



ACTIVIDAD 008-
LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE DE
PRÁCTICAS, TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS
PRODUCTIVAS ASOCIADAS CON EL USO Y
MANEJO DEL SUELO

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC No. 102 DE
2021 CELEBRADO ENTRE LA CORPORACIÓN
AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA -CVC- Y
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



Vigencia 2021

**PROYECTO 1001 “CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y
FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA RESTAURACIÓN
DE COBERTURAS Y USO SOSTENIBLE”**

**RESULTADO 1 “SUELOS Y BOSQUES CARACTERIZADOS Y
EVALUADOS”**

**ACTIVIDAD 008 “LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE DE
PRÁCTICAS, TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS PRODUCTIVAS
ASOCIADAS CON EL USO Y MANEJO DEL SUELO”**

INFORME FINAL

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC No. 102 DE 2021
CELEBRADO ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL
DEL VALLE DEL CAUCA -CVC- Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DE COLOMBIA SEDE PALMIRA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
MARZO DE 2022**

EQUIPO DE TRABAJO

Profesor Germán Rueda Saa
Director del Proyecto

Ing. M.Sc Liseth González Delgado
Coordinadora General

Profesor Oswaldo Puerto
Ing. Agrónomo MSc.

Juan Carlos Ortiz
Ing. Agrícola MSc.

Oscar Sánchez
Ing. Topográfico

EQUIPO DE TRABAJO CVC

Ing. Herbert Olaya Cuesta
Supervisor

Ing. Gustavo Adolfo Romero
Profesional DTA

Ing. Miguel Ángel Díaz
Profesional DTA

Ing. Christian De Jesús Sánchez Elizalde
Profesional DTA

Ing. Mary Loly Bastidas
Profesional DTA

Ing. Clever Gustavo Becerra
Profesional DTA

Contenido

RESUMEN.....	22
1. INTRODUCCIÓN.....	23
2. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES.....	25
3. MARCO REFERENCIAL.....	26
3.1. CONCEPTOS Y DEFINICIONES.....	28
3.1.1. Técnicas, tecnologías y prácticas de producción agrícola asociadas con el uso del suelo	28
3.1.2. Salud del suelo.....	29
3.1.3. Degradación del suelo.....	29
3.1.4. Tipos de agricultura.....	30
3.1.5. Tipos de cultivo.....	31
3.2. INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	32
3.2.1. Condiciones generales del suelo en sitios de interés en zona de ladera del Valle del Cauca.....	32
3.2.2. Datos generales Cuenca RUT.....	33
3.2.3 Datos generales Cuenca DAGUA.....	40
3.2.4 Datos generales Cuenca CALI.....	46
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	52
4.1. ÁREA DE ESTUDIO CUENCA RUT MUNICIPIO LA UNIÓN.....	53
4.2. ÁREA DE ESTUDIO CUENCA DAGUA MUNICIPIO RESTREPO.....	56
4.3. ÁREA DE ESTUDIO CUENCA CALI MUNICIPIO CALI.....	59
5. METODOLOGÍA.....	61
5.1. PRIORIZACIÓN DE CULTIVOS Y PREDIOS.....	61
5.2. LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE SOBRE PRÁCTICAS, TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS.....	62
5.3. CAMPAÑAS DE MUESTREO DE SUELOS Y AGUAS.....	64
5.3.1. Levantamiento de información primaria de suelos y aguas.....	64
5.3.2. Cadena de custodia de las muestras y envío a laboratorio.....	66
5.4. ANÁLISIS DE PROPIEDADES DE SUELOS Y AGUAS.....	67
5.5. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL.....	67
6. LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS PRIORIZADOS DE LA CUENCA RUT MUNICIPIO LA UNIÓN.....	72
6.1. CULTIVOS Y PREDIOS PRIORIZADOS CUENCA RUT MUNICIPIO LA UNIÓN.....	72

6.2. LINEA BASE SOBRE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE LA CUENCA RUT MUNICIPIO LA UNION	77
6.2.1. Tipo de labranza	77
6.2.2. Preparación del terreno para la siembra	80
6.2.3. Manejo de arvenses.....	83
6.2.4. Sistema de riego.....	86
6.2.5. Manejo de Plagas y Enfermedades	87
6.2.6. Fertilización	91
6.2.7. Cosecha	94
6.2.8. Acompañamiento técnico y aseguramiento de la calidad en las labores	96
6.2.9. Resumen de prácticas agronómicas asociadas al manejo del cultivo	97
6.3. CAMPAÑAS DE MUESTREO DE SUELOS Y AGUAS CUENCA RUT MUNICIPIO LA UNIÓN.....	106
6.4. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN LA CUENCA RUT-MUNICIPIO LA UNIÓN	109
6.4.1. Potencial de Hidrógeno (pH).....	109
6.4.2. Conductividad Eléctrica (CE)	110
6.4.3. Materia Orgánica (MO) y Carbono Orgánico (CO)	112
6.4.4. Bases Intercambiables del Suelo (Ca, Mg, K y Na).....	113
6.4.5. Relaciones Entre Bases Intercambiables del Suelo	117
6.4.6. Elementos Menores y Fósforo (P).....	120
6.4.7. Propiedades Físicas del Suelo.....	124
6.5. RIESGOS SOBRE LA SALUD DEL SUELO - CUENCA RUT LA UNION	128
6.5.1. Riesgos sobre la Salud del Suelo: Cuenca RUT (La Unión)–zona plana	128
6.5.2. Riesgos sobre la Salud del Suelo: Cuenca RUT (La Unión)–zona de ladera	130
6.5.3. Promoción de la Conservación y Restauración de la Salud del Suelo en la Cuenca RUT – Municipio La Unión	131
6.6. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA PARA RIEGO EN LA CUENCA RUT – MUNICIPIO LA UNIÓN	132
6.6.1. Restricciones de uso del agua para riego: Salinidad.....	132
6.6.2. Restricciones de uso del agua para riego: Permeabilidad (efecto sobre la infiltración)	133
6.6.3. Restricciones de uso del agua para riego: Cationes	133
6.6.4. Restricciones de uso del agua para riego: Aniones	134
6.6.5. Restricciones de uso del agua para riego: pH, elementos menores y dureza	135

6.7. ANÁLISIS SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DEL SUELO CUENCA RUT (MUNICIPIO LA UNIÓN).....	136
6.7.1. Conservación de las Propiedades Biológicas del Suelo.....	136
6.7.2. Conservación de las Propiedades Fisicoquímicas del Suelo.....	137
6.7.3. Riesgo de Degradación del Suelo.....	138
6.7.4. Manejo de la Biodiversidad.....	139
6.7.5. Adaptación al Cambio Climático.....	139
6.7.6. Nivel de Asistencia Técnica.....	140
6.7.7. Categorización Global de Sostenibilidad Ambiental.....	141
6.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES CUENCA RUT (MUNICIPIO LA UNIÓN). 144	
6.8.1. Conclusiones cuenca RUT (La Unión).....	144
6.8.2. Recomendaciones cuenca RUT (La Unión).....	145
7. LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS PRIORIZADOS DE LA CUENCA DAGUA MUNICIPIO RESTREPO.....	147
7.1. CULTIVOS Y PREDIOS PRIORIZADOS CUENCA DAGUA MUNICIPIO RESTREPO 147	
7.2. LINEA BASE SOBRE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE LA CUENCA DAGUA MUNICIPIO RESTREPO.....	151
7.2.1. Tipo de labranza.....	151
7.2.2. Preparación del terreno para la siembra.....	152
7.2.3. Manejo de arvenses.....	154
7.2.4. Sistema de riego.....	156
7.2.5. Manejo de Plagas y Enfermedades.....	158
7.2.6. Fertilización.....	160
7.2.7. Cosecha.....	161
7.2.8. Acompañamiento técnico y aseguramiento de la calidad en las labores.....	162
7.2.9. Resumen de prácticas agronómicas asociadas al manejo del cultivo.....	163
7.3. CAMPAÑAS DE MUESTREO DE SUELOS Y AGUAS CUENCA DAGUA MUNICIPIO RESTREPO.....	170
7.4. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN LA CUENCA DAGUA- MUNICIPIO RESTREPO.....	174
7.4.1. Potencial de Hidrógeno (pH).....	175
7.4.2. Conductividad Eléctrica (CE).....	176
7.4.3. Materia Orgánica (MO) y Carbono Orgánico (CO).....	177

7.4.4.	Bases Intercambiables del Suelo (Ca, Mg, K y Na).....	178
7.4.5.	Relaciones Entre Bases Intercambiables del Suelo	182
7.4.6.	Elementos Menores y Fósforo (P).....	184
7.4.7.	Propiedades Físicas del Suelo.....	188
7.5.	RIESGOS SOBRE LA SALUD DEL SUELO EN LA CUENCA DAGUA - RESTREPO 191	
7.5.1.	Riesgos sobre la Salud del Suelo: Cuenca Dagua (Restrepo)	191
7.5.2.	Promoción de la Conservación y Restauración de la Salud del Suelo en la Cuenca Dagua - Municipio Restrepo.....	192
7.6.	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA PARA RIEGO EN LA CUENCA DAGUA	193
7.6.1.	Restricciones de uso del agua para riego: Salinidad.....	193
7.6.2.	Restricciones de uso del agua para riego: Permeabilidad (efecto sobre la infiltración)	193
7.6.3.	Restricciones de uso del agua para riego: Cationes	194
7.6.4.	Restricciones de uso del agua para riego: Aniones	195
7.6.5.	Restricciones de uso del agua para riego: pH, elementos menores y dureza	195
7.7.	ANÁLISIS SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DEL SUELO CUENCA DAGUA (MUNICIPIO RESTREPO).....	196
7.7.1.	Conservación de las Propiedades Biológicas del Suelo.....	196
7.7.2.	Conservación de las Propiedades Fisicoquímicas del Suelo.....	197
7.7.3.	Riesgo de Degradación del Suelo.....	198
7.7.4.	Manejo de la Biodiversidad	199
7.7.5.	Adaptación al Cambio Climático	199
7.7.6.	Nivel de Asistencia Técnica	200
7.7.7.	Categorización Global de Sostenibilidad Ambiental	201
7.8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES CUENCA DAGUA (MUNICIPIO RESTREPO).	204
7.8.1.	Conclusiones cuenca Dagua (Restrepo).....	204
7.8.2.	Recomendaciones cuenca Dagua (Restrepo).....	206
8.	LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS PRIORIZADOS DE LA CUENCA CALI - MUNICIPIO CALI.....	207
8.1.	CULTIVOS Y PREDIOS PRIORIZADOS CUENCA CALI - MUNICIPIO CALI	207
8.2.	LÍNEA BASE SOBRE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE LA CUENCA CALI - MUNICIPIO CALI	211
8.2.1.	Tipo de labranza	211

8.2.2.	Preparación del terreno para la siembra	212
8.2.3.	Manejo de arvenses.....	214
8.2.4.	Sistema de riego.....	216
8.2.5.	Manejo de Plagas y Enfermedades	217
8.2.6.	Fertilización	217
8.2.7.	Cosecha	219
8.2.8.	Acompañamiento técnico y aseguramiento de la calidad en las labores	219
8.2.9.	Resumen de prácticas agronómicas asociadas al manejo del cultivo	220
8.3.	CAMPAÑAS DE MUESTREO DE SUELOS Y AGUAS CUENCA CALI MUNICIPIO CALI 224	
8.4.	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN LA CUENCA CALI – MUNICIPIO CALI.....	227
8.4.1.	Potencial de Hidrógeno (pH).....	229
8.4.2.	Conductividad Eléctrica (CE)	230
8.4.3.	Materia Orgánica (MO) y Carbono Orgánico (CO)	230
8.4.4.	Bases Intercambiables del Suelo (Ca, Mg, K y Na).....	232
8.4.5.	Relaciones Entre Bases Intecambiables del Suelo	236
8.4.6.	Elementos Menores y Fósforo (P).....	238
8.4.7.	Propiedades Físicas del Suelo.....	242
8.5.	RIESGOS SOBRE LA SALUD DEL SUELO EN LA CUENCA CALI – CALI.....	245
8.5.1.	Riesgos sobre la Salud del Suelo: Cuenca Cali (Cali).....	245
8.5.2.	Promoción de la Conservación y Restauración de la Salud del Suelo en la Cuenca Cali – Municipio Cali	245
8.6.	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA PARA RIEGO EN LA CUENCA CALI.....	246
8.6.1.	Restricciones de uso del agua para riego: Salinidad.....	246
8.6.2.	Restricciones de uso del agua para riego: Permeabilidad (efecto sobre la infiltración)	247
8.6.3.	Restricciones de uso del agua para riego: Cationes	248
8.6.4.	Restricciones de uso del agua para riego: Aniones	248
8.6.5.	Restricciones de uso del agua para riego: pH, elementos menores y dureza	249
8.7.	ANÁLISIS SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DEL SUELO CUENCA CALI (MUNICIPIO CALI) 250	
8.7.1.	Conservación de las Propiedades Biológicas del Suelo.....	250
8.7.2.	Conservación de las Propiedades Fisicoquímicas del Suelo.....	251

8.7.3.	Riesgo de Degradación del Suelo.....	252
8.7.4.	Manejo de la Biodiversidad.....	253
8.7.5.	Adaptación al Cambio Climático.....	254
8.7.6.	Nivel de Asistencia Técnica.....	255
8.7.7.	Categorización Global de Sostenibilidad Ambiental.....	256
8.8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES CUENCA CALI (MUNICIPIO CALI).....	259
8.8.1.	Conclusiones cuenca Cali (Cali).....	259
8.8.2.	Recomendaciones cuenca Cali (Cali).....	260
9.	ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO Y AGUA EN LAS TRES CUENCAS EVALUADAS.....	261
9.1.	ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN LAS TRES CUENCAS EVALUADAS.....	261
9.1.1.	Correlación Entre Variables.....	261
9.1.2.	Segmentación de los Datos - Generación de Clusters con Muestras de Características Similares.....	264
9.2.	ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA PARA RIEGO EN LAS TRES CUENCAS.....	268
9.2.1.	Correlación entre variables.....	268
9.2.2.	Segmentación de los Datos - Generación de Clusters con Muestras de Características Similares.....	271
10.	SOCIALIZACIONES DEL PROCESO.....	273
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	279
11.1.	CONCLUSIONES GENERALES.....	279
11.2.	RECOMENDACIONES GENERALES.....	280
	BIBLIOGRAFÍA.....	281
	ANEXOS.....	284

Lista de Tablas

Tabla 1. Descripción de las etapas para la obtención de una línea base. Fuente: (Medianero, 2011).	27
Tabla 2. Información de cultivos sembrados en el municipio de La Unión durante el 2018. Fuente: (UMATA-La Unión, 2018).	38
Tabla 3. Erosión del suelo en la cuenca RUT. Fuente: (CVC, 2010).	39
Tabla 4. Niveles de LAA en áreas (ha) con diferentes rangos de saturación de magnesio. Fuente: (López, 2016).	40
Tabla 5. Información de cultivos sembrados en el municipio de Restrepo durante el 2018. Fuente: (UMATA-Restrepo, 2018).	44
Tabla 6. Grado de erosión del suelo en la cuenca Dagua. Fuente: (CVC, 2008).	45
Tabla 7. Coberturas cuenca Cali. Fuente: (CVC, 2021).	48
Tabla 8. Cultivos sembrados en el municipio de Cali durante el 2018. Fuente: (UMATA-Cali, 2018).	50
Tabla 9. Erosión del suelo en la cuenca Cali. Fuente: (CVC, 2008).	51
Tabla 10. Propiedades fisicoquímicas evaluadas.	66
Tabla 11. Indicadores y subindicadores de sostenibilidad ambiental de las prácticas agrícolas sobre el suelo.	69
Tabla 12. Escala de calificación por cada subindicador.	70
Tabla 13. Escala de categorización y código de colores de la aplicación del indicador de sostenibilidad ambiental.	71
Tabla 14. Análisis factores condicionantes para la priorización de cultivos y predios en la cuenca RUT (La Unión).	72
Tabla 15. Área sembrada por cultivos en la cuenca RUT (La Unión). Fuente: (UMATA, 2020).	74
Tabla 16. Cultivos y predios priorizados en la cuenca RUT (La Unión).	75
Tabla 17. Tipo de labranza en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión	80
Tabla 18. Sistema de siembra en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión.	80
Tabla 19. Tipo de manejo de arvenses en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión	84
Tabla 20. Sistema de riego en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión	86
Tabla 21. Ingredientes activos de los fungicidas utilizados en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión.	90
Tabla 22. Ingredientes activos de los insecticidas utilizados en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión.	90
Tabla 23. Frecuencia de aplicación de plaguicidas en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión	91
Tabla 24. Frecuencia de aplicación de plaguicidas en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión	94
Tabla 25. Certificación de BPA en cultivos de la Cuenca Rut Municipio la Unión	97
Tabla 26. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de maíz, cuenca RUT (La Unión).	98
Tabla 27. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de yuca, cuenca RUT (La Unión).	99
Tabla 28. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Lima Tahití, cuenca RUT (La Unión).	100
Tabla 29. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de la Vid (uva de mesa), cuenca RUT (La Unión).	101

Tabla 30. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Guayaba, cuenca RUT (La Unión).	102
Tabla 31. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Ají, cuenca RUT (La Unión).	103
Tabla 32. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Papaya, cuenca RUT (La Unión).	104
Tabla 33. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Café, cuenca RUT (La Unión).	105
Tabla 34. Sitios de muestreo de suelos de suelo y agua en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión.	106
Tabla 35. Sitios de muestreo de aguas durante la temporada de bajas precipitaciones. Cuenca RUT Municipio la Unión.	106
Tabla 36. pH, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).	110
Tabla 37. CE, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).	111
Tabla 38. MO, CO, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).	112
Tabla 39. Ca, Mg, K, Na, CICE, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).	114
Tabla 40. Relaciones entre bases intercambiables, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).	118
Tabla 41. Contenidos de elementos menores, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).	121
Tabla 42. Propiedades físicas del suelo, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).	125
Tabla 43. Restricciones de uso del agua para riego por predio cuenca RUT: Salinidad.	132
Tabla 44. Restricciones de uso del agua para riego cuenca RUT: Permeabilidad.	133
Tabla 45. Restricciones de uso del agua para riego cuenca RUT: Cationes.	134
Tabla 46. Restricciones de uso del agua para riego cuenca RUT: Aniones.	134
Tabla 47. Restricciones de uso del agua para riego cuenca RUT: pH, elementos menores y dureza.	135
Tabla 48. Indicador A, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).	136
Tabla 49. Indicador B, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).	137
Tabla 50. Indicador C, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).	138
Tabla 51. Indicador D, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).	139
Tabla 52. Indicador E, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).	140
Tabla 53. Indicador F, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).	140
Tabla 54. Indicador General, indicadores, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).	141
Tabla 55. Análisis de los factores condicionantes para la priorización de cultivos y predios en la cuenca Dagua (Restrepo).	147

Tabla 56. Distribución de las áreas sembradas por cultivo en la cuenca Dagua (Restrepo). Fuente: (UMATA, 2020).	148
Tabla 57. Cultivos y predios priorizados en la cuenca Dagua (Restrepo).	149
Tabla 58. Tipo de labranza realizada en cada predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).	152
Tabla 59. Tipo de sistema de siembra implementado en cada predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).	154
Tabla 60. Tipo de manejo de arvenses en cada predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).	156
Tabla 61. Tipo de sistema de riego utilizado en cada predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).	158
Tabla 62. Ingredientes activos de fungicidas y bactericidas utilizados en la cuenca Dagua (Restrepo).	159
Tabla 63. Ingredientes activos de insecticidas, acaricidas y nematocidas utilizados en la cuenca Dagua (Restrepo).	159
Tabla 64. Forma de fertilización edáfica y foliar en cada predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).	161
Tabla 65. Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas por predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).	163
Tabla 66. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de plátano, cuenca Dagua (Restrepo).	164
Tabla 67. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de piña MD-2, cuenca Dagua (Restrepo).	165
Tabla 68. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Café asociado, cuenca Dagua (Restrepo).	166
Tabla 69. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Lulo, cuenca Dagua (Restrepo).	167
Tabla 70. Resumen de prácticas agronómicas cultivo Caña Panelera, cuenca Dagua (Restrepo).	168
Tabla 71. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Tomate, Pimentón y Ají en casa de malla, cuenca Dagua (Restrepo).	169
Tabla 72. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Hortalizas y Maíz, cuenca Dagua (Restrepo).	170
Tabla 73. Codificación muestras de suelo y agua tomadas en la cuenca Dagua (Restrepo).	171
Tabla 74. Sitios de muestreo de aguas durante la temporada de bajas precipitaciones. Cuenca Dagua (Restrepo).	171
Tabla 75. pH, CE, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).	176
Tabla 76. MO, CO, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).	178
Tabla 77. Bases intercambiables del suelo, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).	179
Tabla 78. Relaciones entre bases intercambiables, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).	182
Tabla 79. Elementos menores, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).	185

