic level for soil mapping using diversity and map purity indices: A case study from an Iranian arid region. Geomorphology 201, 86–97. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.06.010

Kanissery, R., Gairhe, B., Kadyampakeni, D., Batuman, O., Alferez, F., 2019. Glyphosate: Its environmental persistence and impact on crop health and nutrition. Plants 8, 1–11. https://doi.org/10.3390/plants8110499

Katagi, T. (2006). Behavior of Pesticides in Water-Sediment Systems. Rev Environ Contam Toxicol.

Kempen, B., Brus, D.J., Heuvelink, G.B.M., Stoorvogel, J.J., 2009. Updating the 1:50,000 Dutch soil map using legacy soil data: A multinomial logistic regression approach. Geoderma 151, 311–326. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.023

King, R.J.A.J., Thomasson, A.J., 1995. European Land Information Systems for Agro-Environmental Monitoring 50p.

Klaus, J., Jackson, C.R., 2018. Interflow Is Not Binary: A Continuous Shallow Perched Layer Does Not Imply Continuous Connectivity. Water Resour. Res. 54, 5921–5932. https://doi.org/10.1029/2018WR022920

Klingebiel, A.A., Montgomery, P.H., 1961. Land Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210. 1–18.

Landcare, A., 2005. Consequences of soil map unit uncertainty on environmental risk assessment 119–126.

Lilly, A., Lin, H., 2004. Using soil morphological attributes and soil structure in pedotransfer functions, in: Pachepsky, Y., Rawls, W.J. (Eds.), Developments in Soil Science. Elsevier B.V, pp. 115–141. https://doi.org/10.1016/S0166-2481(04)30007-3

Lin, H., Brooks, E., McDaniel, P., Boll, J., 2008. Hydropedology and Surface/Subsurface Runoff Processes. Encycl. Hydrol. Sci. 1–25. https://doi.org/10.1002/0470848944.hsa306

Lin, H., Wheeler, D., Bell, J., Wilding, L., 2005. Assessment of soil spatial variability at multiple scales. Ecol. Modell. 182, 271–290. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.04.006

Lin, H.S., McInnes, K.J., Wilding, L.P., Hallmark, C.T., 1999. Effects of Soil Morphology on Hydraulic Properties II. Hydraulic Pedotransfer Functions. Soil Sci. Soc. Am. J. 63, 955–961. https://doi.org/10.2136/sssaj1999.634955x

Lobo D.; Gabriells D.: Ovalles f.; Santibañez F.; Moyano M.;Aguilera R.; Sanguesa C.; Urra N. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe. Online Internet. Disponible en: http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002281/228113S.pdf (consultado en 20/03/18).

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

MADS, 2016. Política para Gestión Sostenible del Suelo. Bogotá, D.C., Colombia.

Mamera, M., van Tol, J.J., 2018. Application of Hydropedological Information to Conceptualize Pollution Migration From Dry Sanitation Systems in the Ntabelanga Catchment Area, South Africa. Air, Soil Water Res. 11. https://doi.org/10.1177/1178622118795485

Mamy L., Barriuso E, Gabrielle B., 2016. Glyphosate fate in soil when arriving in plant residues. Chemosphere 154:425-433.

Mancilla Escobar, G. (2008). Uso de la ecuación universal de pérdidas de suelo (USLE) en el campo forestal. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de ciencias forestales.

María, Nuria de. 2004. Efecto del glifosato sobre la simbiosis Lupinus albus-Bradyrhizobium sp. (Lupinus). Tesis para conseguir el grado de Doctor. Universidad Complutense de Madrid

CSIC - Instituto de Ciencias Agrarias (ICA). http://hdl.handle.net/10261/200290Marshall E.J.P., Solomon K.R., Carrasquilla G., 2009. Los adyuvantes del glifosato afectan el control de la coca (Erythroxylum coca). “La producción de drogas ilícitas, el medio ambiente y la salud humana”. Secretaría General de los Estados Americanos, Bogotá, 8 pp.

McBratney, A.B., 1992. On variation, uncertainty and informatics in environmental soil management. Aust. J. Soil Res. 30, 913–935. https://doi.org/10.1071/SR9920913

Melgarejo, M. R. (2008). Determinación de residuos de (14C) glifosato y de ampa en tres suelos del Tolima sometidos a diferente uso. Universidad Nacional de Colombia.