Tabla 80. Propiedades físicas del suelo, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).....	189
Tabla 81. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Dagua: Salinidad.....	193
Tabla 82. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Dagua: Permeabilidad.....	194
Tabla 83. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Dagua: Cationes.....	194
Tabla 84. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Dagua: Aniones.....	195
Tabla 85. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Dagua: pH, elementos menores y dureza.....	195
Tabla 86. Indicador A, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).....	196
Tabla 87. Indicador B, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).....	197
Tabla 88. Indicador C, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).....	198
Tabla 89. Indicador D, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).....	199
Tabla 90. Indicador E, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).....	200
Tabla 91. Indicador F, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).....	201
Tabla 92. Indicador General, indicadores, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).....	201
Tabla 93. Análisis de los factores condicionantes para la priorización de cultivos y predios en la cuenca Cali (Cali).....	207
Tabla 94. Distribución de las áreas sembradas por cultivo en la cuenca Cali (Cali).....	208
Tabla 95. Cultivos y predios seleccionados como estudios de caso en la cuenca Cali (Cali).....	210
Tabla 96. Tipo de labranza realizada en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	212
Tabla 97. Tipo de sistema de siembra implementado en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	214
Tabla 98. Forma de manejo de las arvenses en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	215
Tabla 99. Ingredientes activos de los herbicidas utilizados en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	216
Tabla 100. Tipo de sistema de riego usado en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	216
Tabla 101. Forma de fertilización edáfica y foliar en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	218
Tabla 102. Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	220
Tabla 103. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Café, cuenca Cali (Cali).....	220
Tabla 104. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Hortalizas, cuenca Cali (Cali).....	221
Tabla 105. Resumen de prácticas agronómicas Policultivos y Cultivos Asociados, cuenca Cali (Cali).....	222
Tabla 106. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Maracuyá, cuenca Cali (Cali).....	223
Tabla 107. Codificación muestras de suelo y agua tomadas en la cuenca Cali (Cali).....	224

Tabla 108. Sitios de muestreo de aguas durante la temporada de bajas precipitaciones. Cuenca Dagua (Restrepo).	224
Tabla 109. pH, CE, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	229
Tabla 110. MO, CO, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	231
Tabla 111. Bases intercambiables, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	233
Tabla 112. Relaciones entre bases intercambiables, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).	236
Tabla 113. Elementos menores, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	239
Tabla 114. Propiedades físicas del suelo, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).....	242
Tabla 115. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Cali: Salinidad.	246
Tabla 116. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Cali: Permeabilidad.	247
Tabla 117. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Cali: Cationes.	248
Tabla 118. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Cali: Aniones.	249
Tabla 119. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Cali: pH, elementos menores y dureza.....	249
Tabla 120. Indicador A, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).	250
Tabla 121. Indicador B, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).	251
Tabla 122. Indicador C, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).	252
Tabla 123. Indicador D, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).	253
Tabla 124. Indicador E, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).	254
Tabla 125. Indicador F, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).	255
Tabla 126. Indicador General, indicadores, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).....	256
Tabla 127. Matriz de correlaciones entre las variables fisicoquímicas del suelo.	262
Tabla 128. Contribución de cada variable a la varianza explicada por los cuatro primeros CP (Dim).....	264
Tabla 129. Información general de los predios en cada cluster.	265
Tabla 130. Información promedio de las propiedades fisicoquímicas por cluster.	268
Tabla 131. Matriz de correlaciones entre las variables fisicoquímicas de agua.....	269
Tabla 132. Contribución por variable a las tres primeras CP (Dim).....	271
Tabla 133. Datos generales de las muestras en el cluster 2.	272
Tabla 134. Información general de las muestras agrupadas en cada cluster.....	273
Tabla 135. Información general sobre las socializaciones realizadas.	274

Tabla 136. Socialización Actividad 008: “Levantamiento de línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo”. Cuenca Cali (Cali).	274
Tabla 137. Socialización Actividad 008: “Levantamiento de línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo”. Cuenca RUT (La Unión) y Dagua (Restrepo).	275
Tabla 138. Coberturas del suelo cuenca RUT (municipio La Unión).	284
Tabla 139. Coberturas del suelo cuenca Dagua (municipio Restrepo).	285
Tabla 140. Coberturas del suelo cuenca Cali (municipio Cali).	287

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa conceptual de las etapas para la obtención de una línea base.	27
Figura 2. Ordenes de suelo en la cuenca RUT	36
Figura 3. Cobertura del suelo de la cuenca RUT. Fuente: Geodatabase CVC.	37
Figura 4. Área en hectáreas de cultivos sembrados en el municipio de La Unión durante el 2018. Fuente: (UMATA-La Unión, 2018).	39
Figura 5. Área en hectáreas de cultivos cosechados en el municipio de La Unión durante el 2018. Fuente: (UMATA-La Unión, 2018).	39
Figura 6. Cuenca Dagua, casco urbano de Restrepo y ordenes de suelo.	42
Figura 7. Cuenca Dagua, casco urbano de Restrepo cobertura del suelo.	43
Figura 8. Área en hectáreas de cultivos sembrados en el municipio de Restrepo durante el 2018. Fuente: (UMATA-Restrepo, 2018).	45
Figura 9. Área en hectáreas de cultivos sembrados en el municipio de Restrepo durante el 2018. (Áreas menores a 120 ha). Fuente: (UMATA-Restrepo, 2018).	45
Figura 10. Cuenca Cali, ordenes de suelo y casco urbano municipio Cali.	47
Figura 11. Cuenca Cali, casco urbano de Cali y cobertura del suelo.	49
Figura 12. Área en hectáreas de cultivos sembrados en el municipio de Cali durante el 2018. Fuente: (UMATA-Cali, 2018).	50
Figura 13. Área de cultivos sembrados en el municipio de Cali durante el 2018. Fuente: (UMATA-Cali, 2018).	51
Figura 14. Área de estudio, cuencas RUT (municipio La Unión), Dagua (municipio Restrepo) y Cali (municipio Cali).	52
Figura 15. Ordenes de suelo en la cuenca RUT (municipio La Unión). Fuente: Geodatabase CVC (2021).	54
Figura 16. Cobertura del suelo de la cuenca RUT. Fuente: Geodatabase CVC (2021). Tabla en Anexo 1.	55
Figura 17. Ordenes de suelo cuenca Dagua (municipio Restrepo).	56
Figura 18. Cobertura del suelo cuenca Dagua (municipio Restrepo). Fuente: Geodatabase CVC (2021). Tabla en Anexo 2.	58
Figura 19. Ordenes de suelo cuenca Cali (municipio Cali). Fuente: Geodatabase CVC (2021).	59
Figura 20. Coberturas suelo cuenca Cali (municipio Cali). Tabla en Anexo 3.	60
Figura 21. Factores condicionantes en la priorización de cultivos y predios.	62
Figura 22. Mapa conceptual levantamiento de línea base prácticas, técnicas y tecnologías asociadas al uso y manejo del suelo.	63
Figura 23. Sondeo con barreno realizado en la cuenca Cali.	65
Figura 24. Muestreo de suelos: A) muestreo de suelo disturbado; B) muestreo de suelo sin disturbar.	65
Figura 25. Mapa conceptual análisis de sostenibilidad agrícola de las prácticas de manejo y uso del suelo.	68
Figura 26. Distribución porcentual de cultivos agrícolas en la cuenca RUT (La Unión).	74
Figura 27. Enfoque del análisis para la elaboración de la línea base.	77
Figura 28. Tractor con subsolador en cultivo de maíz en la cuenca RUT (La Unión).	78

Figura 29. Tractor con rastras de disco realizando labranza para construcción de camas en la cuenca RUT (La Unión).	79
Figura 30. Sembradora y lote de maíz en el que se utilizó este implemento para realizar la siembra, cuenca RUT (La Unión).	81
Figura 31. Cultivo de café en asocio con frutales sembrado mediante ahoyado en la zona de ladera de la cuenca RUT (La Unión).	81
Figura 32. Siembra de hortalizas en camas con acolchado plástico en la cuenca RUT (La Unión).	82
Figura 33. Instalación sistema de riego localizado de alta frecuencia sobre camas de siembra, cuenca RUT (La Unión).	82
Figura 34. Proceso de instalación acolchado plástico en cultivo de hortalizas, cuenca RUT (La Unión).	83
Figura 35. Cultivo de papaya con implementación de acolchado plástico en la cuenca RUT (La Unión).	85
Figura 36. Ingredientes activos de los herbicidas para el manejo de arvenses en la cuenca RUT (La Unión).	86
Figura 37. Sistema de aplicación de plaguicidas y herbicidas en agricultura tecnificada, cuenca RUT (La Unión).	88
Figura 38. Sistema de aplicación de fertilizantes con bomba estacionaria y mangueras, cuenca RUT (La Unión).	88
Figura 39. Sistema de fertilización con abonadoras en agricultura tecnificada, cuenca RUT (La Unión).	92
Figura 40. Preparación de fertilizantes para aplicación con estacionaria o bomba de espalda en la zona de ladera, cuenca RUT (La Unión).	93
Figura 41. Labores de cosecha cultivo de Vid, cuenca RUT (La Unión).	95
Figura 42. Labores de cosecha cultivo de Yuca, cuenca RUT (La Unión).	95
Figura 43. Labores de cosecha cultivo de Maíz, cuenca RUT (La Unión).	96
Figura 44. Zonas de muestreo identificadas en la cuenca RUT (municipio La Unión). Fuente: Elaboración equipo técnico del proyecto. Anexo 5.	108
Figura 45. Potencial de Hidrogeno (pH), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	110
Figura 46. Conductividad Eléctrica (CE), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	111
Figura 47. Materia Orgánica (MO), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	112
Figura 48. Carbono Orgánico (CO), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	113
Figura 49. Contenidos de Calcio (Ca), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	114
Figura 50. Contenidos de Magnesio (Mg), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	115
Figura 51. Contenidos de Potasio (K), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	115
Figura 52. Contenidos de Sodio (Na), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	116
Figura 53. Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	117
Figura 54. Relación Ca/Mg en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	118
Figura 55. Relación Ca/K en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	119
Figura 56. Relación Mg/K en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	119
Figura 57. Relación Ca+Mg/K en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	120
Figura 58. Contenidos de Boro (B), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	121

Figura 59. Contenidos de Hierro (Fe), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	122
Figura 60. Contenidos de Cobre (Cu), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).....	122
Figura 61. Contenidos de Manganeso (Mn), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	123
Figura 62. Contenidos de Zinc (Zn), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	123
Figura 63. Contenidos de Fosforo (P), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).....	124
Figura 64. Densidad Aparente (Da), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	125
Figura 65. Lamina de Agua Aprovechable (AA), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	126
Figura 66. Conductividad Hidráulica-K (CH), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	126
Figura 67. Diámetro Medio Ponderado (DMP), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).	127
Figura 68. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: La Colonia, Sinaí y Rentería.	142
Figura 69. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: Villa Carol, Lusitania y El Jigal.	143
Figura 70. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: La Rivera, San Juanito, Villa María y Terra Nova.	143
Figura 71. Distribución porcentual de cultivos agrícolas en la cuenca Dagua (Restrepo).	149
Figura 72. Cultivos de piña en zona de ladera con labranza convencional mecanizada, cuenca Dagua (Restrepo).	151
Figura 73. Camas construidas en casas de malla para la siembra de Tomate, cuenca Dagua (Restrepo).	153
Figura 74. Uso de acolchado plástico en cultivo de Piña, cuenca Dagua (Restrepo).....	153
Figura 75. Casa de mallas implementadas para cultivo de Tomate, cuenca Dagua (Restrepo).	154
Figura 76. Contraste de manejo de arvenses en Lulo (se permiten) y Maíz (uso de herbicidas), cuenca Dagua (Restrepo).	155
Figura 77. Manejo de arvenses con guadaña, cuenca Dagua (Restrepo).	155
Figura 78. Ingredientes activos de herbicidas utilizados, cuenca Dagua (Restrepo).	156
Figura 79. Sistema de riego por goteo de doble línea en Tomate, cuenca Dagua (Restrepo).	157
Figura 80. Sistema de riego por goteo en cultivo de Hortalizas y Maíz, cuenca Dagua (Restrepo).	157
Figura 81. Sistema de fertilización con bomba estacionaria y mangueras cultivo de Tomate, cuenca Dagua (Restrepo).	160
Figura 82. Gallinaza lista para ser llevada al lote del cultivo, cuenca Dagua (Restrepo).	161
Figura 83. Cosecha manual en Aguacate y Maíz dulce en zona de ladera, cuenca Dagua (Restrepo).	162
Figura 84. Lote en zona de ladera luego de la cosecha de Caña Panelera, cuenca Dagua (Restrepo).	162
Figura 85. Zonas de muestreo identificadas en la cuenca Dagua (municipio Restrepo). Fuente: Elaboración equipo técnico del proyecto. Anexo 6.	173

Figura 86. Potencial de Hidrogeno (pH), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	176
Figura 87. Conductividad Eléctrica (CE), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	177
Figura 88. Materia Orgánica (MO), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	177
Figura 89. Carbono Orgánico (CO), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	178
Figura 90. Contenido de Calcio (Ca), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	179
Figura 91. Contenido de Magnesio (Mg), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	180
Figura 92. Contenido de Potasio (K), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	180
Figura 93. Contenido de Sodio (Na), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	181
Figura 94. Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	181
Figura 95. Relación Ca/Mg en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	182
Figura 96. Relación Ca/K en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	183
Figura 97. Relación Mg/K en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	183
Figura 98. Relación Ca+Mg/K en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	184
Figura 99. Contenidos de Boro (B), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	185
Figura 100. Contenidos de Hierro (Fe), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	186
Figura 101. Contenidos de Cobre (Cu), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	186
Figura 102. Contenidos de Manganeso (Mn), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	187
Figura 103. Contenidos de Zinc (Zn), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	187
Figura 104. Contenidos de Fosforo (P), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	188
Figura 105. Densidad Aparente (Da), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	189
Figura 106. Lamina de Agua Aprovechable (AA), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	190
Figura 107. Conductividad Hidráulica-K (CH), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	190
Figura 108. Diámetro Medio Ponderado (DMP), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).	191
Figura 109. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: Villa Luz, Miraflores y Juliandrea.	203
Figura 110. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: Primavera, La Antonia y Samarcanda.	203
Figura 111. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: El Placer, El Descanso, El Porvenir y La Caja.	204
Figura 112. Distribución porcentual de cultivos agrícolas en la cuenca Cali (Cali).	209
Figura 113. Labranza mínima en zona de ladera, cuenca Cali (Cali).	211
Figura 114. Labranza convencional mecanizada cultivo de maracuyá y motocultor, cuenca Cali (Cali).	212

Figura 115. Cultivo de café asociado con frutales, sembrado mediante ahoyado, cuenca Cali (Cali).....	213
Figura 116. Cultivo de Maracuyá sembrado en camas, cuenca Cali (Cali).....	213
Figura 117. Manejo de arvenses en la zona de ladera cultivo de aromáticas, cuenca Cali (Cali).	215
Figura 118. Sistemas en policultivo o cultivo asociado en torno a bosques naturales en los que se realizan bajas aplicaciones de plaguicidas, cuenca Cali (Cali).	217
Figura 119. Foto de referencia sobre el uso de bombas estacionarias para fertilización con maguera en el lote	218
Figura 120. Zonas de muestreo identificadas en la cuenca Cali (municipio Cali). Fuente: Elaboración equipo técnico del proyecto. Anexo 7.....	226
Figura 121. Potencial de Hidrogeno (pH) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).....	229
Figura 122. Conductividad Eléctrica (CE) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	230
Figura 123. Materia Orgánica (MO) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	231
Figura 124. Carbono Orgánico (CO) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).....	232
Figura 125. Contenido de Calcio (Ca) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	232
Figura 126. Contenido de Magnesio (Mg) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).....	233
Figura 127. Contenido de Potasio (K) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).....	234
Figura 128. Contenido de Sodio (Na) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	235
Figura 129. Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).....	235
Figura 130. Relación Ca/Mg en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	236
Figura 131. Relación Ca/K en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).....	237
Figura 132. Relación Mg/K en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	237
Figura 133. Relación Ca+Mg/K en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).....	238
Figura 134. Contenido de Boro (B), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	238
Figura 135. Contenido de Hierro (Fe), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	239
Figura 136. Contenido de Cobre (Cu), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).....	240
Figura 137. Contenido de Manganeso (Mn), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali)....	240
Figura 138. Contenido de Zinc (Zn), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	241
Figura 139. Contenido de Fósforo (P), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).....	241
Figura 140. Densidad Aparente (Da), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	242
Figura 141. Lámina de Agua Aprovechable (AA), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	243
Figura 142. Conductividad Hidráulica-K (CH), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali). .	244
Figura 143. Diámetro Medio Ponderado (DMP), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).	244
Figura 144. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: El Caney, Villa Nueva y La Palma.	257
Figura 145. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: La Cañada, La Esperanza y Los Yarumos.	258
Figura 146. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: San Joaquín, Reino de Ramanha, Las Nubes y Los Guamos.....	258
Figura 147. Circulo de correlaciones entre las variables fisicoquímicas en los dos primeros CP.	263

Figura 148. Porcentaje de varianza explicada por los diez primeros CP.	263
Figura 149. Número de clusters sugeridos por el método de la silueta.....	265
Figura 150. Clusters generados por el método K-means para segmentar la información fisicoquímica.	267
Figura 151. Circulo de correlaciones entre las variables fisicoquímicas de las muestras de agua.....	270
Figura 152. Porcentaje de varianza explicada por los diez primeros componentes principales.	270
Figura 153. Número de clusters sugerido por el método de la silueta.	271
Figura 154. Clusters generados por el método K-means e individuos que lo componen.	272
Figura 155. Invitación socialización cuenca RUT (La Unión)	276
Figura 156. Invitación socialización cuenca Dagua (Restrepo).....	276
Figura 157. Invitación socialización cuenca Cali (Cali).	277
Figura 158. Registro fotográfico socialización de resultados. Cuenca RUT (La Unión).	277
Figura 159. Registro fotográfico socialización de resultados. Cuenca Dagua (Restrepo).	278
Figura 160. Registro fotográfico socialización de resultados. Cuenca Cali (Cali).....	278

RESUMEN

El siguiente documento presenta el informe final del Proyecto 1001 Resultado 1 Actividad 008: “Levantamiento de línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo”, en las cuencas RUT (municipio La Unión), Dagua (municipio Restrepo), Cali (municipio Cali). Se presentan los criterios utilizados para la selección y priorización de cultivos y predios, la metodología para el muestreo de suelos y aguas, así como, para obtener información primaria sobre las prácticas, técnicas y tecnologías implementadas en cada predio seleccionado como estudio de caso. De igual forma se incluye el análisis de las propiedades físicas y químicas de las muestras de suelo, los análisis químicos del agua y el análisis de la información de encuestas y entrevistas, información que permitió evaluar la sostenibilidad del suelo y su grado de afectación.

En general se destaca que las cuencas/municipios difieren en sus características agroambientales, como son: ordenes de suelo, pendientes, tipos de cultivo y cultivo. Adicionalmente, las prácticas realizadas tanto por agricultores tradicionales, semitecnificados y tecnificados, a largo plazo podrían contribuir a la degradación de la calidad y salud del suelo, si no se hace un adecuado proceso de capacitación y acompañamiento técnico en campo.

Es necesario continuar con el seguimiento, evaluación y monitoreo periódico de los diferentes procesos de degradación: erosión, acidificación y pérdida de bases, compactación, contaminación, salinización, entre otras, con el fin de identificar la evolución del suelo y así mismo diseñar, desarrollar e implementar estrategias que permitan recuperar y conservar la calidad y salud del suelo, siempre desde el punto de vista que son suelos productivos por lo que se requiere establecer y evaluar prácticas de producción más sostenibles enfocadas para las condiciones de cada tipo de suelo, que incluso abarquen la segmentación de suelos por tipos de cultivos y prácticas que se pueden desarrollar.

1. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene el informe final del Proyecto 1001 Resultado 1-Actividad 008: **“Levantamiento de línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo”**, en el marco del Convenio 102 de 2021 celebrado entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

El desarrollo del proyecto tiene como objetivo el levantamiento de la línea de base de diferentes prácticas agronómicas de los principales cultivos agrícolas en tres municipios priorizados del Valle del Cauca, para la vigencia 2021. Estos municipios hacen parte de las siguientes cuencas hidrográficas: Cali municipio Cali, Dagua municipio Restrepo y RUT municipio La Unión. Para el desarrollo del proyecto se realizó el análisis de la información disponible en estudios relacionados con el recurso suelo y agua de las cuencas hidrográficas, como insumo base para identificar el manejo agronómico (suelos y aguas) de los cultivos más representativos. De igual forma se adelantaron campañas de monitoreo y seguimiento de las propiedades fisicoquímicas de los cultivos agrícolas priorizados.

El área de estudio donde se seleccionaron los predios corresponde a cultivos localizados en la delimitación cartográfica existente, entre el límite geográfico del área de la cuenca de interés, con la división político-administrativa de cada municipio asignado. Este procedimiento se realizó para las 3 cuencas incluidas en esta vigencia. En el documento solo se mencionará la cuenca, pero se entiende que corresponde al área delimitada por la CVC en los estudios previos, es decir, no se consideró el área total de la cuenca.

El avance en el desarrollo de este proyecto incluyó la revisión de información disponible en el *“Estudio semidetallado de suelos del Valle del Cauca CVC – IGAC”* y la cartografía disponible de las cuencas de estudio en la CVC. Se incluye la revisión y análisis de las propiedades fisicoquímicas de los suelos de zona plana y de ladera del Valle del Cauca, además de las problemáticas relacionadas con las prácticas agrícolas implementadas como: erosión, cárcavas, deterioro progresivo del suelo y excesos de Al, Fe, Mn, entre otras.

En el periodo octubre – diciembre se realizaron campañas de muestreo de suelos y aguas, en cultivos priorizados que incluyeron: i) Cuenca de RUT–La Unión: maíz tecnificado, uva, ají, yuca, guayaba, limón Tahití y papaya; ii) Cuenca Dagua-Restrepo: piña, plátano, aguacate, lulo y cultivos asociados; ii) y Cuenca Cali-Cali: aromáticas, hortalizas, café y maracuyá. También se desarrolló un instrumento de encuesta para prácticas, técnicas y tecnologías, que se validó durante este periodo con expertos y algunos agricultores del sector agrícola en las cuencas del estudio. Finalmente, se adelantaron gestiones en cada municipio para la socialización del proyecto ante las

UMATAS, empresas y asociaciones de agricultores; actores clave para la definición y selección de los cultivos priorizados en este proyecto.

Se logró establecer que el 47% de los cultivos incluidos en este estudio, para las tres cuencas, manejan agroecosistemas tipo monocultivo, seguidos de predios con policultivo con un 30% del total (en su mayoría ubicados en la cuenca Cali), por último, se encuentran los cultivos asociados que representan el 23% de los cultivos seleccionados. En el 43% de los predios, los agricultores practican una agricultura tradicional, con bajo acceso a tecnologías que impacten positivamente la producción; mientras que solo el 30% realiza una agricultura tecnificada (en su gran mayoría ubicados en la cuenca RUT o Dagua). También, se estableció que el 50% de los predios muestreados en el levantamiento de la línea base se encuentran en zona de ladera y el 37% en zona plana, el porcentaje restante en zonas escarpadas. Con relación al orden de los suelos, el 30% de los cultivos priorizados se encuentran en suelos del orden inceptisol, 27% andisol, 23% vertisol, 10% alfisol y 10% entisol.

2. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES

Las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca cuentan con áreas y ecosistemas con intervención antrópica, denominadas agroecosistemas, donde se desarrollan actividades agropecuarias, que hacen parte fundamental de la economía de las comunidades que las habitan. En este sentido, es de vital importancia implementar prácticas de conservación, que permitan conservar la capacidad de estos agroecosistemas de proveer servicios de abastecimiento (producción de alimentos). Por lo anterior, cada día es más importante conciliar el rendimiento y rentabilidad de la producción agrícola, con el manejo y conservación de los recursos naturales, entre los que se destaca el suelo por ser de vital importancia tanto agrícola como ecológica.

Actualmente, el manejo de los cultivos para las cuencas priorizadas, en general se basa en la obtención de la máxima rentabilidad del sistema productivo, por lo que es habitual encontrar experiencias exitosas de agricultores, que empíricamente han desarrollado estrategias para obtener el máximo rendimiento en sus predios y que luego se extienden por la región (ensayo-error). Sin embargo, estas experiencias están poco documentadas en lo relacionado con el efecto que las prácticas, técnicas y tecnologías de cultivo tienen sobre el ambiente, y específicamente, sobre la calidad y salud del suelo. La información disponible sobre el efecto de las prácticas agropecuarias sobre el suelo, reportan problemáticas relacionadas con la degradación del suelo, específicamente con procesos erosivos en la Cuenca Dagua-Restrepo, y suelos con problemas de salinización y exceso de magnesio en la Cuenca RUT-La Unión.

Por lo anterior, es de gran relevancia e importancia, adelantar campañas de monitoreo que permitan establecer el estado actual de los suelos y aguas en los predios priorizados, que incluyan características fácilmente medibles e interpretables. Adicionalmente, documentar las prácticas agronómicas que se implementan en los cultivos más representativos de cada cuenca. Para obtener esta información fue necesario realizar un “Estudio de Línea Base –ELB”, que incluye el conocimiento de las prácticas, técnicas y tecnologías en cultivos de interés, junto con el estudio del estado actual de las propiedades fisicoquímicas de suelos y aguas, lo que permitirá determinar la influencia y presión que tienen diferentes prácticas agronómicas en la degradación de la calidad y salud del suelo. El ELB permitirá soportar intervenciones y programas futuros que se enfoquen en investigación, conservación, recuperación y transferencia de tecnología, para el manejo ecológico de suelos de uso agrícola, convirtiéndolo en una herramienta para la gestión y protección del suelo.

3. MARCO REFERENCIAL

Para entender el alcance del ELB en este proyecto, se cita la definición de (Medianero, 2011), que establece que: *“Un estudio de línea de base es una investigación aplicada, realizada con la finalidad de describir la situación inicial de la población objetivo de un proyecto, así como del contexto pertinente, a los efectos de que esta información pueda compararse con mediciones posteriores y de esta manera evaluar objetivamente la magnitud de los cambios logrados en virtud de la implementación de un proyecto”*. En este estudio se definen las etapas necesarias para obtener una línea de base, que abarca desde la determinación del área de estudio hasta la redacción del informe final. Esta serie de pasos se puede resumir en tres procesos: a) determinación del marco muestral, b) especificación de las variables de estudio y c) generación, almacenamiento y análisis de los datos.

Debido al alcance y características del proyecto, se definió que el marco muestral es no probabilístico, dirigido a tres zonas priorizadas a nivel de cuenca en el Valle del Cauca. En cada una de estas cuencas se seleccionó por parte de la CVC un municipio, donde se priorizaron 10 predios con cultivos representativos de la zona, donde se desarrolló el levantamiento de información de actividades agronómicas (prácticas, técnicas y tecnologías), los muestreos de suelos (tres repeticiones por predio) y la caracterización del agua utilizada para el riego.

En la selección de los predios se consideraron factores que pudieran influir en la capacidad agronómica de los suelos, tales como: orden de suelo, ubicación geográfica, cercanía a fuentes hídricas, tipo de cultivo, tipo de tecnología usada y tipo de agricultor. La Figura 1 incluye las etapas que permiten consolidar un ELB. La Tabla 1, presenta una breve descripción de las etapas, esta información se utilizará como guía para la programación y ejecución del levantamiento del ELB en este proyecto.

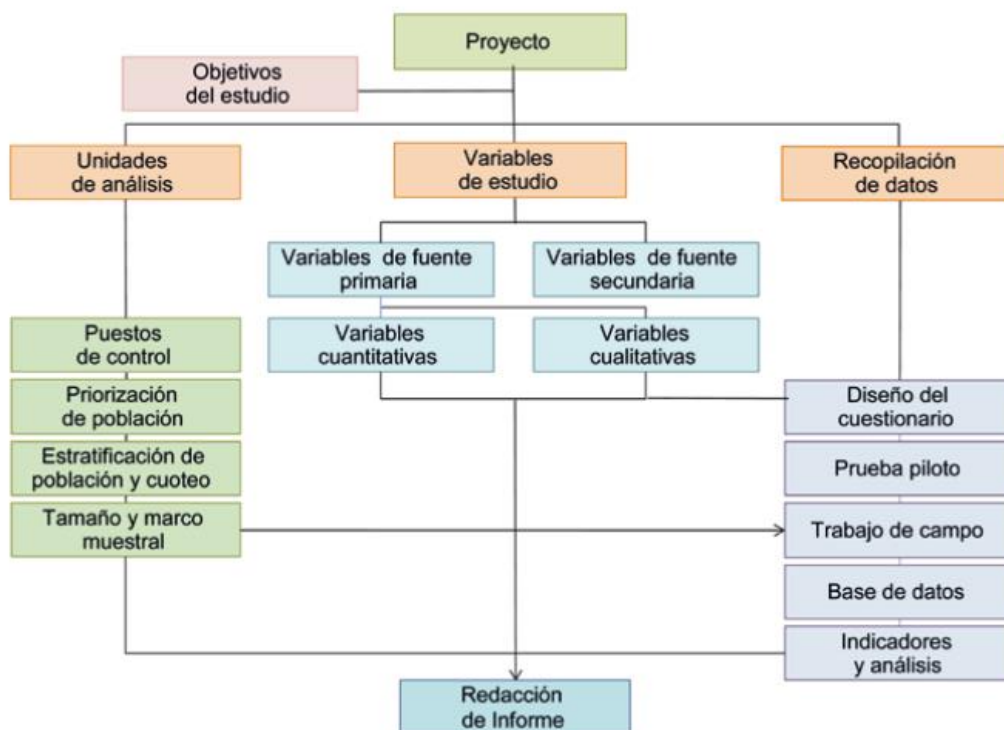


Figura 1. Mapa conceptual de las etapas para la obtención de una línea base.
Fuente: (Medianero, 2011).

Tabla 1. Descripción de las etapas para la obtención de una línea base. Fuente: (Medianero, 2011).

Etapa	Descripción
1. Determinación del ámbito del estudio	Implica precisar si las unidades de análisis son sujetos u objetos, lo cual depende del objetivo de la intervención.
2. Determinación de los objetivos	Por lo general, el objetivo de un ELB ofrece una referencia sólida para mediar cambios que se lograrían gracias a la ejecución del proyecto. Además, los ELB deben mostrar evidencias cualitativas de la situación de la población objetivo al inicio de la intervención.
3. Selección de variables e indicadores	Se debe considerar la capacidad para representar los objetivos o resultados que se desean medir, así como la viabilidad de obtener información de base, primaria o secundaria. Los objetivos deben ser claros, específicos y medibles.
4. Determinación del marco muestral	Existen dos tipos generales de estrategias de muestreo: probabilístico y no probabilístico o dirigido. Cuando una encuesta se realiza sólo a una parte de la población, se trata de un estudio muestral. Para que la información obtenida de una muestra sea válida, ésta debe ser representativa de la población.
5. Diseño del cuestionario	Es el formulario que contiene las preguntas o variables de la investigación y en el que se registran las respuestas de los encuestados. Las preguntas que contiene un cuestionario están determinadas por los objetivos de la investigación que se desea realizar.
6. Prueba piloto del cuestionario	Una vez se ha elaborado el cuestionario conviene hacer una valoración; debe ser sometido a un grupo de personas para una prueba. Lo cual ayudará a detectar defectos de contenido y/o forma. Una vez perfeccionado el cuestionario se podrá dirigir a la

Etapa	Descripción
	muestra que se considere oportuna.
7. Trabajo de campo	Conjunto de actividades realizadas para recopilar datos. Incluye la supervisión de cuestionarios y el control de los errores de la falta de respuesta.
8. Construcción de la base de datos	Supone un tratamiento informático, incluyendo almacenamiento para su posterior tabulación y análisis. Constituye la plataforma sobre la cual se realizan los análisis que permitirán convertir los datos en información relevante para la toma de decisiones.
9. Análisis de datos	En términos generales, es la transformación organizada y relevante de la información, mediante el uso de estadística descriptiva, en lo que se refiere al análisis de una sola variable, y las observaciones de las relaciones entre dos o más variables.
10. Redacción del informa final	Los informes de línea base se deben planificar como parte de una estrategia de difusión, que incluye, además del informe técnico, socializaciones ante diversos públicos y la difusión en los medios de comunicación de los resúmenes ejecutivos.

3.1. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Es importante presentar la definición de los distintos conceptos de gran pertinencia y relevancia utilizados para orientar el desarrollo de la actividad, los cuales permiten realizar un adecuado levantamiento de la línea base y posterior análisis de las técnicas, prácticas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo.

3.1.1. Técnicas, tecnologías y prácticas de producción agrícola asociadas con el uso del suelo

Aunque los términos, técnicas, tecnologías y prácticas se usan en ocasiones indistintamente, especialmente, el concepto de tecnología que se encuentra en permanente evolución. Las definiciones se presentan a continuación:

- **Técnica:** de acuerdo con la Real Academia Española (RAE), es el conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte, o los conocimientos o habilidades que permiten realizar una labor, en este caso, de cultivo.
- **Tecnología:** indica el conjunto de instrumentos, herramientas y procedimientos de cierto sector. Igualmente se puede encontrar la definición: conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico, es decir, puede abarcar la técnica.
- **Prácticas en la producción agrícola:** abarcan desde la adecuación y preparación del terreno, riego, fertilización, manejo fitosanitario, manejo de arvenses, podas en verde y en seco, cosecha, poscosecha. En este sentido, existen

regulaciones, como las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), que se aplican cuando se debe realizar control de calidad para acceder a mercados especializados y/o exportación; independientemente de la técnica o tecnología utilizadas, las BPA tienen tres aspectos de obligatorio cumplimiento, que se deben cumplir para lograr la calidad del producto: a) inocuidad, b) conservación del ambiente y, c) seguridad y bienestar de los trabajadores (ICA & CCI, Mis buenas prácticas agrícolas: guía para agroempresarios, 2009).

En las cuencas y cultivos priorizados se realizan diferentes prácticas, que, junto con sus respectivas técnicas y tecnologías de producción, serán documentadas en el levantamiento del estudio de línea de base - ELB.

3.1.2. Salud del suelo

La salud del suelo se ha definido como la capacidad para funcionar como un sistema vivo. Los suelos sanos mantienen una comunidad variada de organismos, que ayudan a controlar las enfermedades de las plantas, insectos y malezas, forman asociaciones simbióticas beneficiosas con las raíces, reciclan nutrientes esenciales para las plantas, mejoran la estructura del suelo con efectos positivos para el agua del suelo y la capacidad de retención de nutrientes, y en última instancia, mejoran la producción agrícola. Un suelo sano también contribuye a la mitigación del cambio climático, manteniendo o aumentando las existencias (stock) de carbono estable (FAO, 2015).

3.1.3. Degradación del suelo

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

La degradación de suelos puede ser física, química o biológica. La física se relaciona con procesos erosivos y de compactación; en la degradación química se presenta la salinización, la acidificación/ alcalinización y la contaminación; la degradación biológica implica la pérdida de la materia orgánica, el desequilibrio de la actividad biológica y procesos de mineralización del suelo (Minambiente & IDEAM, 2015). La definición de erosión según el protocolo de degradación de suelos por erosión es *“la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el hombre, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales”* (Minambiente & IDEAM, 2015).

3.1.4. Tipos de agricultura

Agricultura tradicional: El término agricultura tradicional se deriva de la forma en que se difunden los conocimientos y se distingue por lo reducido de la cantidad y la calidad de la energía usada en el agroecosistema; predomina en las tierras agrícolas del mundo con climas favorables o marginales para la producción (Hernández, 1988).

Agricultura tecnificada: La agricultura tecnificada impulsa el uso de paquetes tecnológicos, que incluyen maquinaria agrícola, fertilizantes y plaguicidas, entre otras. Igualmente, se caracteriza por una labranza intensiva (Clavijo, 2013).

Agricultura orgánica: La agricultura orgánica emplea una serie de estrategias, buscando la independencia del uso de insumos de origen sintético, que presentan riesgos para la salud de las personas, animales y medio ambiente. También destacan, incorporación de estiércol compostado, uso de abonos verdes, establecimiento de rotaciones de cultivos y realizan el mínimo laboreo del suelo, con el objetivo de favorecer la fertilidad del suelo, conservar o aumentar la materia orgánica. En este tipo de agricultura se potencia la biodiversidad espacial y temporal de los predios con prácticas tales como cultivos asociados, rotación de cultivos y sistemas silvopastoriles (Min. Agricultura Chile, 2011).

Agricultura ecológica: La agricultura ecológica se caracteriza por evitar el uso de agrotóxicos para el control de plagas, enfermedades y arvenses, ni métodos que provoquen el deterioro de los suelos y el medio ambiente en general. Las tecnologías ecológicas promueven la diversificación de la producción y la intensificación de las interacciones biológicas y procesos naturales beneficiosos que ocurren en los sistemas naturales; considera la fertilidad del suelo como un factor clave para la producción de alimentos y promueve prácticas que garantizan la calidad e inocuidad en toda la cadena de producción de alimentos ecológicos (ICA, 2016).

Agricultura protegida: La agricultura protegida es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, minimizando restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos (Moreno, Aguilar, & Luévano, 2011). El invernadero es una de las estrategias más utilizadas en la agricultura protegida, se define como un recinto delimitado por una estructura de madera o de metal, recubierta por vidrio o cualquier material plástico que permita ingresar la luz solar al interior, en donde suelen cultivarse hortalizas y plantas ornamentales durante épocas donde las condiciones climáticas externas no permiten obtener buenos rendimientos (Galmarini, Andreau, Bouzo, & Et. al., 2019).

Otra tecnología utilizada, son las casas de malla, que tienen como objetivo la protección mecánica contra el ataque de insectos y así reducir el uso de agroquímicos, logrando productos más inocuos y de mayor calidad (Ramirez, 2018).

El acolchado (comúnmente conocido como mulch o mantillo), es una técnica que consiste en colocar materiales como paja, aserrín, capotillo de arroz, plástico o papel, cubriendo el suelo, con la finalidad de proteger al cultivo y al suelo de los agentes atmosféricos, promover cosechas precoces, aumentar rendimientos y evitar el contacto del producto con el suelo. El uso de acolchado de polietileno en los cultivos genera importantes modificaciones en el ambiente físico donde se cultivan las plantas, cuya intensidad depende del tipo de polietileno que se utilice (Ucles , 2011).