Mesnage, R., Defarge, N., Spiroux de Vendômois, J., Séralini, G.E., 2015. Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. Food Chem. Toxicol. 84, 133–153. https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.08.012

Minasny, B., McBratney, A.B., Hartemink, A.E., 2010. Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base. Geoderma 155, 132–139. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.024

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (2010). Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Bogotá.

Mulla, D.J., McBratney, A.B., 2001a. Soil spatial variability. Soil Phys. Companion 343–373. https://doi.org/10.1016/0167-1987(87)90053-5

Mulla, D.J., McBratney, A.B., 2001b. Soil spatial variability. Soil Phys. Companion 343–373. https://doi.org/10.1016/0167-1987(87)90053-5

Nielsen, R.D., Bigler, R.J., Sobecki, T., Lytle, D.J., 1996. Application of Soil Survey Attribute Data to GIS Pollution Assessment Models 175–183.

Okada E., Pérez D., De Gerónimo E., Aparicio V., Massone H., Costa J.L., 2018. Non-point source pollution of glyphosate and AMPA in a rural basin from the southeast Pampas, Argentina.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Environmental Science and Pollution Research. http://doi.org/10.1007/s11356-018-1734-7.

Paganelli, A., Gnazzo , V., Acosta, H., López, S. L., y A. E. Carrasco. 2010. Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. Chem. Res. Toxicol. 2010, 23, 10, 1586–1595. https://doi.org/10.1021/tx1001749

PAN Europe, 2018. Alterntive methods in weed management to the use of glyphosate and other pesticides. Pesticide Action Networks-Europe, 88 p.

Perea-Morera, E. y J. Tupac-Otero. 2016. Efecto del herbicida glifosato en hongos endófitos de raíz y keikis de Epidendrum melinanthum (orchidaceae). Lankesteriana International Journal of Orchidology. Vol. 16 No. 2. Universidad de Costa Rica. http://dx.doi.org/10.15517/lank.v16i2.26011

Phillips, J.D., 2013. Evaluating taxonomic adjacency as a source of soil map uncertainty. Eur. J. Soil Sci. 64, 391–400. https://doi.org/10.1111/ejss.12049

Quinchiguango, A. B. 2012. Impacto del glifosato sobre flora, fauna, propiedades químicas, físicas, mineralógicas y biológicas del suelo y su residualidad en bosque secundario en Sucumbíos. Tesis de ingeniera en recursos naturales renovables. Universidad Técnica del Norte. Facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales. 115 páginas. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2077/1/03%20rnr%20163%20tesis.pdf

Ramírez Ortiz, F. A., Hincapié Gómez, E., Sadeghian Khalajabadi, S., & Pérez Gómez, U. (2007). Erosividad de las lluvias en la zona cafetera central y occidental del departamento de Caldas. Cenicafé, 40-52.

Ramírez, L. L. (2010). Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Juramento-Salta. Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.

RESNATUR, 2019. Aves D' Jah [WWW Document]. URL https://resnatur.org.co/es/aves-d-jah-725 (accessed 7.2.20).

Rose, M.T., Cavagnaro, T.R., Scanlan, C.A., Rose, T.J., Vancov, T., Kimber, S., Kennedy, I.R., Kookana, R.S., Van Zwieten, L., 2016. Impact of Herbicides on Soil Biology and Function, Advances in Agronomy. Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.11.005

Rossi E., 2020. Antología toxicológica del glifosato + 1000, ONG Naturaleza y Derechos. Argentina, 270p.

Rossiter, D.G., Zeng, R., Zhang, G.-L., 2017. Accounting for taxonomic distance in accuracy assessment of soil class predictions Seismic amplification modelling and resulting effects View project Accounting for taxonomic distance in accuracy assessment of soil class predictions. Geoderma 292, 118–127. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.012

SGC (2016). Modelo hidrogeológico del área de San José de Guaviare. Grupo de exploración de aguas subterráneas.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Solomon K.R, Anadon A., Cerdeira A.L., Marshal J., Sanin L.H., 2005. Estudio de los efectos del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante la aspersión aérea con el herbicida Glifosato (PECIG) y de los cultivos ilícitos en la salud humana y en el medio ambiente. Informe para la Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas (CICAD) – OEA. Washington, 144 pp.

Solomon K.R., Marshal E.J.P., 2009. Production of illicit drugs, the environment and human health, Special Issue. Journal of Toxicology and Environmental Health.

Solomon K.R., 2011. Toxicity of Cuspide 480SL® spray mixture formulation of glyphosate to aquatic organisms.

Tellez, R., 2017. El majadeo, una práctica sostenible, in: Peñuela, L., Mejia, A., Segura, G. (Eds.), El Manejo Sostenible Del Suelo, Clave Para Adaptarnos Al Cambio Climático. Alianza Fundación Natura - Fundación Horizonte Verde.

Terribile, F., Coppola, A., Langella, G., Martina, M., Basile, A., 2011. Potential and limitations of using soil mapping information to understand landscape hydrology. Hydrol. Earth Syst. Sci. 15, 3895–3933. https://doi.org/10.5194/hess-15-3895-2011

Toomanian, N., Esfandiarpoor, I., 2010. Challenges of Pedodiversity in Soil Science. Eurasian Soil Sci. 43, 1486–1502. https://doi.org/10.1134/S1064229310130089

Torres-Guerrero et al. (2013)1. Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. Terra Latinoam vol.31 no.1

Tofiño, A., Carbono, R., Melo, A., y L. Merini. 2020. Efecto del glifosato sobre la microbiota, calidad del suelo y cultivo de frijol biofortificado en el departamento del Cesar, Colombia. Revista Argentina de Microbiología. Volume 52, Issue 1, Enero–Marzo 2020, Pág. 61-71. https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.01.006

Tsui M.T:K. y Chu L.M., 2003. Aquatic toxicity of Glyphosate-Based Formulations: Comparison between different organisms and the effects of environmental factors. Chemosphere, 52(7):1189-97.

UNODC. 2016. Colombia. Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2015., 146 pp.

UNODC-SIMCI. 2020. Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2019. Bogotá. 180 pp.

Uribe, A. (2012). Estimación de la capacidad del modelo WRF para pronosticar eventos extremos asociados con altas precipitaciones en la región Andina colombiana. Bogotá D.C.

USGS. (2020). El ciclo del agua. Recuperado de https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish?qt-science_center_objects=0#8.

Van Bruggen, A.H.C., He, M.M., Shin, K., Mai, V., Jeong, K.C., Finckh, M.R., Morris, J.G., 2018. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. Sci. Total Environ. 616–617, 255–268. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.309

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

van der Meij, W.M., Temme, A.J.A.M., Lin, H.S., Gerke, H.H., Sommer, M., 2018. On the role of hydrologic processes in soil and landscape evolution modeling: concepts, complications and partial solutions. Earth-Science Rev. 185, 1088–1106. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.09.001

van Diepen, C.A., van Keulen, H., Wolf, J., Berkhout, J.A.A., 1991. Land Evaluation: From Intuition to Quantification 15, 139–204. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3030-4_4

van Tol, J., Lorentz, S., 2018a. Hydropedological Interpretation of Regional Soil Information to Conceptualize Groundwater-Surface Water Interactions. Vadose Zo. J. 17. https://doi.org/10.2136/vzj2017.05.0097

van Tol, J., Lorentz, S., 2018b. The Application of Hydropedological Surveys to Quantify Near-Surface Impacts of Mining Waste, in: Wolkersdorfer, C., Sartz, L., Weber, A., Burgess, J., Tremblay, G. (Eds.), 11th ICARD | IMWA | MWD Conference – Risk to Opportunity (Vol I). pp. 471–475.

Vázquez-Amabile, G., Ricca, A., Rojas, D., Cristos, D., Ortiz de Zarate, M., Pellisier, G., . . . Gaspari, F. (2017). Análisis de agroquímicos y nitratos en cursos y aguas subterránea de cuencas rurales del oeste y sudeste de Buenos Aires. Productividad y medio ambiente: ¿enfoques a integrar o misión compartida? Conferencias y resúmenes del 3er Simposio de Malezas y Herbicidas, 61-69.