De igual forma, en este tipo de agricultura se encuentran las cortinas o cercas rompe vientos, que permiten la formación de un microclima que reduce la velocidad del viento. Cuando son establecidas adecuadamente, son de suma utilidad para mejorar el medio ambiente en los cultivos bajo riego en zonas áridas, en estas condiciones las plantas vegetan mejor. Las cortinas contribuyen a reducir la temperatura del aire, limitar la evapotranspiración que ocasionan vientos cálidos y secos, reducen la erosión del suelo, entre otras. El control de estos factores limitantes permite mejorar la producción (Sisa, 2017).

Agricultura de precisión: Es un conjunto de técnicas de cultivo que utilizan tecnologías de la información para ajustar el uso de semillas y de agroquímicos, en función de la diversidad del medio físico y del medio biológico, lo cual conlleva una reducción de los costes de producción y una gestión agrícola respetuosa con el ambiente y en particular con el suelo y las fuentes hídricas superficiales y subterráneas (Fernández, 2002).

3.1.5. Tipos de cultivo

Monocultivo: Sistema de producción agrícola que dedican toda la tierra disponible al cultivo de una sola especie vegetal (Franco, 2010). Junto con la labranza los monocultivos también son causantes de procesos erosivos en los suelos, esto debido a la exposición del suelo a factores ambientales por la falta de cobertura vegetal: Los monocultivos también tienen un efecto negativo en la biodiversidad del ecosistema, ya que manejan una sola especie en grandes espacios del predio, que a su vez afecta la fertilidad del suelo (Clavijo, 2013).

Policultivo: Sistema basado en el cultivo simultáneo de diversas especies vegetales. Agroecosistemas en los cuales se plantan especies con suficiente proximidad espacial

para dar como resultado una competencia interespecífica y/o complementaria. Estas interacciones pueden tener efecto inhibidores o estimulantes en los rendimientos (Araujo, 2014).

Cultivos asociados: Cuando la distribución de los cultivos tiende a una mezcla completa. Es una práctica alternativa, la cual promueve una mayor biodiversidad, mejora el uso de los recursos naturales, disminuye el riesgo de pérdida total de la cosecha, y proporciona protección contra daños por plagas y enfermedades (Gomez & Zabaleta , 2001).

3.2. INFORMACIÓN SECUNDARIA

A continuación, se presenta una descripción de información sobre propiedades del suelo, condiciones de uso del suelo a nivel departamental y datos generales sobre las cuencas asignadas a la Actividad 008 para la vigencia 2021. Esta información fue tomada principalmente de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas disponibles de la CVC.

3.2.1. Condiciones generales del suelo en sitios de interés en zona de ladera del Valle del Cauca

Dado que una parte importante del área de las cuencas se encuentran en zona de ladera, es relevante la información secundaria sobre caracterizaciones fisicoquímicas de la misma. En este sentido, la fertilidad de los suelos de ladera en el Departamento del Valle del Cauca se considera con contenidos medios de materia orgánica - MO (8,01%); potasio - K (0,4 cmol/Kg); bajos contenidos de fósforo - P (8,83 mg/Kg), aunque los suelos derivados de cenizas volcánicas se caracterizan por tener una alta capacidad de fijación; altos en Calcio - Ca (7,64 cmol/Kg) y Magnesio - Mg (2,66 cmol/Kg); con acidez adecuada y sin problemas de Al. Los suelos de la cuenca Cali se caracterizan por tener un pH menor que 5,0 y contenido de Al superior a 1 cmol/Kg lo cual se encuentra relacionado a la presencia de bauxita y las altas precipitaciones (4.000 mm/año), que provocan el lavado de K, Ca y Mg. En la Unión se tienen niveles menores de MO (<5,0%); la variación que presenta la MO, podría relacionarse con la diversidad de materiales parentales, como cenizas volcánicas con altos contenidos de MO y suelos derivados de rocas ígneas con bajos porcentajes de MO. También influye sobre esta propiedad el clima, a mayor temperatura la tasa de mineralización de la MO aumenta. En este sentido, el uso del suelo afecta la actividad microbiana ya que el microclima generado y el tipo de material orgánico aportado por los árboles de sombrío en cafetales, reduce su actividad, contrario a lo que ocurre en cafetales a plena exposición del sol (Patiño, Sadeghian, & Montoya, 2006).

Los menores valores de MO (<5%) se encuentran en La Unión y La Victoria, lo cual se explica por su ubicación altitudinal en la zona baja del departamento, donde la mayor temperatura favorece la mineralización. Los mayores contenidos de K están en El Cairo, Ansermanuevo, Argelia, Versailles, El Dovio, La Unión y Roldanillo, que se puede explicar por la presencia de la unidad Fondesa y por las aplicaciones de fertilizantes potásicos en el cultivo de café, mientras que en Restrepo este comportamiento es semejante pero orientada al cultivo de piña (Patiño, Sadeghian, & Montoya, 2006).

En los municipios de Dagua y Restrepo cerca del 80% de los predios con vocación agrícola están ubicados en la zona de ladera, los cuales están expuestos a procesos de erosión y degradación de los suelos a causa de sus condiciones naturales y por el manejo convencional de la agricultura, más aún cuando se expande la frontera agrícola hacia las zonas más altas, provocando deforestación de bosques primarios y otros ecosistemas prioritarios, con graves consecuencias sobre el ciclo hidrológico y desequilibrando la relación suelo-planta-agua. Propietarios y arrendatarios de predios cultivan en estas laderas principalmente piña, manzana, frijol, maíz y lulo, sin realizar prácticas de conservación, causando pérdida de suelo (Gómez , Dávila , Saavedra, & Gómez , 2006).

La generación de cárcavas es otro de los problemas asociados con el conflicto por el uso del suelo en la zona de ladera del departamento; las cárcavas están generalmente relacionadas a las entregas localizadas de agua en áreas susceptibles, aumentando la energía del agua, desencadenando un proceso de erosión. Los cultivos limpios en ladera, los surcos en sentido de la pendiente, el sobrepastoreo y la desprotección de drenajes son los principales factores que favorecen la formación de cárcavas. En las áreas aledañas a las cárcavas en el Valle del Cauca, predominan los cultivos intensivos en el manejo de suelos y arvenses (como la piña) y la ganadería intensiva, con una alta proporción de suelo desnudo. No se aplica ninguna práctica de conservación de suelos, y las desyerbas drásticas con azadón y herbicidas dejan el suelo totalmente desnudo, lo cual favorece el desprendimiento y transporte de sedimentos por efecto de las aguas de escorrentía en los periodos lluviosos (Rivera, Sinisterra, & Calle).

3.2.2. Datos generales Cuenca RUT

Se localiza en el norte del Departamento del Valle del Cauca, en el flanco oriental de la cordillera Occidental. Tiene una extensión de 43.345,4 ha, de las cuales, 11.033 ha corresponden al municipio de La Unión. La cuenca RUT tiene una altura desde la cota 980 msnm, que comprende el distrito de riego RUT (Roldanillo-Unión-Toro), piedemonte de la vertiente oriental y sistema colinado de la cordillera Occidental hasta la cota 2.100 msnm en la divisoria con la vertiente del Pacífico. El 58,3% del área corresponde a la zona de ladera y el 41,7% al valle geográfico del río Cauca. Corresponde a las unidades hidrográficas de las corrientes naturales superficiales: Roldanillo, Toro y San Pedro (La Unión) y otras que drenan directamente al canal

interceptor del Distrito de Adecuación de Tierras (RUT) (CVC, Cuenca hidrográfica del RUT, 2010).

El clima de la región es de carácter tropical, determinado principalmente por variaciones altimétricas, la topografía del relieve y la influencia que ejerce el movimiento de la zona de Confluencia Intertropical (ITC). El régimen de lluvia es bimodal determinado por el paso de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), con valores medios de 1.287 mm presentándose bajas precipitaciones los meses de enero a marzo y con alta de abril a junio y de septiembre a noviembre, con distribuciones dependientes de fenómenos como el niño y la niña. Las condiciones de temperatura no varían significativamente a lo largo del año entre 24°C a 27°C (CVC, Cuenca hidrográfica del RUT, 2010).

Dentro de los pisos térmicos la CVC ha destacado que la cuenca RUT posee el 47,8% de su territorio en el piso cálido (20.718 ha), y 52,2% en el medio (22.627 ha) (CVC, Cuenca hidrográfica del RUT, 2010). En la cuenca se encuentran zonas de vida como:

- Bosque seco tropical: 19.075 ha (44% del área correspondiente a la cuenca), ubicado entre los 950 a 1.100 msnm, temperatura media de 24 grados centígrados y precipitación anual entre 1.000 y 1.400 mm.
- Bosque seco premontano: 17.408 ha (correspondiente al 40% del área de la cuenca), entre los 1.100 a 1.600 msnm, temperatura entre 18 y 24 grados centígrados y precipitación anual entre 1.000 y 2.000 mm.
- Bosque húmedo premontano: 6.862 ha (16% del área de la cuenca), entre los 1.600 a 2.000 msnm, temperatura entre 18 y 24 grados centígrados y precipitación anual entre 2.000 y 3.000 mm.

El 30,8% de la cuenca es plana con pendientes inferiores al 3%, asociada a la llanura aluvial del río Cauca y el 58,4% presenta pendientes superiores al 25%, clasificadas como quebrado a fuertemente quebrado, escarpado y muy escarpado (Tabla 7). Dominada por pendientes menores al 3% y por pendiente entre el 50 y 75% lo cual representa una amplia extensión de zona plana y otra de terreno escarpado (CVC, 2010).

Como se puede observar en la Figura 2, los principales ordenes de suelo en la cuenca en la zona alta son: Andisoles y Entisoles, mientras que en el piedemonte y en la zona plana: Alfisoles, Vertisoles e Inceptisoles. En la zona alta de la cuenca predominan los Entisoles, los cuales destacan por ser típicos de laderas donde la escorrentía no permite su evolución en profundidad a causa de la erosión hídrica, por tanto son suelos jóvenes con escasa o nula evidencia de desarrollo de horizontes pedogenéticos; aparecen principalmente en zonas forestales.

De acuerdo con la información reportada por CVC, las coberturas del suelo que predominan en la cuenca son los pastos cultivados con 53.389 ha (52,54% del área de

la cuenca), pasto cultivado enmalezado 7.895 ha (7,57%), seguido de la cobertura misceláneo de pastos y cultivos con 6.971 ha (6,86%); en cuanto a los cultivos agrícolas destacan caña de azúcar con 4.409 ha (4,34%), maíz con 3.500 ha (3,44%), el cultivo asociado café-plátano con 2.219 ha (2,18%), y la Vid con 1.532 ha (1,51%). En la Figura 3, se presenta las coberturas en el municipio de La Unión, se puede apreciar que predomina el cultivo de pasto, café y el policultivo café-plátano en la parte de piedemonte y de ladera, mientras que, en la zona plana entre el canal interceptor, el de drenaje y el marginal, predominan los cultivos de caña de azúcar, uva y maíz.

Tabla 2. Información de cultivos sembrados en el municipio de La Unión durante el 2018. Fuente: (UMATA-La Unión, 2018).

Cultivo	Año	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)
Caña Azucarera	2018	1826	1301	203009	156,07
Uva	2018	733	733	8061	11
Maíz Tecnificado	2018	600	600	5100	8,5
Café	2018	436	412	355	0,86
Guayaba Pera	2018	253	252	3024	12
Papaya	2018	73	70	3475	50
Melón	2018	42	42	924	22
Aguacate	2018	37	37	439	12
Maracuyá	2018	34	19	380	20
Plátano	2018	32	32	252	8
Algodón	2018	28	28	83	2,96
Cítricos	2018	27	27	405	15
Banano	2018	23	22	221	10
Piña	2018	20	19	1152	60
Mango	2018	19	18	360	20
Ají	2018	13	13	163	12,5
Arracacha	2018	9	9	81	9
Guanábana	2018	9	8	88	11
Yuca	2018	9	9	90	10
Pitahaya	2018	7	6	64	10
Maíz Tradicional	2018	6	6	15	2,5
Lulo	2018	5	5	63	14
Cacao	2018	4	3	1	0,4
Frijol Ladera	2018	3	3	3	1
Berenjena	2018	2	2	40	20
Pimentón	2018	2	2	22	11
Cilantro	2018	1	1	1	1
Tomate	2018	1	1	25	25

Los cultivos con mayor área sembrada en el municipio de La Unión durante el 2018 fueron: caña azucarera (1.826 ha), uva (733 ha), maíz tecnificado (600 ha), café (436 ha), guayaba pera (253 ha) y papaya (73 ha) (Figura 4).

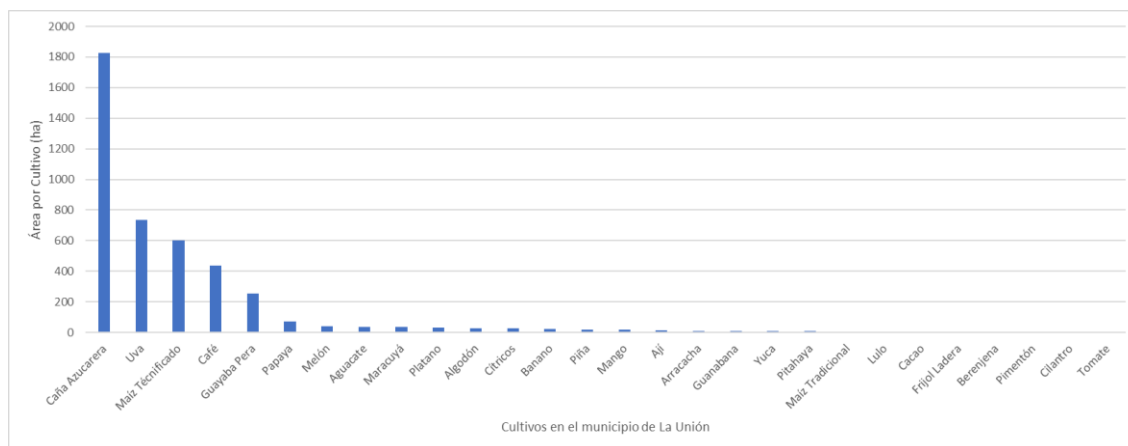


Figura 4. Área en hectáreas de cultivos sembrados en el municipio de La Unión durante el 2018. Fuente: (UMATA-La Unión, 2018).

Otros cultivos importantes en la cuenca, pero con áreas pequeñas son: melón (42 ha), aguacate (37 ha), maracuyá (34 ha), plátano (32 ha) y algodón (28 ha), entre otros (Figura 5).

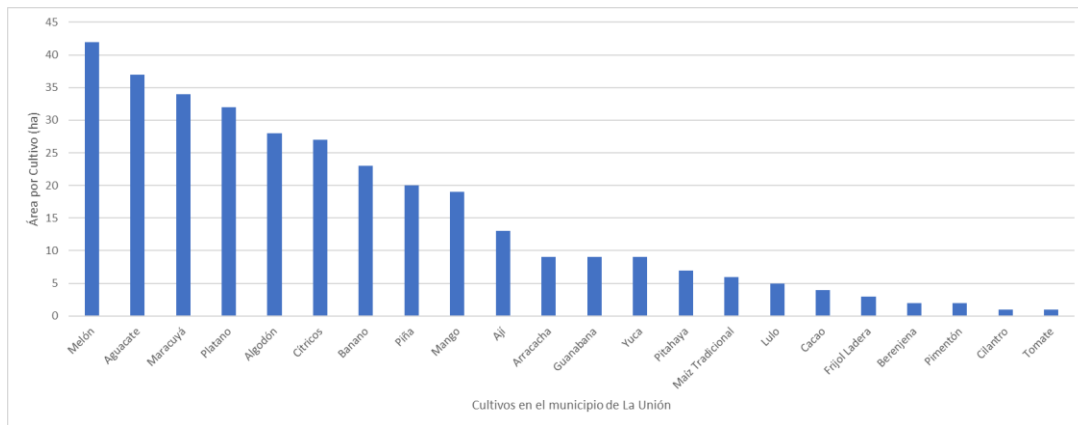


Figura 5. Área en hectáreas de cultivos cosechados en el municipio de La Unión durante el 2018. Fuente: (UMATA-La Unión, 2018).

Debido al alto conflicto por el uso del suelo en la cuenca, se presenta erosión severa en el 18% del área, moderada 15% y muy severa en el 12% (Tabla 3). La erosión natural se presenta en un 16% de la cuenca en zonas donde hay menor conflicto por el uso del suelo. Los altos grados de erosión se presentan en las zonas donde se realiza ganadería y por tanto mayor explotación de la tierra. La erosión moderada se ubica principalmente en la parte más alta de la cuenca. No existe estudio de erosión en la parte baja, zona donde se presenta la actividad agrícola principal (36,3% de la cuenca), (CVC, 2010).

Tabla 3. Erosión del suelo en la cuenca RUT. Fuente: (CVC, 2010).

Erosión del Suelo	Área (ha)	Área (%)
Muy severa	5.464,1	12,6
Severa	7.858,4	18,1
Moderada	6.523,6	15,1
Ligera	810,2	1,9
Natural	6.976,2	16,1
Sin Evaluar	15.712,9	36,3
TOTAL	43.345,4	100,0

Información relevante de estudio de suelo en la cuenca RUT

Las evaluaciones de las propiedades fisicoquímicas de los suelos, evidencian que las bases intercambiables se encuentran en altas cantidades, pero en desequilibrio iónico,

ocasionando antagonismos en las relaciones Mg^{2+}/K^{+} , K^{+}/Mg^{2+} , Ca^{2+}/K^{+} , $(Ca^{2+} + Mg^{2+})/K^{+}$ y $Ca^{2+}: Mg^{2+}$, lo que ocasiona que se requiera adicionar fertilizantes para promover el balance de bases que repercute en el rendimiento de los cultivos. Se ha evidenciado el incremento del pH con respecto al determinado por el IGAC-CVC (2004), los cuales se presentaron entre 7 y 7,4. El incremento del pH podría estar presentándose por los aportes en los riegos continuos con aguas ligeramente alcalinas. Con relación a la Conductividad se presentan niveles ligeramente salinos, en la zona Sur (Roldanillo) y Centro (La Unión) (López, 2016).

Se destaca la tendencia hacia la degradación física generalizada en los suelos de la cuenca, con alta presencia de microporos, bajos niveles de macroporos, niveles medios de humedad aprovechable y una franja hacia la zona norte del distrito de riego RUT con posibles afectaciones por compactación. Altos porcentajes de magnesio intercambiable en los suelos del RUT causan efectos adversos sobre la agregación del suelo. En general, el movimiento interno del agua en los suelos del RUT es lento, lo cual puede reducir el rendimiento de los cultivos comerciales, aunado a la falta de equipos de riego apropiados y diseñados bajo las características actuales de suelos, la falta de drenaje predial y los altos niveles de Mg^{2+} en el agua de riego, lo cual presenta un escenario propenso a la degradación física de los suelos (López, 2016).

Los altos porcentajes de magnesio intercambiable también reducen la capacidad del suelo para almacenar agua; la lámina de agua aprovechable (LAA) se encuentra en un nivel medio en 8.510 ha (77,2% del área del distrito RUT); estos resultados son congruentes con los que López (2016) observó en la densidad aparente; de igual forma, al comparar los niveles altos de microporos en la mayoría de los suelos y la humedad aprovechable media, se evidencian problemas físicos que impiden la adecuada retención de agua aprovechable (Tabla 4).

Tabla 4. Niveles de LAA en áreas (ha) con diferentes rangos de saturación de magnesio. Fuente: (López, 2016).

Interpretación	LAA (mm)	Area (ha)			Área Total
		0-20%	20-40%	>40%	
Muy Baja	0-12,5	0	47	56	103
Baja	12,5-25	31	520	1144	1695
Media	25-37,5	3	5.461	3.046	8.510
Alta	37,5-50	1	597	118	716
Área Total		35	6.625	4.364	11.024

3.2.3 Datos generales Cuenca DAGUA

La cuenca hidrográfica del río Dagua se localiza en el occidente del Departamento del Valle del Cauca, vertiente del océano Pacífico, en el flanco Oeste de la Cordillera Occidental. La cuenca tiene una extensión de 142.200,4 ha, de las cuales 32.500 ha corresponden al municipio de Restrepo; inicia en la costa del Océano Pacífico con 0 msnm, hasta los 2.600 msnm en la subcuenca de la quebrada El Trapiche en límites

con la cuenca del río Calima. El 98,2% del área corresponde a la zona de ladera y el 1,8% a la planicie marina. El río Dagua nace en los Farallones de Cali a 2.000 msnm aproximadamente, y desemboca en el océano Pacífico. (CVC, 2008). En la cuenca se presentan precipitaciones medias anuales de 2.307 mm, y durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 17 a 26°C y rara vez baja a menos de 15°C o sube a más de 29°C.