Vereecken, H., 2005. Mobility and leaching of glyphosate: A review. Pest Manag. Sci. 61, 1139–1151. https://doi.org/10.1002/ps.1122

Vicaria del Sur – Terrae (2017). Evaluación geoambiental e hídrica del proyecto de perforación exploratoria del bloque petrolero El Nogal en los municipios Morelia y Valparaíso – Caquetá, para la defensa del agua y el territorio.

Villón, M. (2002). Hidrología. Lima: Editorial Villón.

Waiman, C. V., Avena, M.J., Garrido, M., Fernández Band, B., Zanini, G.P., 2012. A simple and rapid spectrophotometric method to quantify the herbicide glyphosate in aqueous media. Application to adsorption isotherms on soils and goethite. Geoderma 170, 154–158. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.11.027

Walvoort, D.J.J., Brus, D.J., de Gruijter, J.J., 2010. An R package for spatial coverage sampling and random sampling from compact geographical strata by k-means. Comput. Geosci. 36, 1261–1267. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2010.04.005

Wischmeier W.H. and Smith D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. USDA-ARS Agriculture Handbook N° 537, Washington DC. 58 p

Xu, J., Smith, S., Smith, G., Wan, W., y Y. Li. 2019. Glyphosate contamination in grains and foods: An overview. Food Control. Volume 106, 106710. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106710

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Yost, R.S., Wang, X., Green, R.E., Sangchyoswat, C., 1999. Incorporating Spatial Variability Into Existing Soils Databases.

Zhang, L., Rana, I., Shaffer, R.M., Taioli, E., Sheppard, L., 2019. Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: A meta-analysis and supporting evidence. Mutat. Res. - Rev. Mutat. Res. 781, 186–206. https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2019.02.001

Zhu, A., 1997. Measuring Uncertainty in Class Assignment for natural resource maps under fuzzy logic 63, 1195–1202.

Zhu, A.X., 1999. A personal construct-based knowledge acquisition process for natural resource mapping. Int. J. Geogr. Inf. Sci. 13, 119–141. https://doi.org/10.1080/136588199241382

Zhu, A.X., 1997. A similarity model for representing soil spatial information. Geoderma 77, 217–242. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00023-2

Zhu, A.X., Hudson, B., Burt, J., Lubich, K., Simonson, D., 2001. Soil Mapping Using GIS, Expert Knowledge, and Fuzzy Logic. Soil Sci. Soc. Am. J. 1463–1472.

Zhu, A.X., Scott Mackay, D., 2001. Effects of spatial detail of soil information on watershed modeling. J. Hydrol. 248, 54–77. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00390-0

Zhu, Q., Lin, H.S., Doolittle, J.A., 2013. Functional soil mapping for site-specific soil moisture and crop yield management. Geoderma 200–201, 45–54. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.02.001

Zirena, F., Gosgot, W., Campos, C., & Zamalloa, W. (2018). Glifosato en cuerpos hídricos: problema ambiental. Revista de Investigaciones Altoandinas.

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Anexos 1

Tabla de referencias consultas y ID asociado

ID	Autor	Año	Titulo	Revista
1	Al-rajab	2008	Sorption and leaching of 14C-glyphosate in agricultural soils	Agron. Sustain. Dev.
2	Bergström	2011	Laboratory and Lysimeter Studies of Glyphosate	Journal of Environmental Quality
3	Sørensen	2006	Sorption, desorption and mineralisation of the herbicides glyphosate	Environmental Pollution
4	De Jonge	2000	[^{14}C] glyphosate transport in undisturbed topsoil columns	Pest Management Science
5	Glass RL	1987	Adsorption of glyphosate by soils and clay minerals	J Agric Food Chem
6	Piccolo et al.	1994	Adsorption and desorption of glyphosate in some European soils	*J Environ Sci Health*
7	Madhun et al.	1986	Binding of herbicides by water-soluble organic materials from soil	*J Environ Qual*
8	Autio et al.	2004	Adsorption of sugar beet herbicides to Finnish soils	Chemosphere
9	De Jonge, De Jonge	1999	The influence of pH and solution composition on the sorption of glyphosate and prochloraz to a sandy loam soil	Chemosphere
10	Accinelli et al.	2005	Effects of incorporated corn residues on glyphosatemineralization and sorption in soil	J Agric Food Chem
11	Bailly et al.	2015	Adsorption of sugar beet herbicides to finnish soils	Chemosphere
12	Candela et al.	2007	Laboratory studies on glyphosate transport in soils of the Maresme area near Barcelona, Spain: transport model parameter estimation	Geoderma
13	Cheah et al.	1997	Adsorption, desorption and mobility of four commonly used pesticides in malaysian agricultural soils	Pestic Sci
14	Dousset et al.	2007	Facilitated transport of diuron and glyphosate in high copper vineyard soils	Environ Sci Technol

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

15	Kogan et al.	2003	Adsorption of glyphosate in chilean soils and its relationship with unoccupied phosphate binding sites	Pesqui Agropecuária Bras
16	Laitinen et al.	2008	Effects of soil phosphorus status on environmental risk assessment of glyphosate and glufosinateammonium	J Environ Qual
17	Litz et al.	2011	Comparative studies on the retardation and reduction of glyphosate during subsurface passage	Water Res
18	Mamy and Barriuso	2005, 2007	Glyphosate adsorption in soils compared to herbicides replaced with the introduction of glyphosate resistant crops	Chemosphere
19	Mamy and Barriuso	2005, 2007	Desorption and time-dependent sorption of herbicides in soils.	Eur J Soil Sci
20	Prata et al.	2003	Glyphosate sorption and desorption in soils with distinct phosphorus levels	Sci Agric
21	Strange-Hansen et al.	2004	Sorption, mineralization and mobility of N-(phosphonomethyl)glycine(glyphosate) in five different types of gravel	Pest Manag Sci
22	Wang et al.	2006	Cosorption of zinc and glyphosate on two soils with different characteristics	J Hazard Mater
23	Xu et al.	2009	Land use and riparian effects on prairie wetland sediment properties and herbicide sorption coefficients	J Environ Qual
24	De Jonge et al.	2001	Glyphosate sorption in soils of different pH and phosphorus content	Soil Sci
25	da Cruz et al.	2007	Adsorption of glyphosate on clays and soils from Parana ´ State: effect of pH and competitive adsorption of phosphate	Braz Arch Biol Technol
26	EFSA	2015	Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate	EFSA Journal
27	De Gerónimo	2018	Glyphosate sorption to soils of Argentina. Estimation of affinity coefficient by pedotransfer function	Geoderma
28	Cáceres et al.	2009	Adsorption of Glyphosate on Variable-Charge, Volcanic Ash-Derived Soils	J Environ Qual
29	Bustos	2012	Destino ambiental del glifosato en una zona arrocera del Tolima, Colombia	UNAL

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

30	Cuervo, Fuentes	2014	Mineralization and sorption of 14C-glyphosate in samplesfrom three soil types collected in El Espinal, Colombia	Rev. Acad. Colomb. Cienc.
31	IGAC-	2019	Comportamiento del glifosato usado en la aspersión aerea de cultivos ilicitos en los suelos de Colombia	IGAC

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

Anexo 2

Datos de características de suelos compilados de las referencias consultadas

ID	Kf	nf	pH	[P]	[Al]	[Fe]	% Clay	CIC	TOC%
1	34,5	0,997	5,1	1,24		9,73	10,5		0.82
1	33.6	1,004	6,3	3,24		40,05	30.6		1,45
1	16.6	0,999	7,9	2,74		33,16	34,9		1,91
2	118	0,950	7,2				46,5	28,4	4,4
2	165	1,030	7,4				58,35	33,6	0
2	40	0,920	7,4				7,7	4,7	2
2	28,7	0,820	6,7				0	1,6	1
3	55		4,7				4		4,9
3	65		4,8				4		2,5
3	35		5,3				2		0,4
3	27		5,5				2		0,2
3	65		5,6				2,4		0,2
3	250		4,9				2,4		0,2
3	385		4,5				2		0,1
3	300		4,3				2		0,1
3	420		5,9				13,6		3,5
3	420		6				16,8		3,6
3	1140		7,9				23,6		1,2
3	72		8,1				11,6		0,6
3	180		8				29,2		0,8
3	200		7,8				21		0,7
4	78,4	0,753	6,3				15	0,157	3
4	59	0,787	5,32				4	0,37	3,1
5	76,0	0,67	7,5				52,6	29	1,56
5	56	0,510	5,8				17	11	1,64
5	33	0,460	5,6				7,1	6,6	1,24
6	51,1	0,580	4,6		0,93	0,1	5	30,7	9,23
6	40,64	0,770	5,8		1,66	2,19	17	18,3	3,73
6	13,8	0,770	8		—	—	23	28,3	—
6	152,9	0,440	8,3		1,56	1,14	16	11,4	0,45
7	3060	1,000	6,25						0,9
7	5,0x10^5	1,000	6,65						0,1