Los ordenes de suelo más representativos de la cuenca son: Inceptisoles con 84.630 ha (63,16% del área), Andisoles con 29.415 ha (20,91%) y Entisoles con 13.112 ha (9,32%) (Figura 6), información tomada de la geodatabase suministrada por la CVC al año 2021.

De acuerdo con información reportada por el Geoportal de CVC, con respecto a la cobertura, el 62,5% del área de la cuenca corresponde a coberturas de bosques naturales en diferentes estados de sucesión, bosques de guadua y rastrojos, incluyendo los bosques de manglar y naturales de la llanura costera. Los bosques plantados tienen una cobertura de 1,98% cuyo cultivo está orientado principalmente a la producción de pulpa de papel y se localiza en la parte alta en los municipios de La Cumbre y Restrepo. Aunque el porcentaje de coberturas boscosas y de rastrojos es aparentemente alto comparado con otras cuencas del departamento, la distribución de estas coberturas es crítica, pues la parte alta de la cuenta solo representa el 17,6% con bosques naturales y rastrojos, mientras que hacia el occidente (colinas y llanura costera) hay una mayor cobertura de diferentes tipos de bosque y rastrojos (33,8%) que protegen los suelos de la alta pluviosidad de la zona (Figura 7).

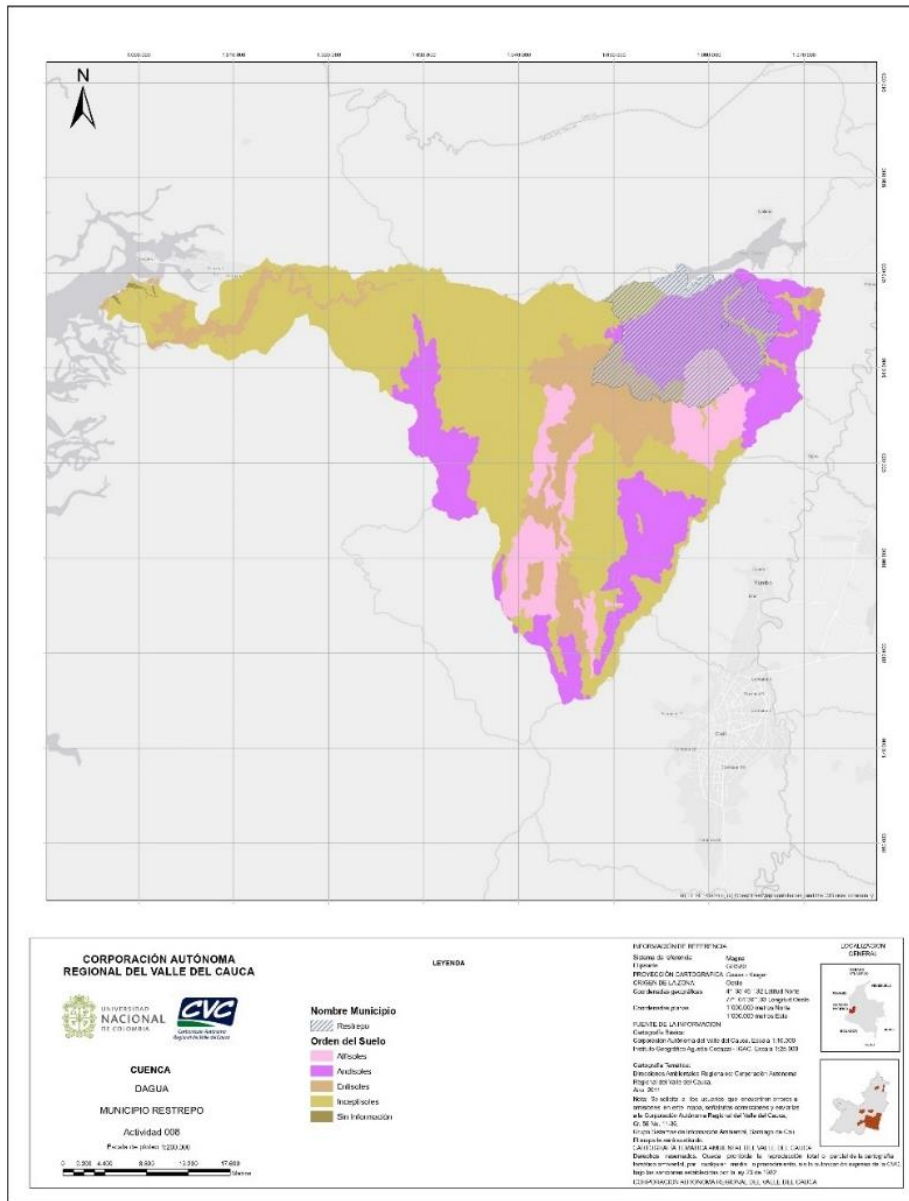


Figura 6. Cuenca Dagua, casco urbano de Restrepo y ordenes de suelo.

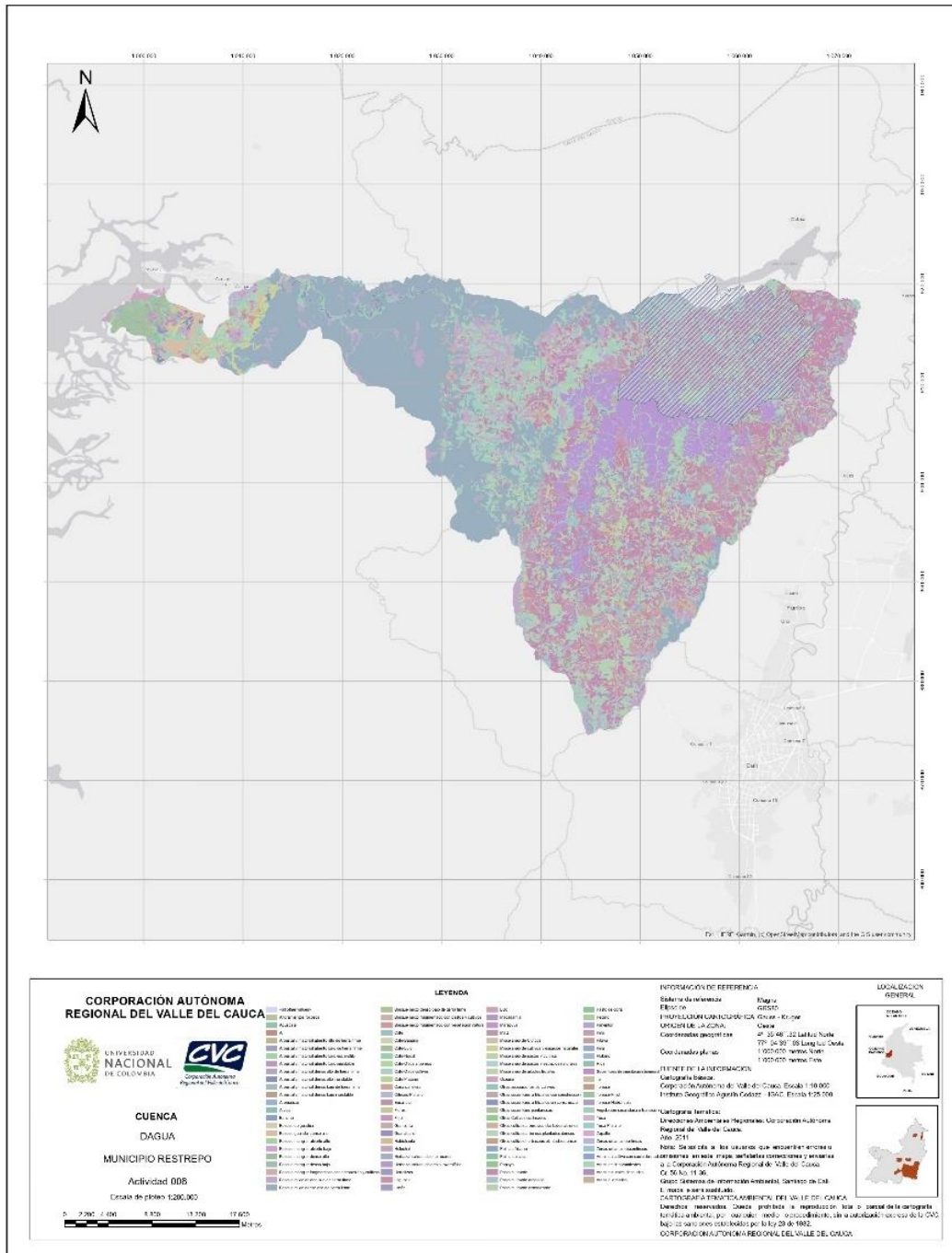


Figura 7. Cuenca Dagua, casco urbano de Restrepo cobertura del suelo.

La agricultura es una de las actividades más importantes para la economía de la parte alta de la cuenca; predomina el policultivo de café y plátano (5,6%), aunque en algunos sitios han sido reemplazados por pastizales para ganadería extensiva. También se presentan cultivos como maíz, hortalizas, caña panelera, que, aunque son pequeñas extensiones, ejercen un impacto ambiental importante. El caso más preocupante es el cultivo de piña a pequeña y mediana escala, el cual se ha convertido en una alternativa

económica importante pero muy agresiva para el suelo ya que se hace en terrenos con pendientes pronunciadas y se realizan prácticas que impiden conservar el suelo, lo que conlleva a una degradación acelerada y gran aporte de sedimentos a los drenajes naturales.

En la Tabla 5 se presentan los cultivos sembrados en Restrepo durante el año 2018, organizados de acuerdo con el área sembrada de mayor a menor.

Tabla 5. Información de cultivos sembrados en el municipio de Restrepo durante el 2018. Fuente: (UMATA-Restrepo, 2018).

Cultivo	Año	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)
Plátano	2018	706	696	3953	5,68
Piña	2018	650	595	35700	60
Café	2018	526	470	414	0,88
Caña Panelera	2018	345	345	2243	6,5
Lulo	2018	111	91	1365	15
Maíz Tradicional	2018	90	90	155	1,72
Sacha Inchi	2018	90	87	174	2
Aguacate	2018	85	80	682	8,5
Frijol Ladera	2018	75	75	115	1,54
Banano	2018	74	72	677	9,4
Tomate	2018	70	70	700	10
Ahuyama	2018	50	50	650	13
Pimentón	2018	30	30	360	12
Pitahaya	2018	29	29	232	8
Bananito	2018	22	22	176	8
Yuca	2018	20	20	140	7
Cítricos	2018	18	14	168	12
Maracuyá	2018	18	16	128	8
Macadamia	2018	17	12	54	4,5
Guayaba	2018	12	11	88	8
Ají	2018	10	10	400	40
Habichuela	2018	6	6	36	6
Mora	2018	5	4	32	8
Maíz Tecnificado	2018	4	4	20	5,08
Pepino Cohombro	2018	3	3	105	35
Sábila	2018	3	3	45	15
Flores y Follajes	2018	2	2	2	0,8
Mango	2018	2	2	10	5
Granadilla	2018	1	1	8	8
Tomate de Árbol	2018	1	1	18	18

La información anterior también se presenta en la Figura 8, en donde se puede observar que los cultivos más destacados de acuerdo con su área sembrada son: plátano (706 ha), piña (650 ha), café (526 ha), caña panelera (345 ha) y lulo (111 ha).

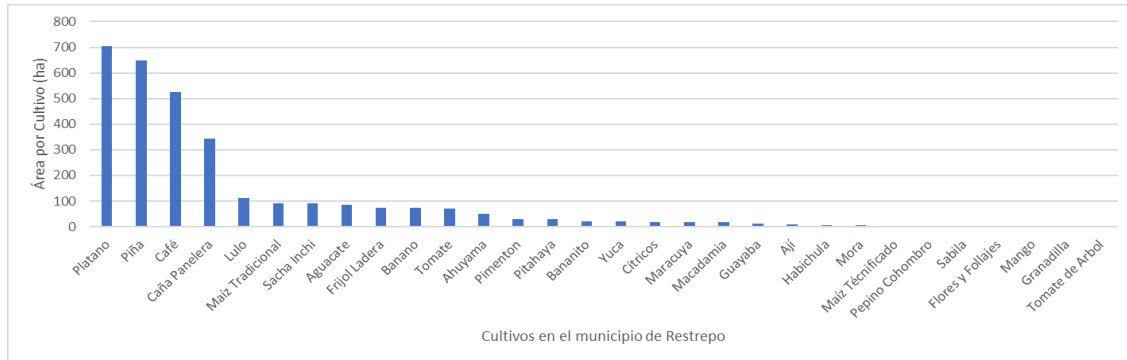


Figura 8. Área en hectáreas de cultivos sembrados en el municipio de Restrepo durante el 2018. Fuente: (UMATA-Restrepo, 2018).

Adicionalmente, en la Figura 9 se presentan los cultivos sembrados con menor área durante el 2018 sin tener en cuenta los cuatro cultivos más extensos presentados en la Figura 5: se observa que destacan: lulo (111 ha), maíz tradicional (90 ha), sacha inchi (90 ha), aguacate (85 ha) y frijol (75 ha).

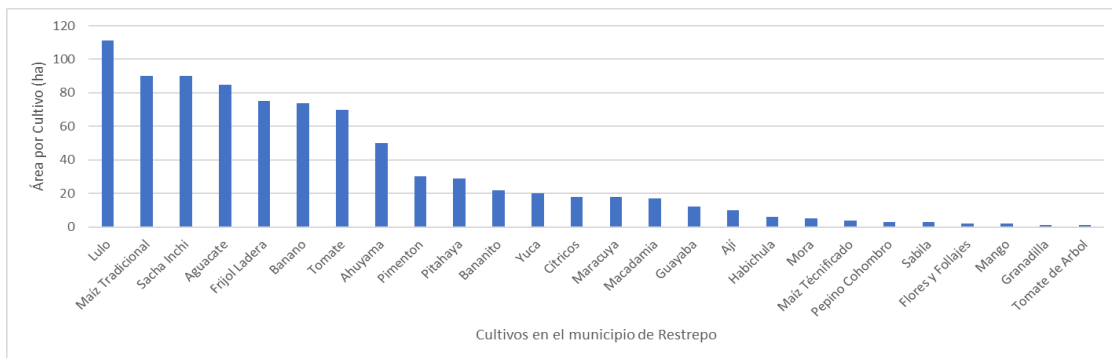


Figura 9. Área en hectáreas de cultivos sembrados en el municipio de Restrepo durante el 2018. (Áreas menores a 120 ha). Fuente: (UMATA-Restrepo, 2018).

La erosión es uno de los problemas graves que presenta la cuenca del río Dagua y que tiene gran repercusión no sólo en la parte baja de la misma sino en su desembocadura al mar donde deposita los sedimentos dificultando la navegabilidad del canal de acceso al puerto de Buenaventura (Tabla 6). Además de la agricultura con prácticas deficientes de protección de suelos y la ganadería extensiva, el sistema vial es uno de los grandes aportantes de sedimentos ya que presenta una densidad muy alta de vías las cuales han sido construidas con bajas especificaciones técnicas (CVC, 2008).

Tabla 6. Grado de erosión del suelo en la cuenca Dagua. Fuente: (CVC, 2008).

Grado de Erosión	Área (ha)	Área (%)
Ligera	7.310,60	5,14
Moderada	44.041,40	30,97
Muy severa	10.989,08	7,73
Natural	62.422,30	43,90
Severa	16.821,10	11,83
Zona urbana	616,00	0,43
TOTAL	142.200,48	100,00

3.2.4 Datos generales Cuenca CALI

La cuenca del río Cali se localiza al noroccidente del municipio de Santiago de Cali; se extiende desde la cordillera occidental en los farallones de Cali, hasta la desembocadura en el río Cauca, con una superficie total aproximada de 21.526,4 ha, de las cuales el 95,27% se encuentran en jurisdicción del municipio de Cali (20.480,98 ha), y el 4,73% restante se encuentra en el municipio de Yumbo (1.016,65 ha). A esta cuenca pertenecen los corregimientos de La Leonera, Felidia, Andes y Pichindé (CVC, 2008). La precipitación presenta un comportamiento bimodal, con una precipitación anual que oscila entre 1.300 mm en la parte oriental, cerca de la ciudad de Cali, y unos 2.700 mm en los nacimientos a una altura cercana a los 3.600 msnm. Por otro lado, la temperatura fluctúa entre los 24°C en zona plana y los 10°C en zona alta de la cuenca.

El río Cali tiene su nacimiento en el Alto del Buey, a unos 4.000 msnm; hasta su desembocadura en el río Cauca, recorre más de 50 kilómetros. La cuenca está conformada por cinco subcuencas: río Pichindé (5.946 ha), río Felidia (4.583 ha), río Aguacatal (6.004 ha), zona media (1.707 ha), zona baja río Cali (3.257 ha). La oferta hídrica de la cuenca para año normal es de 159'000.000 m³/año y para año seco 103'400.000 m³/año, de donde se concluye que la cuenca del río Cali en épocas de año seco puede llegar a experimentar un déficit del recurso hídrico para satisfacer las necesidades de los múltiples sectores económicos (CVC, 2021).

Los principales ordenes de suelo en la cuenca son: Inceptisoles con 12.300 ha (corresponde al 57,16% del área total), Andisoles con 3.658 ha (17%), y Entisoles con 3.316 ha (15,41%) (Figura 10). En la parte alta de la cuenca predominan los inceptisoles, los cuales destacan por ser suelos que están empezando a mostrar el desarrollo de los horizontes puesto que son suelos bastante jóvenes y todavía en evolución; en algunas zonas los inceptisoles presentan un mínimo desarrollo del perfil (pero más desarrollados que los entisoles), mientras que en otras son suelos con horizontes que no cumplen los requisitos exigidos para otros órdenes de suelos. Cuando se localizan en pendientes un aprovechamiento idóneo es el bosque, pues la pérdida de la vegetación frecuentemente conduce a erosión (Ibañez, Gisbert, & Moreno, 2010).