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

7	25,5	1,000	4,32						3
7	48	1,000	4,2						0,3
7	72	1,000	4,1						0,4
8	166	0,970	6,1	0,0016	na	na	17	na	0,47
8	55	0,920	5,8	0,003	na	na	46	na	2,88
8	249	0,910	5,6	0,0011	na	na	58	na	0,54
8	44	0,900	5,8	0,0274	na	na	13	na	2,57
8	55	1,000	5,7	0,0171	na	na	4	na	0,72
8	97	1,03	6	0,0041	9,66	9,66	41	na	7,06
8	41	1,02	6	0,0015	11,22	11,22	47	na	2,96
8	97	0,850	6,4	0,0033	9,26	9,26	4	na	5,93
8	51	0,860	5,9	0,0009	6,7	6,7	4	na	1,77
8	58	0,930	8,1	0,0387	na	na	41	na	2,67
8	113	0,870	7,9	0,0224	na	na	30	na	2,5
8	93	0,900	7,1	0,0088	na	na	21	na	2,35
8	90	0,860	6,8	0,0028	na	na	8	na	0,75
8	179	1,260	6	0,0058	na	na	41	na	7,05
8	121	0,980	6,3	0,0064	na	na	4	na	5,93
8	159	0,930	5,4	0,01	4,48	4,48	5	na	7,9
8	102	1,05	5,6	0,0036	4,29	4,29	4	na	4,5
8	37	0,760	5,4	0,0035	4,57	4,57	8	na	1,3
8	84	0,910	6,9	0,052	na	na	57	na	12,6
8	303	1,140	5,2	0,0051	17,09	17,09	9	na	26
9	30,9	0,778	7,67				15	12,6	1,7
9	180	0,261	7,67				15		1,7
9	78,5	0,749	6,13				15	12,6	1,7
9	78,4	0,750	6,3				15	12,6	1,7
9	48,4	0,770	6,53				15	12,6	1,7
9	53,3	0,757	6,57				15		1,7
9	45,7	0,760	7,07				15		1,7
9	37,9	0,790	7,3				15		1,7
9	49,8	0,794	6,43				15		1,7
9	42,2	0,779	6,8				15		1,7
9	31,3	0,800	6,97				15		1,7
9	0,6	0,920	10,4				15		1,7
9	0,7	0,962	9,7				15		1,7
9	2,2	0,954	8,77				15		1,7