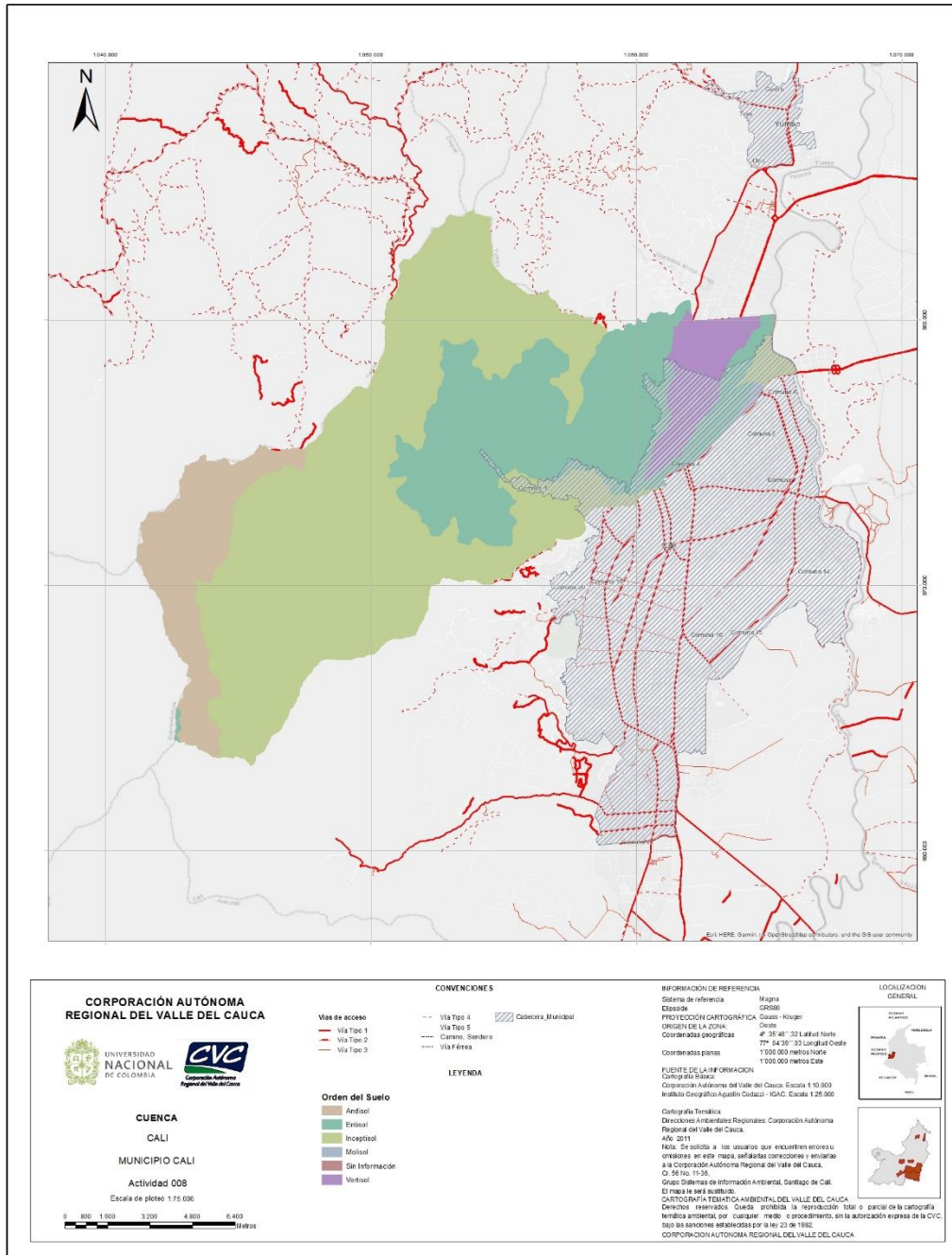


Figura 10. Cuenca Cali, ordenes de suelo y casco urbano municipio Cali.

Con relación al a Cobertura del suelo (Tabla 7) se observa que la zona urbana de Cali y la zona industrial de Yumbo ocupan una extensión considerable de la cuenca (13,2%), localizadas principalmente en la zona plana y de piedemonte. En las zonas media y alta el uso del suelo es muy variado, se pueden encontrar áreas residenciales, de recreación, minería, cultivos de café, hortalizas, ganadería y zonas de bosques

naturales, entre otros. La cobertura de bosque denso ocupa el 45,5% del área de la cuenca (9.819,72 ha), el cual se encuentra en diferentes estados de sucesión y rastrojos. Los bosques plantados (pino), corresponden al 0,28% del área de la cuenca. En la zona de piedemonte y plana de la cuenca, se encuentran grandes extensiones de ganadería extensiva, con algunos cultivos intensivos, y en mayor proporción cultivos transitorios. En la zona centro y sur de la cuenca, se pueden encontrar relictos aislados de bosques de guadua.

Tabla 7. Coberturas cuenca Cali. Fuente: (CVC, 2021).

Tipo Cobertura	Área	
	ha	%
Tejido urbano continuo	2854,1	13,2
Tejido urbano discontinuo	202,6	0,9
Zonas industriales	16,6	0,08
Zonas de extracción minera	178,2	0,83
Escombreras y vertederos	14,67	0,07
Hortalizas	105,6	0,49
Cultivos Permanentes Arbustivos	172,4	0,8
Café sin sombrero	2,47	0,01
Pastos limpios	2344,7	10,87
Pastos arbolados	1128,8	5,2
Pastos enmalezados	749,9	3,48
Mosaico de pastos y cultivos	333,7	1,55
Mosaico de cultivos y espacios naturales	59,2	0,27
Bosque denso alto de tierra firme	9819,72	45,5
Guadua	8,6	0,04
Bosque abierto alto de tierra firme	2114,26	9,8
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	197,9	0,92
Plantación de pino	61,15	0,28
Plantación de latifoliadas	107,16	0,5
Vegetación secundaria o en transición	738,9	3,43
Afloramientos rocosos	134,6	0,62
Tierras desnudas y degradadas	118,6	0,55
Zonas quemadas	105	0,49
Cuerpos de agua artificiales	0,36	0,001
Total	21.569	100

Las principales coberturas agrícolas en la cuenca son: cultivos de café (en policultivo o monocultivo), cultivos maderables (pino), caña de azúcar, pastos, hortalizas, entre otros cultivos arbustivos (Figura 11). Como corregimientos altamente agrícolas se destacan: Los Andes y La Leonera con el 39,7% y el 15% del total de su área destinada a usos agrícolas, seguidos por Pichindé y Castilla con el 12,5% y 11,8%, respectivamente. En los corregimientos de la zona rural, la cobertura del suelo incluye caña de azúcar, en la zona plana; en la zona de ladera, en el corregimiento de los Andes, se estima un área de 470 ha de siembra de productos agrícolas.

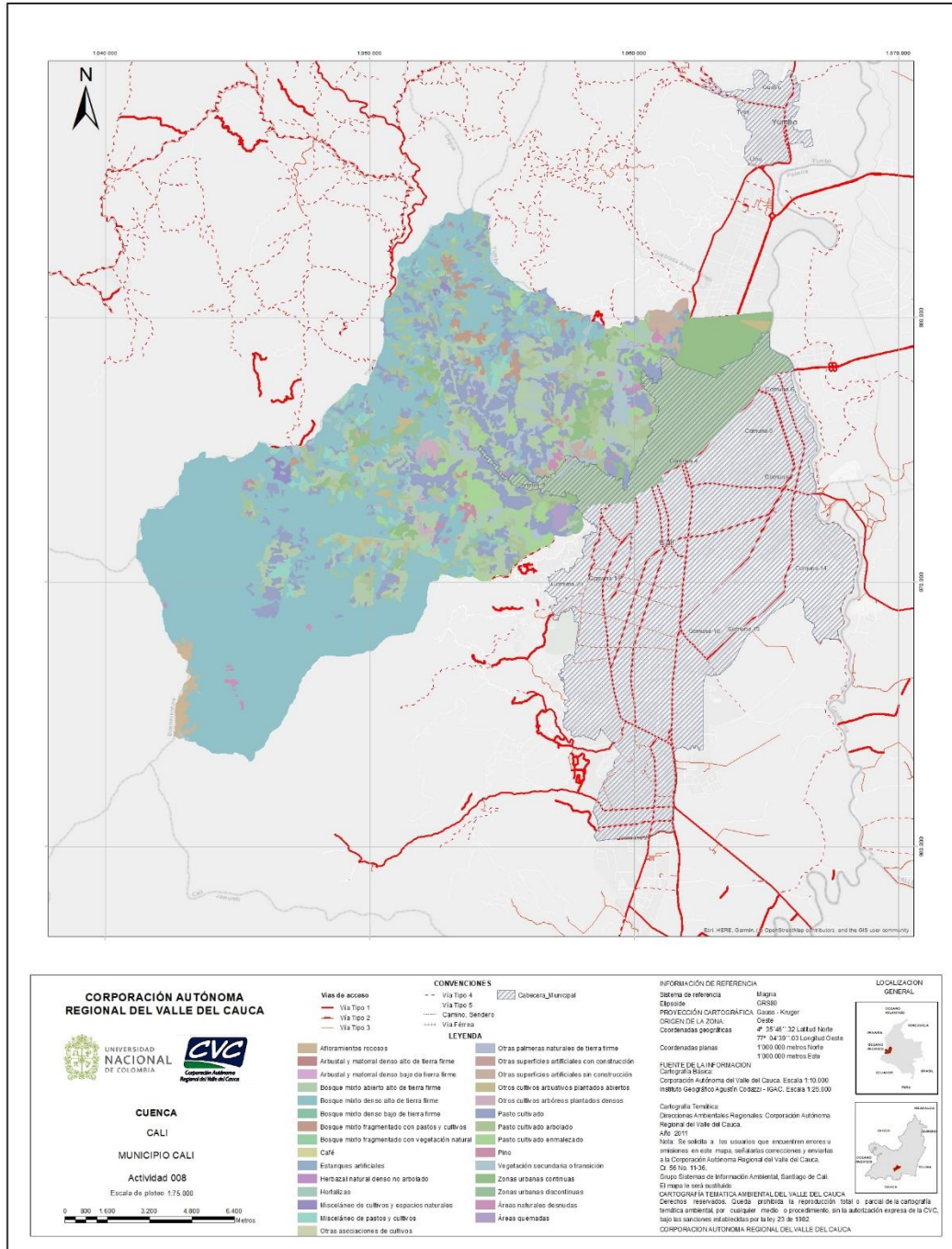


Figura 11. Cuenca Cali, casco urbano de Cali y cobertura del suelo.

Como corregimientos altamente agrícolas se destacan: Los Andes y La Leonera con el 39,7% y el 15% respectivamente, del total de su área destinada a usos agrícolas, seguidos por Pichindé y Castilla con el 12,5% y 11,8%. En los corregimientos de la zona rural, la cobertura del suelo incluye caña de azúcar, en la zona plana; en la zona de ladera, en el corregimiento de los Andes, se estima un área de 470 ha de siembra

de productos agrícolas. En la Tabla 8 se presentan los cultivos y el área sembrada de cada uno, ordenados de mayor a menor, durante el año 2018 en el municipio de Cali, además, área cosechada, producción y rendimiento.

Tabla 8. Cultivos sembrados en el municipio de Cali durante el 2018. Fuente: (UMATA-Cali, 2018).

Cultivo	Año	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)
Caña Azucarera	2018	4743	3379	526758	155.89
Café	2018	656	614	635	1.03
Yuca	2018	40	40	740	18.5
Maíz Tradicional	2018	35	35	105	3
Plátano	2018	33	33	231	7
Cítricos	2018	28	23	184	8
Plantas Aromáticas	2018	20	20	60	3
Frijol Ladera	2018	15	15	12	0.8
Cilantro	2018	13	13	65	5
Guayaba	2018	12	12	96	8
Habichuela	2018	12	12	36	3
Lechuga	2018	10	10	70	7
Mora	2018	10	10	70	7
Repollo	2018	8	8	64	8
Tomate	2018	6	6	120	20
Tomate de Árbol	2018	6	6	33	5.5
Tomate Invernadero	2018	6	6	180	30
Acelga	2018	5	5	20	4
Aguacate	2018	5	5	25	5
Perejil	2018	5	5	15	3
Pimentón	2018	5	5	40	8
Flores y Follajes	2018	4	4	8	2
Zanahoria	2018	3	3	90	30
Aji	2018	2	2	8	4

Los cultivos con mayor área sembrada durante el 2018 en el municipio de Cali fueron: caña azucarera (4.743 ha), café (656 ha) (Figura 12).

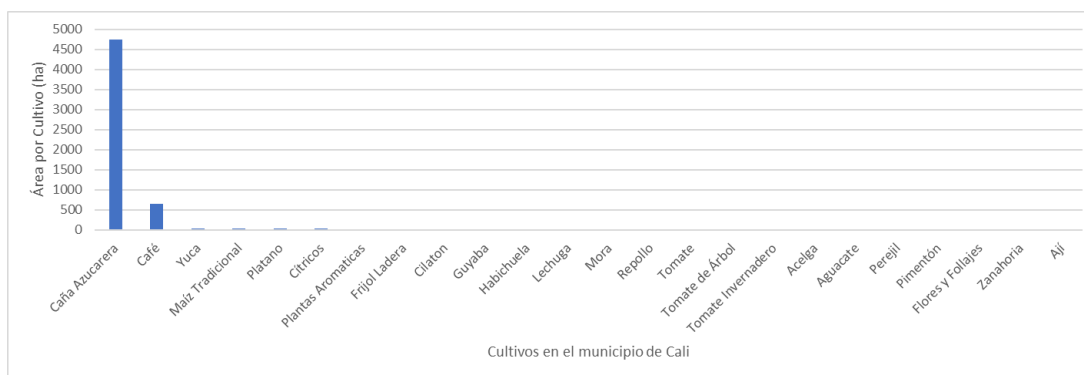


Figura 12. Área en hectáreas de cultivos sembrados en el municipio de Cali durante el 2018. Fuente: (UMATA-Cali, 2018).

En la Figura 13 se excluyen los dos cultivos más representativos para determinar otros cultivos importantes, como: yuca (40 ha), maíz tradicional (35 ha), plátano (33 ha), cítricos (28 ha) y plantas aromáticas (20 ha).

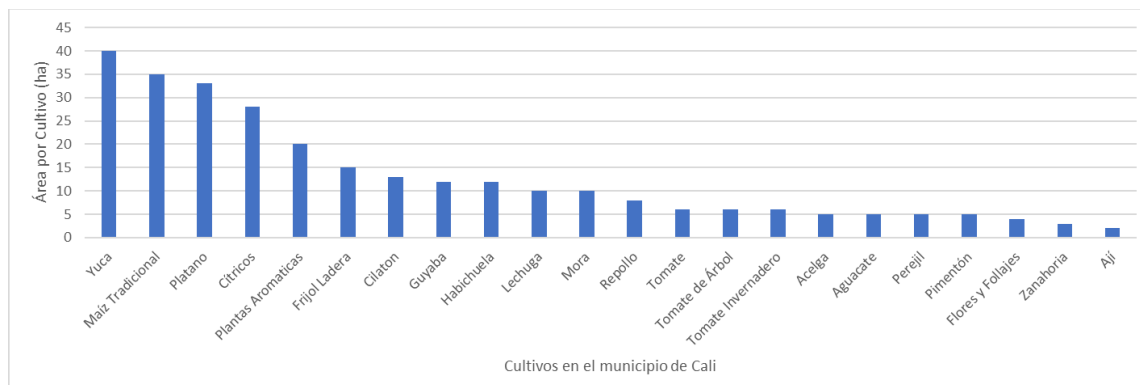


Figura 13. Área de cultivos sembrados en el municipio de Cali durante el 2018. Fuente: (UMATA-Cali, 2018).

Los grados de erosión presentados en la cuenca se pueden observar en la Tabla 9. Los procesos de erosión más graves, detectados en la cuenca, están asociados a la ganadería extensiva y a la intercalación de este uso con rastrojos; estos procesos de erosión se concentran en la zona de piedemonte; por otro lado, la erosión menos severa está asociada a las áreas destinadas a bosque natural (CVC, 2011). Sin embargo, la erosión que se presenta en el 51,3% de la cuenca es erosión natural (CVC, 2008). Las áreas destinadas exclusivamente a la ganadería extensiva y las que intercalan este uso con rastrojos, presentan el 92,5% (1.049,2 ha) y el 83,5% (372,3 ha) de su cobertura respectivamente, con un grado de erosión severo a muy severo, afectando principalmente el sur de la subcuenca del Río Chocho, al sur de la cuenca del Aguacatal y al oriente del Cabuyal, caracterizadas por pendientes fuertes y zonas de piedemonte con suelos susceptibles.

Tabla 9. Erosión del suelo en la cuenca Cali. Fuente: (CVC, 2008).

Tipo de Erosión	Área (ha)	Área (%)
Ligera	632,1	2,9
Moderada	2.937,9	13,7
Muy severa	958,4	4,5
Natural	11.038,4	51,3
Severa	3.006,1	14,0
Sin evaluar	2.924,1	13,6
TOTAL	21.497,2	100,0

Para la definición de las áreas de estudio (cruces cuenca-municipio) se tuvo en cuenta la siguiente información:

- a) Cartografía disponible suministrada por CVC a escala 1:25.000, con temáticas como ordenes de suelo y coberturas.
- b) Información de contacto con actores relevantes de cada cuenca, se incluyen UMATAS, representantes de asociaciones de agricultores, asistentes técnicos, representantes de empresas dedicadas a la agroindustria, pequeños agricultores, entre otros. Se concretaron reuniones y se realizó la socialización inicial, donde se identificaron áreas y cultivos relevantes para el estudio de línea base, representativos en cada una de las cuencas. Se acordaron visitas a los predios para verificar ubicación dentro de la cuenca, cultivos manejados, sondeo de suelos, entre otros.
- c) Información de municipios, cultivos predominantes en las cuencas RUT, Dagua y Cali, asociando los municipios asignados La Unión, Restrepo y Cali, respectivamente.

De acuerdo con la metodología establecida para el levantamiento de la línea base prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo, además de recolectar la información primaria en cada uno de los predios seleccionados, se decidió realizar encuesta de prácticas realizadas en el ciclo de los cultivos, muestreo de suelos y muestreo de agua utilizada en riego. Otros criterios que se consideraron en el desarrollo de las actividades son:

- Tipo de agricultores en el área (pequeños, medianos, grandes).
- Grado de tecnificación: tradicionales, semitecnificados, tecnificados.
- Tipo de cultivo: permanente, semipermanente, transitorio.
- Cercanía y uso de a fuentes hídricas para riego.

4.1. ÁREA DE ESTUDIO CUENCA RUT MUNICIPIO LA UNIÓN

Los principales ordenes de suelo en al cuenca RUT/municipio La Unión son: en la zona alta son predominan los Entisoles, Andisoles y Alfisoles, mientras que en el piedemonte y en la zona plana los suelos del orden Vertisoles, Inceptisoles y Molisoles (Figura 15).

De acuerdo con la información reportada por CVC (2021), las coberturas de suelo predominantes en el cruce de interés entre la cuenca RUT y el municipio de La Unión son: 4080 ha de pastos cultivados (36,80%), caña de azúcar 1.395 ha (12,59%), Vid con 1.179 ha (10,64%), otros cultivos agrícolas como el maíz con 719 ha (6,49%), guayabo con 393 ha (3,55%), misceláneos de árboles frutales con 329 ha (2,98%), y el cultivo asociado café-plátano con 179 ha (1,62%). En general, en la parte de

pedemonte y de ladera predominan los cultivos de pasto, café y el policultivo café-plátano, mientras que, en la zona plana, entre el canal interceptor de drenaje y el canal marginal, se destacan los cultivos de caña de azúcar, uva y maíz (Figura 16).

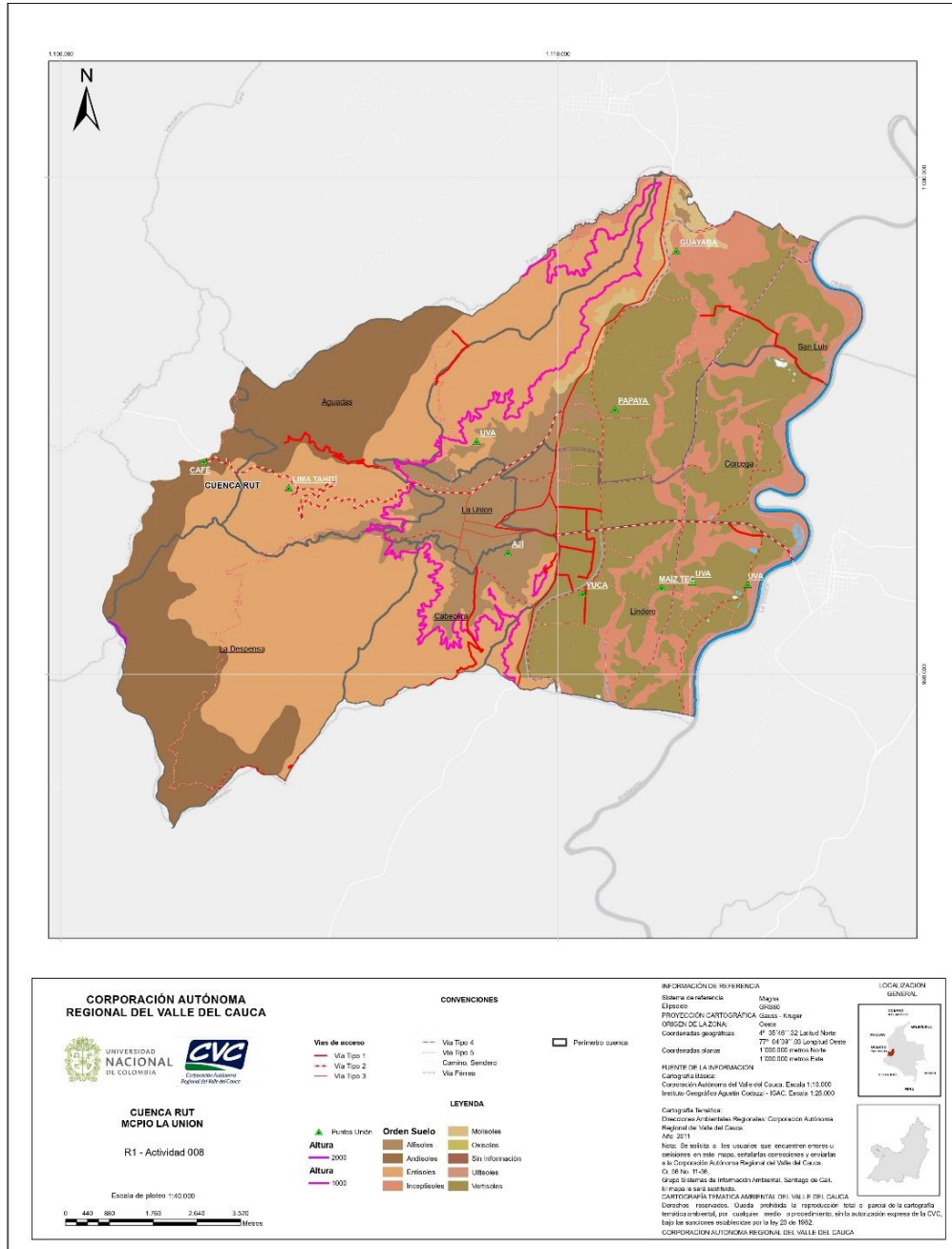


Figura 15. Ordenes de suelo en la cuenca RUT (municipio La Unión). Fuente: Geodatabase CVC (2021).

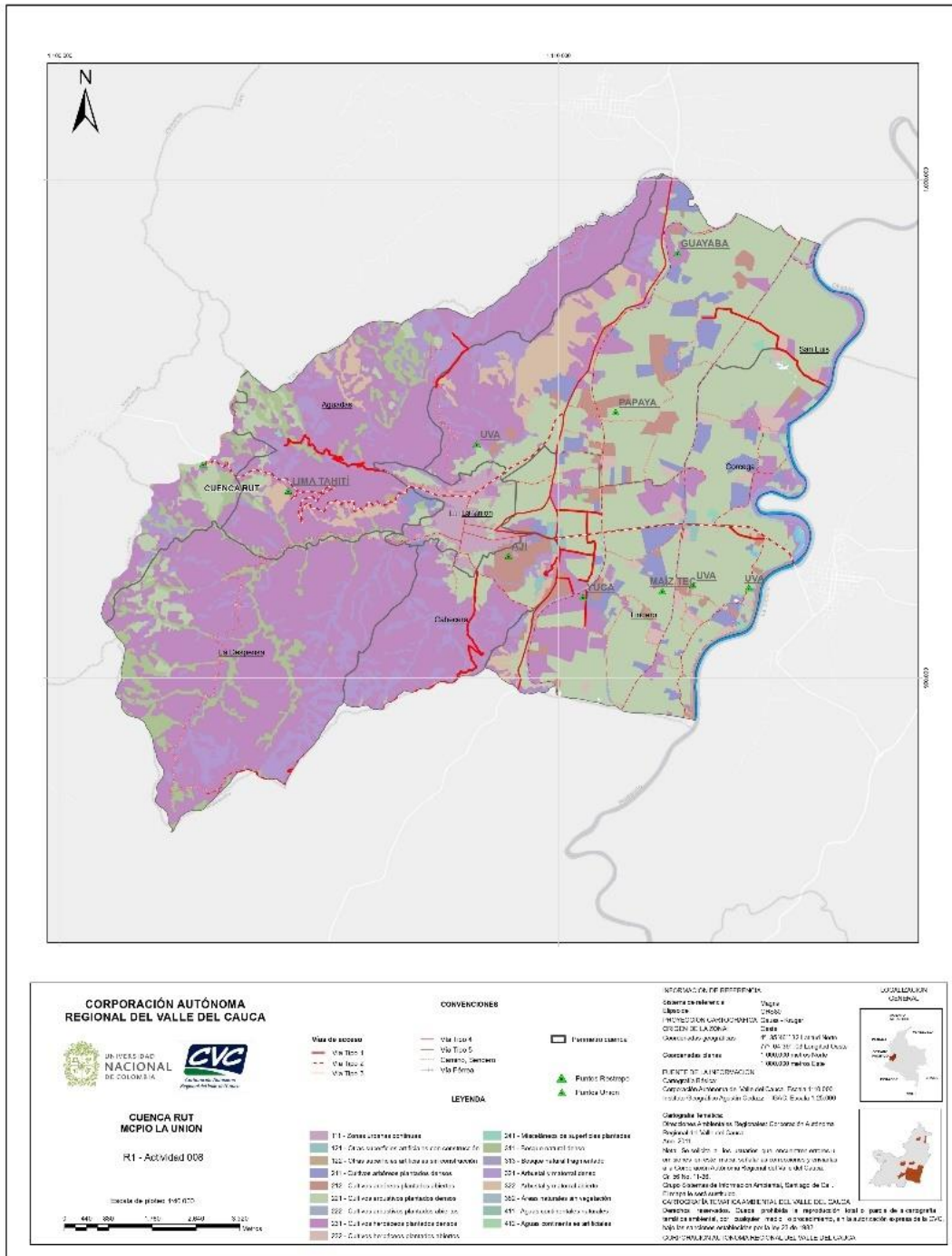


Figura 16. Cobertura del suelo de la cuenca RUT. Fuente: Geodatabase CVC (2021). Tabla en Anexo 1.

Con respecto a la cobertura de la zona de interés en la cuenca Dagua el 28,99% del área de la cuenca corresponde a la cobertura pasto cultivado con 5.495 ha, posteriormente se encuentra la cobertura herbazal natural abierto subxerofítico con 3.129 ha (15,51%), seguida de la vegetación secundaria o en transición con 2.686 ha (14,17%), y el cultivo de pastos enmalezados con 1.192 ha (6,29%); en cuanto a cultivos predomina los bosque plantados como eucaliptos con 1.069 ha (5,64%), los pinos con 762 ha (4,02%), y en cuanto a cultivos agrícolas se encuentran la piña con 631 ha (3,33%) y miscelánea de pastos y cultivos con 199 ha (1,05%) (Figura 18) (CVC, 2021).

4.3. ÁREA DE ESTUDIO CUENCA CALI MUNICIPIO CALI

Los principales ordenes de suelo en la zona de interés dentro de la cuenca Cali, son: Inceptisoles, Andisoles y Entisoles en la zona de piedemonte y ladera, mientras que en la zona plana se destacan los Vertisoles (Figura 19).

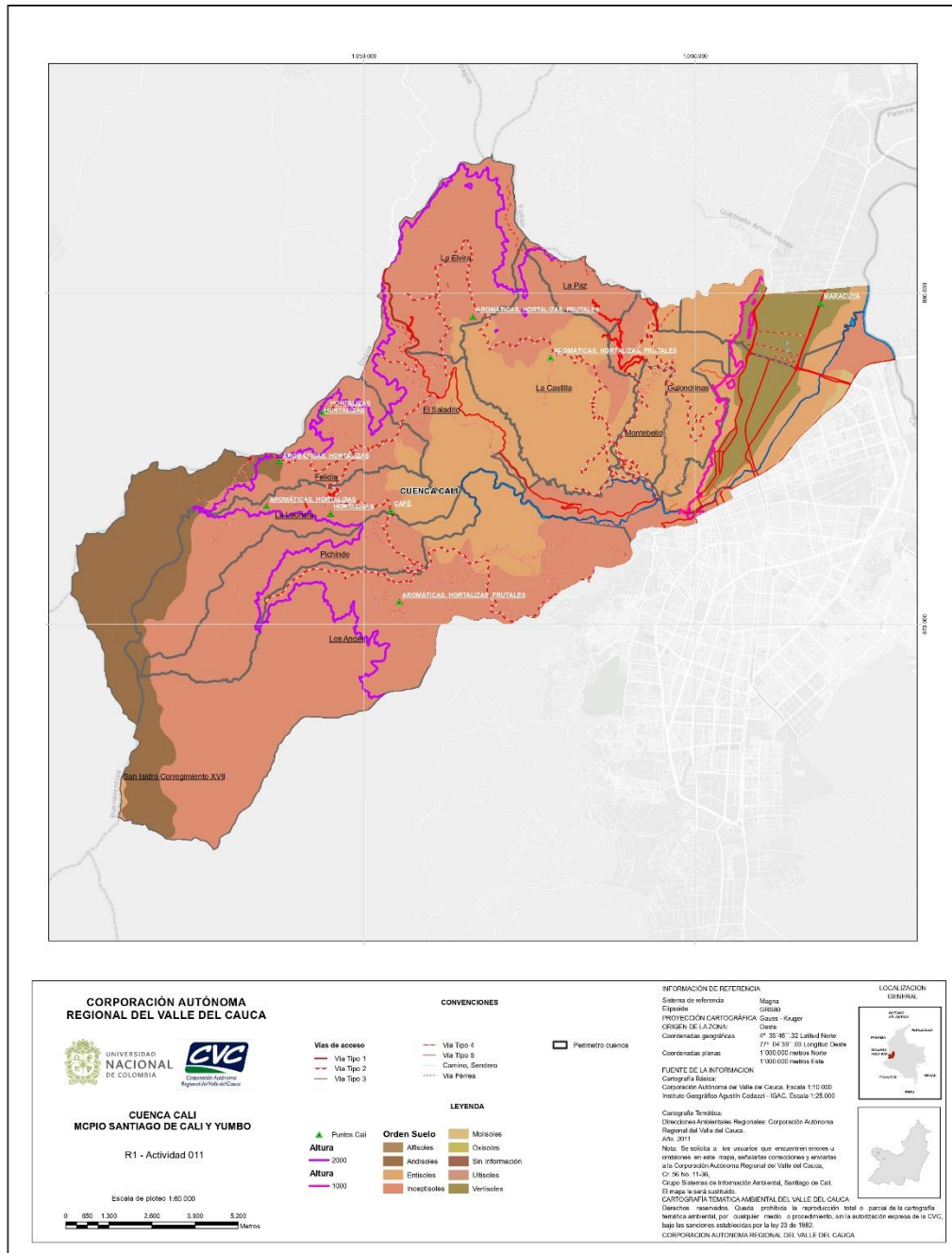


Figura 19. Ordenes de suelo cuenca Cali (municipio Cali). Fuente: Geodatabase CVC (2021).

5. METODOLOGÍA

Para el levantamiento de la línea base de las prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo, se definieron las áreas de estudio que corresponden a la delimitación cartográfica existente entre el límite geográfico del área de la cuenca de interés, con la división político-administrativa de cada municipio asignado por la CVC: Cuenca RUT- municipio La Unión, Cuenca Dagua- municipio Restrepo y Cuenca Cali- municipio Cali. El desarrollo del proyecto incluye el desarrollo de las siguientes fases:

- Priorización de áreas de estudio y cultivos más relevantes por cuenca.
- Diseño del esquema de recolección de información, con base en categorización geográfica: cuencas/municipios priorizados, ordenes de suelo e información de cultivos.
- Resultados aplicados a estudios de caso de predios seleccionados por categoría establecida, que incluye la toma de muestras de muestras de suelo y agua.

5.1. PRIORIZACIÓN DE CULTIVOS Y PREDIOS

La priorización de cultivos en cada uno de los cruces cuenca/municipio se realizó teniendo en cuenta los factores condicionantes más relevantes en la implementación de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo (Figura 21). Estos factores están relacionados con las condiciones edafoclimáticas de la zona cuenca/municipio, entre los más importantes se encuentran: tipo de pendiente, altura sobre el nivel del mar, orden de suelo y provincia de humedad. Otros factores condicionantes son el grado de tecnificación, tipo de cultivo y las prácticas agronómicas. La relación entre factores condicionantes permitió establecer el desarrollo de diferentes prácticas.

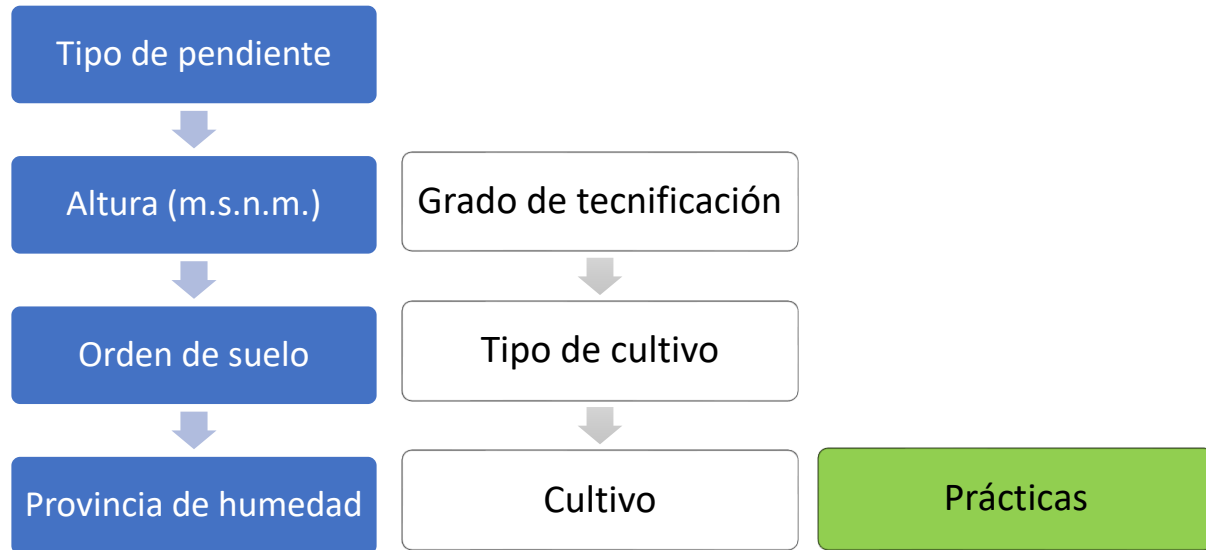


Figura 21. Factores condicionantes en la priorización de cultivos y predios.

Teniendo en cuenta que se busca la priorización de cultivos y prácticas representativas en las áreas de las cuencas definidas por la CVC, el criterio más relevante en la selección está asociado al cultivo como el factor condicionante. En la selección de los cultivos se utilizó la información reportada en la plataforma de datos abiertos del Gobierno nacional de Colombia, a través de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVAs) del año 2020; los otros factores, ayudaron a definir las zonas donde realizar el levantamiento de información primaria (encuestas y muestreo de suelos y aguas), para los cruces cuenca/municipio.

5.2. LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE SOBRE PRÁCTICAS, TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS

En la Actividad 008 “*Levantamiento de línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo*”, vigencia 2021, se utilizó un formato de encuesta semiestructurada, que permitió la consolidación de información primaria sobre prácticas agronómicas utilizadas en el manejo de cada uno de los cultivos priorizados. El alcance de la encuesta incluyó la siguiente información (Anexo 4: Formato de encuesta):

- Identificación del propietario del predio.
- Información sobre ubicación del predio (corregimiento, vereda, área del predio, coordenadas, cultivo principal, entre otras).
- Información sobre los cultivos (cultivo principal, cultivos anteriores, cultivos aledaños, sistema de cultivo, entre otras).
- Manejo de la fertilización del cultivo (fertilizantes que aplica, método de aplicación, aplicación de materia orgánica, uso de insumos biológicos, biopreparados, uso de enmiendas, entre otros).

- Preparación del terreno (tipo de labranza, implementos utilizados, adecuación de drenajes, entre otros).
- Información sobre el riego (tipo de sistema, toma del agua, tratamiento previo, lamina aplicada en el cultivo, monitoreo de variables climáticas, entre otros).
- Manejo de arvenses (insumos aplicados, dosis, elementos de protección personal, entre otros).
- Manejo de plagas y enfermedades (principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo, insumos utilizados para su manejo, dosis aplicadas, rotación de insumos, entre otros).
- Certificaciones con las que cuenta (BPA, agricultura orgánica, SPG, de tercera parte, consumidores, entre otros).

Adicionalmente, en la consolidación de la información primaria de prácticas agronómicas se realizaron observaciones en las visitas de campo con el fin de verificar información obtenida en las encuestas; también se realizaron entrevistas a asistentes técnicos de cada cuenca, individuales y grupales (comité de expertos), para establecer una base sólida sobre las prácticas, técnicas y tecnologías utilizadas en cada cultivo (Figura 22).

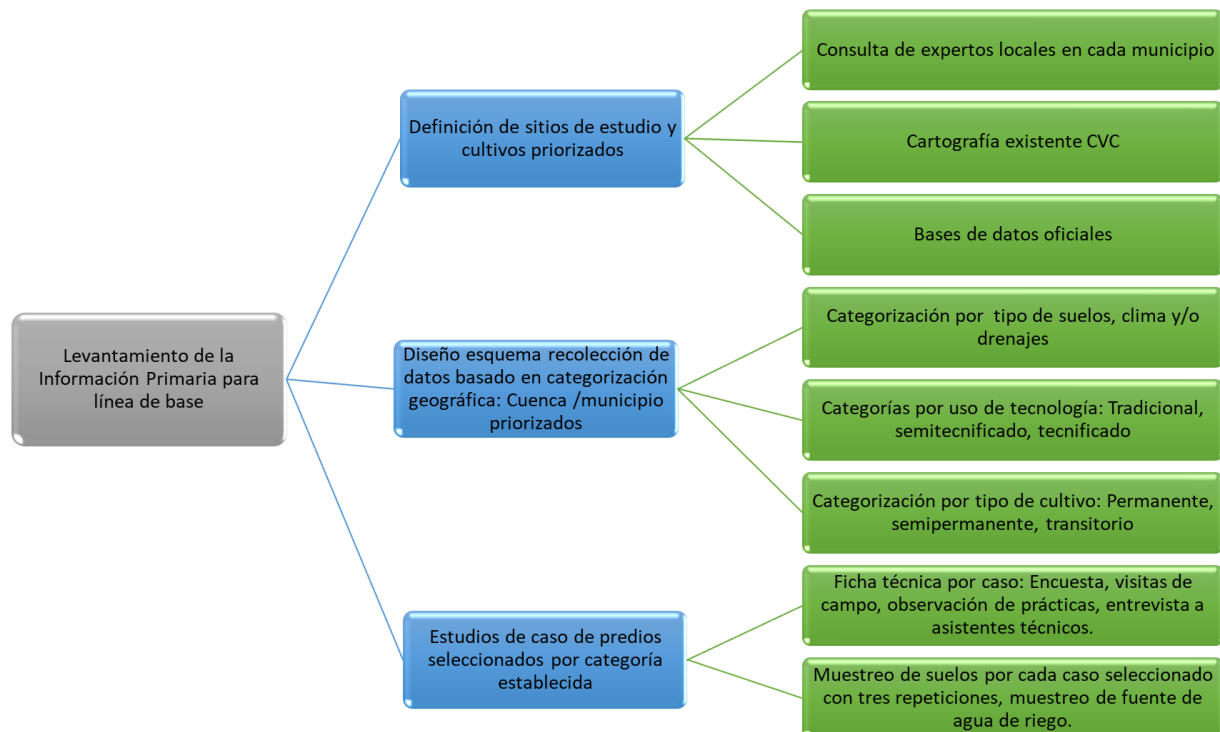


Figura 22. Mapa conceptual levantamiento de línea base prácticas, técnicas y tecnologías asociadas al uso y manejo del suelo.