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

9	1,9	0,965	4,83				15		1,7
9	5,8	0,950	5,57				15		1,7
9	10,4	0,928	6,3				15		1,7
9	1,4	1,000	9,8				15		1,7
9	0,6	1 027	9,17				15		1,7
9	3	0,944	8,1				15		1,7
10	43,01	0,790	8,11	na	na	na	14	na	0,7
10	62,16	0,880	7,2	na	na	na	3,8	na	0,94
11	51,69	1,000	8,44	0,019	2,78	2,78	25	12,5	1,58
11	129,86	1,000	8,54	0,006	2,62	2,62	26,6	12,1	1,56
11	75,38	1	8,63	0,005	3,27	3,27	36,8	14,4	0,73
11	109,9	1	8,71	0,005	3,48	3,48	35,1	14,2	0,96
11	302,63	1	7,3	0,011			35,7	23,2	0,54
11	262,41	1	7,93	0,073	na	na	32,5	26,1	3,88
11	89,07	1	6,03	0,142	na	na	8,2	6,34	0,47
11	318,82	1	6,19	0,144	na	na	29,6	17,6	3,67
12	93	0,78	7,9	na	36,7	36,7	7	5,2	1
12	154	0,740	7,3	na	126,5	126,5	10	4,6	0
13	83,8	0,850	6,7	na	na	na	10	7,10c	1,3
13	417	0,780	4,7	na	na	na	32,5	54,1	30,5
14	33,9	1,000	7,6	na	4,4	4,4	46		3,9
14	51,8	1,000	6,6	na	5,1	5,1	22		1,5
15	12,13	1,000	4,79	na	na	na	18		6,6
16	98,69	1,020	6,02	0,0042	9,66	9,66	41		7,1
17	1,89	0,480	7,7	0	0,61	0,61	0		0,34
18	17,6	0,760	8,4	3,59	2,51	2,51	8,8	6,4	1,86
18	34,8	0,800	8,2	2,72	2,58	2,58	9,3	7,1	1,86
18	32,9	0,860	8,36	2,49	15,2	15,2	37,6	17,8	2
19	41,9	0,800	8,2	2,76	14,96	14,96	37,7	20,6	1,69
19	60,5	0,880	6,3	1,46	8,58	8,58	27,4	16,4	1,01
19	276	0,770	7,6	1,31	7	7	23,5	15,9	0,96
20	162,9	0,980	5,2	0,089	222,8	222,8	47	14,18	3,2
20	215,7	0,990	5	0,059	277,1	277,1	56	12,32	2,5
21	403,5	1,000	5,3	na	2,21	2,21	1,64	na	na
22	31,19	0,820	7,2	na	209,5	209,5	34,3	23,6	4,57
23	172,9	1,000	6,7	na	na	na	9,1	13,3	3,2
23	152,6	1,000	6,4	na	na	na	11,3	16,8	3,8
23	251,9	1,000	6,4	na	na	na	4,9	24,8	6,8

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

23	193,1	1,000	7,2	na	na	na	5,6	33,1	8,7
23	124,9	1,000	7,1	na	na	na	6,7	31,9	9,6
24	107,4	0,620	3,7	0,05055	3,21	3,21	4,2	na	1,32
24	80,6	0,620	3,6	0,06349	2,47	2,47	4,2	na	1,06
24	83,5	0,660	3,6	0,08739	2,98	2,98	4,2	na	1,28
24	79,4	0,680	3,8	0,07215	2,53	2,53	4,2	na	1,06
24	121,2	0,600	4,2	0,01832	2,73	2,73	4,2	na	1,2
24	141,2	0,630	4,3	0,0277	3,36	3,36	4,2	na	1,33
24	118,1	0,670	4,2	0,04458	3,43	3,43	4,2	na	1,3
24	111,5	0,620	4,3	0,0445	3,24	3,24	4,2	na	1,4
24	126,8	0,560	4,5	0,01207	3,23	3,23	4,2	na	1,26
24	120	0,580	4,7	0,01856	2,95	2,95	4,2	na	1,26
24	92	0,590	4,6	0,03631	2,76	2,76	4,2	na	1,21
24	116,2	0,610	4,9	0,03208	3,27	3,27	4,2	na	1,36
24	154	0,620	5,2	0,00908	3,46	3,46	4,2	na	1,33
24	138,8	0,650	5,5	0,01307	3,44	3,44	4,2	na	1,14
24	136,6	0,630	5,4	0,02428	3,65	3,65	4,2	na	1,29
24	119,8	0,630	5,5	0,02557	3,32	3,32	4,2	na	1,2
24	214,7	0,560	6,2	0,00619	6,45	6,45	10,8	na	1,28
24	165,1	0,600	6,2	0,01326	5,26	5,26	10,8	na	1,26
24	137,6	0,670	6,3	0,02452	5,35	5,35	10,8	na	1,25
24	106,4	0,710	6,4	0,05874	5,71	5,71	10,8	na	1,23
24	171,7	0,580	6,3	0,00875	5,28	5,28	10,8	na	1,21
24	144	0,590	6,3	0,01556	5,04	5,04	10,8	na	1,4
24	151,3	0,650	6,3	0,02479	4,94	4,94	10,8	na	1,44
25	31,32	1,000	4	0,02877	212	212	16,3	2	0,83
25	17,89	1,000	5	0,02877	212	212	16,3	2	0,83
25	19,59	1,000	6	0,02877	212	212	16,3	2	0,83
25	15,52	1,000	7	0,02877	212	212	16,3	2	0,83
25	0,87	1,000	4	0,00312	289,4	289,4	30,3	4	0,38
25	0,83	1,000	5	0,00312	289,4	289,4	30,3	4	0,38
25	1,37	1,000	6	0,00312	289,4	289,4	30,3	4	0,38
25	0,9	1,000	7	0,00312	289,4	289,4	30,3	4	0,38
25	4,45	1,000	4	0,01693	236,7	236,7	54,3	11	2,56
25	3,44	1,000	5	0,01693	236,7	236,7	54,3	11	2,56
25	2,51	1,000	6	0,01693	236,7	236,7	54,3	11	2,56
25	2,01	1,000	7	0,01693	236,7	236,7	54,3	11	2,56

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

26	324	0,920	6,5						1,45
26	33	0,800	7,4						0,87
26	660	1,160	5,2						1,1
26	263	1,000	5,7						0,8
26	811	1,000	7,1						1,6
26	50	1,000	7,8						1,4
26	5	1,000	8,3						0,6
26	48	1,000	6,1						1,4
26	510	1,000	7,1						3
26	64	0,750	5,7						0,29
26	9,4	0,720	8,4						0,58
26	470	0,930	5,7						2,26
26	700	0,940	6,2						2,15
26	90	0,760	7,4						1,8
26	29,5	0,840	6,5						0,62
26	71,7	0,840	6,2						2,32
26	37,7	0,840	6,9						1,22
26	66,4	1,000	5,9						0,7
26	76,5	1,000	6,3						1,34
26	54,4	1,000	7,3						1,2
27	239	0,44-0,65	5,94	0,0232	0,0122	4,0822	33,7	32,9	4,7
27	130	0,44-0,65	6,99	0,1129	0,0145	1,8043	23,8	19,9	4,5
27	172	0,44-0,65	6,1	0,0398	0,0229	3,7582	34,4	38,3	8,5
27	265	0,44-0,65	5,41	0,0245	0,0133	3,3306	26,6	16,5	2,7
27	397	0,44-0,65	5	0,0031	0,0588	16,1217	69,5	27,3	6
27	174	0,44-0,65	5,75	0,0283	0,0144	3,5882	29,3	37,4	10,3
27	59	0,44-0,65	7,2	0,0536	0,0145	12,1471	21,2	26,2	2,7
27	25	0,44-0,65	6	0,00418	0,0177	0,5605	6,4	9	0,5
27	310	0,44-0,65	6,1	0,1543	0,0133	1,5671	37,5	23,5	4
27	110	0,44-0,65	6,28	0,0166	0,0138	1,6717	24,7	19	5,1
27	168	0,44-0,65	6,02	0,0285	0,015	5,9178	29,4	30	6,9
27	152	0,44-0,65	6,84	0,039	0,0127	5,3355	37,1	40,5	7,3
28	1480000000	0,300	5,2				45,7	8,7	1,5
28	1464000000	0,400	6,2				19,4	11,8	5,8
28	3764000000	0,400	5,1				27,6	10,3	9,5
29	30	0,850	5	0,0124	10,195	21,249	24,2	9,7 N	1,1
29	71	0,744	5,2	0,0114	10,072	18,416	30,4	15,3 N	1,5

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org

30	17,05	0,700						6,2 N	2,24
30	3,1	0,470							3,97
30	1,83	0,660							7,41
30	115,6	0,880	4,26	0,2			39,3		1,41
31	114,4	0,880	4,3	0,211			39,34		1,5
31	120,2	0,855	4,25	0,231			35,23		1,56
31	98	0,830	4,37	0,1805			30,67		1,83
31	98	0,850	4,38	0,237			33,64		1,75
31	105,5	0,820	4,45	0,218			30,37		1,71
31	158,2	0,860	4,3	0,245			36,18		3,56
31	149,8	0,870	4,31	0,27			37,18		3,06
31	164,4	0,900	4,45	0,242			41,12		3,7

Transversal 15B No. 46 – 16 Of 506 Tel: 340 24 62 Bogotá D.C., Colombia
info@terraegeoambiental.org