5.3. CAMPAÑAS DE MUESTREO DE SUELOS Y AGUAS

Esta actividad se dividió en dos fases, la primera orientada a levantar la información de las propiedades del suelo, mediante el reconocimiento superficial del mismo y la toma de muestra para su correspondiente análisis de laboratorio; la segunda fase se concentró en la obtención de información sobre las prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo mediante la metodología de encuesta semiestructurada y panel de expertos.

5.3.1. Levantamiento de información primaria de suelos y aguas

El esquema de recolección de información primaria, para las campañas de recolección de muestras de suelos y aguas se resume a continuación:

- a) Localización de predios y cultivos priorizados de acuerdo con los factores condicionantes (cultivo, grado de tecnificación, ordenes de suelo, entre otros).
- b) Acercamiento y acuerdos con los propietarios de predios, incluye visita de reconocimiento y recorrido inicial.
- c) Con apoyo de los propietarios de predios, se dividen los cultivos principales y se establecen lotes por características homogéneas evidentes (tipo de pendiente y capas superficiales del suelo).
- d) Sondeo con barreno hasta un metro de profundidad (cuando es posible), para determinar horizontes, cambios de color de los horizontes, profundidad de los horizontes, textura o limitantes.
- e) Elaboración de una calicata por predio visitado en un lote representativo.
- f) Selección de tres lotes para el muestreo de suelos.
- g) Toma de submuestras representativas del lote, homogenización en recipiente y separación de una muestra disturbada por lote para análisis de variables fisicoquímicas.
- h) Toma de muestra en cilindro biselado para análisis de variables físicas en suelo sin disturbar.
- i) Toma de una muestra de agua (riego) para análisis de propiedades químicas.

El sondeo con barreno en los lotes seleccionados se realizó para reconocer la longitud del primer horizonte y si existe alguna condición especial en los horizontes más profundos que determinen su comportamiento y su susceptibilidad: nivel freático, capas endurecidas, entre otras, si se requiere se hace una calicata para evidenciar lo encontrado (Figura 23).



Figura 23. Sondeo con barreno realizado en la cuenca Cali.

Para el muestreo de suelos en los predios seleccionados, se realizó un recorrido en forma de zigzag por el lote para tomar submuestras entre 0 y 30 cm de profundidad, con ayuda de un barreno o con una pala, las cuales se homogenizan en un recipiente para luego extraer una muestra compuesta (aproximadamente 1,5 Kg), la cual será utilizada para evaluar las características fisicoquímicas en suelo disturbado. Para los parámetros que se evalúan en suelo no disturbado, se obtuvo una muestra en el centro del lote por el método del cilindro. Las muestras tomadas se marcan debidamente con fecha, código consecutivo correspondiente a cada cuenca y tipo de análisis, posteriormente se empaican en bolsa doble para ser enviadas al laboratorio (Figura 24).



Figura 24. Muestreo de suelos: A) muestreo de suelo disturbado; B) muestreo de suelo sin disturbar.

Los muestreos de agua para riego se realizaron en dos épocas, una de alta y otra de medias a bajas precipitaciones, con el objetivo de evitar posibles diluciones en las concentraciones de los elementos que se encuentren presentes; en este sentido en cada cruce/cuenca se tomaron 10 muestras de agua durante la temporada de altas

precipitaciones, mientras que en la temporada de medias a bajas precipitaciones se tomaron 15 muestras: 6 en la cuenca RUT (municipio de La Unión), 5 en la cuenca Dagua (municipio de Restrepo), y 4 en la cuenca Cali. En la Tabla 10 se presentan las variables fisicoquímicas a evaluar en suelo y el método de cuantificación.

Tabla 10. Propiedades fisicoquímicas evaluadas.

Variable	Sigla y Unidades	Método
Textura	T	Bouyoucos
Capacidad de Campo	CC (%)	Olla de Presión
Punto de Marchitez Permanente	PMP (%)	Olla de Presión
Densidad Aparente	Da (g/cm ³)	Cilindro Biselado
Conductividad Hidráulica	Kh (cm/h)	Permeámetro Cabeza Constante
Humedad a Diferentes Tensiones	(%p/v)	Gravimetría/Olla de Succión
Estabilidad de Agregados	(%p/p)	Yoder/Húmedo
Potencial de Hidrogeno	pH	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	CE	Potenciómetro
Materia Orgánica	MO (%)	Walkley-Black
Potasio	K (meq/100g)	Ac. NH ₄ /Absorción Atómica
Calcio	Ca (meq/100g)	Ac. NH ₄ /Absorción Atómica
Magnesio	Mg (meq/100g)	Ac. NH ₄ /Absorción Atómica
Sodio	Na (meq/100g)	Ac. NH ₄ /Absorción Atómica
Hierro	Fe (mg/Kg)	Olsen modificado/Absorción Atómica
Manganeso	Mn (mg/Kg)	Olsen modificado/Absorción Atómica
Cobre	Cu (mg/Kg)	Olsen modificado/Absorción Atómica
Zinc	Zn (mg/Kg)	Olsen modificado/Absorción Atómica
Boro	B (mg/Kg)	Ca(OH)PO ₄ /Colorimétrico
Fosforo	P (ppm)	Bray II/Colorimétrico
Azufre	S (ppm)	Ca(OH)PO ₄ /Colorimétrico
Al intercambiable	Al (mg/Kg)	Extracción KCl (pH<5,5)/Volumetría

5.3.2. Cadena de custodia de las muestras y envío a laboratorio

Para asegurar que las muestras de suelos y aguas tomadas en cada predio lleguen al laboratorio de forma adecuada y en el menor tiempo posible, se implementó una metodología que permitió garantizar la cadena de custodia:

- Campañas de muestreo siguiendo los protocolos sugeridos por el laboratorio de Agrosavia.
- Empacado y embalado de las muestras en la misma localidad donde se extraen.

- Marcación adecuada de cada muestra con un código consecutivo referente a cada cuenca.
- Información del sitio (coordenadas geográficas, nombre de la vereda, finca, propietario, entre otras).
- Diligenciamiento de los formatos establecidos para el envío de muestras (GA-F-71 BD SUELOS FÍSICA y GA-F-71 BD SUELOS QUÍMICA, cada uno en su versión actualizada).
- Envío de las muestras adecuadamente rotuladas y con el formato correspondiente en el que se informa número de muestras enviadas y la numeración establecida.

5.4. ANÁLISIS DE PROPIEDADES DE SUELOS Y AGUAS

Las variables fisicoquímicas de suelos y aguas se analizaron con el software de acceso libre RStudio, versión 4.0.2, se realizó análisis de varianza (ANOVA), y la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan para estimar diferencias significativas entre predios en las variables fisicoquímicas evaluadas.

Adicionalmente, se estableció correlaciones entre variables en los análisis fisicoquímicos de aguas y suelos, a través del método de Pearson; se realizó un análisis multivariado de Análisis de Componentes Principales (ACP), y así estimar las variables que más contribuían en la variabilidad de los datos obtenidos con el muestreo de suelos y aguas; posteriormente se usó el ACP como insumo para aplicar el método K-Means y realizar un análisis de clasificación no supervisada, que permitiera segmentar los datos en grupos (o clusters) similares estadísticamente.

5.5. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Para el análisis de la información en cultivos priorizados en las cuencas, se propone realizar un “Análisis de Sostenibilidad Agrícola– ASA” como fundamento del Estudio de Línea Base – ELB. Este enfoque en el análisis de la información, permitir establecer el impacto en el suelo de las prácticas, técnicas y tecnologías desarrolladas, evaluar la sostenibilidad del recurso y generar una propuesta de seguimiento en el tiempo.

Las evaluaciones de sostenibilidad agrícola son el mecanismo más adecuado para determinar si un método, alternativa o tendencia de producción de cultivos es viable, desde los puntos de vista ambiental, económico y social. Estas evaluaciones se realizan por medio de herramientas basadas en indicadores, algunos asociados con las propiedades, la composición, los procesos y el manejo del suelo (Monsalve, Boja, & Henao, 2021).

La evaluación de la sostenibilidad es uno de los enfoques más relevantes para mitigar los impactos del manejo inadecuado de los cultivos en el medio ambiente, la sociedad y

la economía. Implica tres pilares o el triple resultado: viabilidad económica, equidad social e integridad ecológica (De Luca et al., 2017). Sin embargo, la sostenibilidad agrícola no se mide fácilmente (Pollesch & Dale, 2015). Además de ser multidimensional, puede llevarse a cabo a diferentes escalas geográficas: global, nacional, regional, y a nivel de predio o unidad de producción (Bockstaller, Feschet, & Angevin, 2015) (Marchand, y otros, 2014).

En este sentido, se utilizará la información primaria obtenida en el ELB, tanto en las encuestas, como en los muestreos de suelo, para construir indicadores que permitirán establecer la sostenibilidad agrícola de las prácticas realizadas en cada predio muestreado, únicamente para el “**aspecto ambiental**” (Figura 25). La información obtenida mediante las encuestas realizadas a los agricultores y las visitas de campo, se procesarán mediante el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), que consiste en un método de evaluación de la sustentabilidad de sistemas de recursos naturales. El MESMIS permite medir la sustentabilidad a través de la comparación de dos sistemas o más al mismo tiempo o analizar la evolución de un sistema a lo largo del tiempo (Albicette, Brasesco, & Chiappe, 2009).

Para construir el MESMIS se debe establecer una clara categorización por cada indicador, el cual permitirá observar diferencias entre las formas de manejo y cómo impacta en la sostenibilidad del uso del suelo, debido a las prácticas, técnicas y tecnologías implementadas. Esta categorización se establece otorgando tantos niveles al cada indicador como se crea necesario (ej: nivel alto de sostenibilidad: 5, nivel medio: 3, nivel bajo: 1); un indicador puede estar construido por más de un subindicador, otorgando robustez al análisis. Posteriormente, los datos obtenidos para cada indicador se visualizan mediante un gráfico ameaba, permitiendo comparar diferentes predios entre sí, u observar las debilidades y fortalezas en cada predio.

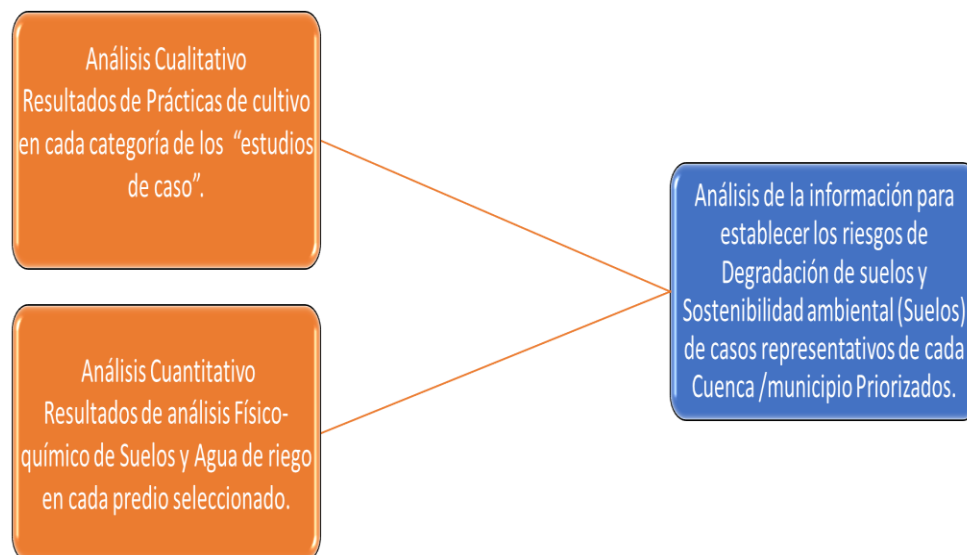


Figura 25. Mapa conceptual análisis de sostenibilidad agrícola de las prácticas de manejo y uso del suelo.

Con el objetivo de establecer el efecto de las prácticas sobre la sostenibilidad ambiental del suelo, se propuso realizar un análisis que permita visualizar en forma de datos y graficas las respuestas dadas por los agricultores en cada predio; esta información permite identificar si las prácticas realizadas actualmente podrían tener un impacto negativo a largo plazo en la capacidad del suelo para sostener los sistemas productivos. Para lograr este objetivo se definieron indicadores y subindicadores de la sostenibilidad ambiental del suelo con respecto a las prácticas realizadas. En la Tabla 11 se observan los indicadores y subindicadores definidos para este análisis.

En la Tabla 11 se incluyen los seis indicadores ambientales generados en torno a las prácticas realizadas en el suelo, a los cuales están asignados un grupo de subindicadores que permitirán valorar si la práctica puede generar la insostenibilidad del sistema productivo a largo plazo. Para que los subindicadores permitan realizar esta valoración se asignó un rango de 1 a 5 para cada uno de ellos, donde 5 se refiere a prácticas que permiten conservar las características actuales del suelo y por tanto a largo plazo continuar produciendo alimentos, mientras que 1 se refiere a prácticas que en el largo plazo generar pérdida de la capacidad del suelo para sostener los sistemas productivos. En la Tabla 12 se relaciona los rangos de calificación propuestos para cada subindicador.

Tabla 11. Indicadores y subindicadores de sostenibilidad ambiental de las prácticas agrícolas sobre el suelo.

Indicadores de Sostenibilidad	Subindicador
A. Conservación Propiedades Biológicas del Suelo	A1. Rotación de cultivos
	A2. Diversificación de cultivos
	A3. Incorporación materia orgánica compostada
	A4. Prácticas de Conservación
	A5. Manejo de Arvenses
	A6. Tipo de Cultivo
B. Conservación propiedades Físicoquímicas del Suelo	B1. Preparación del terreno
	B2. Tipo de Preparación del Terreno
	B3. Tipo de surcado respecto a la dirección de la pendiente
C. Manejo del riesgo de degradación del suelo	C1. Pendiente predominante
	C2. Cobertura vegetal
	C3. Prevención Salinización
	C4. Uso de Enmiendas
	C5. Periodicidad de la Mecanización
	C6. Periodicidad de Uso de Plaguicidas
D. Manejo de la biodiversidad	D1. Uso/Siembra de variedades del mismo cultivo
	D2. Gestión de plagas
	D3. Manejo semilla de calidad
E. Adaptación al cambio climático	E1. Cosecha/almacenamiento de agua lluvia
	E2. Acceso al recurso hídrico
	E3. Sistema de riego
	E4. Acceso a información agrometeorológica
F. Nivel Asistencia Técnica	F1. Nivel Técnico de la Producción
	F2. Asistencia Técnica y Capacitación
	F3. Nivel de capacitación de quien maneja el cultivo

Tabla 12. Escala de calificación por cada subindicador.

Subindicador	Escala de valor del subindicador
A1	5) Deja descansar un año el lote/incorpora leguminosas o abonos verdes; 4) Rota el lote con otro cultivo (fija nitrógeno o corta ciclo de plagas y /o enfermedades). No deja descansar el suelo; 3) Rota el campo cada año; 2) Realiza rotaciones eventualmente; 1) No realiza rotaciones.
A2	5) Totalmente diversificados con más de 5 cultivos; 4) hasta 4 cultivos asociados por parcela; 3) tres cultivos asociados; 2) 1 dos cultivos bajo, nivel de asociación; 1) Monocultivo.
A3	5) >5 t/ha; 4) Entre 5 y 3 t/ha; 3) Entre 1 y 3 Ton/ha; 2) <1 Ton/ha; 1) no incorpora MO o aplica MO no compostada.
A4	5) Incorpora arvenses, residuos de cosecha, abonos verdes; incorpora o conserva microorganismos eficientes y HMA; 4) Solo 4-3 de las anteriores; 3) Solo 2 de las anteriores; 2) Solo 1 de las anteriores; 1) No realiza prácticas de conservación de la biodiversidad funcional.
A5	5) Manual; 4) Cultural y manual; 3) MIA (Manejo Integrado de Arvenses); 2) Herbicidas y manual; 1) Solo herbicidas.
A6	5) Permanente (>6 años); 4) Permanente (entre 2 a 6 años); 3) Semipermanente (1 a 2 años); 2) Transitorio (8 a 12 meses); 1) Transitorio (<8 meses).
B1	5) Labranza cero; 4) Labranza mínima; 3) Yunta (2) Labranza mecanizada liviana; (1) Labranza mecanizada pesada.
B2	5) Mínima; 4) Siembra Mecanizada; 3) Rastra; 2) Rastra y Surcado; 1) Rastra, surcado y cama.
B3	5) Curvas de nivel; 4) Contra la pendiente (90 grados); 3) Contra la pendiente (<90 grados hasta 60 grados); 2) Contra la pendiente (hasta 45 grados); 1) A favor de la pendiente (<45 grados).
C1	5) Plana a suavemente inclinada (0 al 7 %); 4) Inclinada (7 al 11 %); 3) Muy Inclinada (11 al 19 %); 2) Abrupta (19 al 40 %); 1) Escarpada (> 40 %).
C2	5) Cobertura todo el año, cultivo, vegetación natural, rastrojos; 4) Cobertura durante el cultivo y con rastrojos; 3) Cobertura todo el año con dos cultivos consecutivos; 2) Cobertura parcial durante el cultivo; 1) Sin cobertura vegetal todo el año.
C3	5) Usa balance hídrico (BH), análisis de agua (AA), análisis de suelo (AS), tiene asistencia técnica (AT); 4) Tres de las anteriores; 3) Dos de las anteriores; 2) AS o BH o AA; 1) Ninguna.
C4	5) Con base en análisis de suelo (AS), en la dosis recomendada (DR) e insumo correcto (IC); 4) Con base en AS y en DR; 3) Con base en criterios técnicos (CT) de expertos sin AS; 2) Con base en CT consultados en la web para condiciones similares y/o conocimiento empírico (CE) del suelo y el cultivo; 1) Sin CT y/o con CE del suelo y cultivo o no realiza.
C5	5) Cada 6 a 10 años; 4) Entre 2 a 6 años; 3) Entre 1 a 2 años; 2) Entre 6 y 11 meses; 1) 3 a 6 meses.
C6	5) < 1 vez por mes; 4) 1 vez por mes; 3) 2 veces por mes; 2) 4 veces por mes; 1) >4 veces por mes.
D1	5) > 5 variedades; 4) 4 variedades; 3) 3 variedades; 2) 2 variedades; 1) 1 variedad.
D2	5) Control biológico aumentativo o conservación; 4) Control biológico clásico (introducción); 3) Plaguicidas biológicos; 2) MIPE; 1) Control químico.
D3	5) Siembra con semilla certificada; 4) Semilla propia seleccionada; 3) Semilla de mercado local; 2) Semilla no certificada; 1) Semilla de origen desconocido.
E1	5) >30% de la requerida por el cultivo en épocas de menor precipitación; 4) entre 20-30% de la requerida por el cultivo; 3) entre 10 y 20%; 2) entre 1 y 10%; 1) no realiza esta práctica.
E2	5) Distrito de riego; 4) Conexión a cuerpo de agua cercano; 3) Manejado por asociación de la comunidad; 2) Acueducto veredal; 1) no cuenta con infraestructura para acceder al recurso.
E3	5) Localizado y de alta frecuencia; 4) por aspersión; 3) por gravedad con sistema de conducción en polietileno; 2) por gravedad; 1) No tiene sistema de riego.
E4	5) Realiza el monitoreo- pluviómetro – termómetro; 4) Aplicación de monitoreo de IDEAM, Cafeteros, Cenicaña; 3) Aplicación de acceso libre internet; 2) acceso limitado; 1) no posee acceso.
F1	5) Usa análisis de suelos (AS), aguas (AA), asistencia técnica (AT) y certificación BPA; 4) AS, AT y BPA; 3) AS y AT; 2) AT; 1) Ninguna.
F2	5) Muy buena, idónea para su sistema; 4) Buena; 3) Media, requiere adecuar a su sistema de producción; 2) Baja, inadecuado para su sistema de producción; 1) Nula o no le sirve.
F3	5) Profesional agropecuario; 4) Tecnología agropecuario; 3) Técnico agropecuario; 2) Diplomados y/o cursos agropecuarios; 1) Ninguno.

Cada valor obtenido en los subindicadores por predio es luego promediado para obtener el valor de los indicadores, los que luego son promediados para obtener el dato de sostenibilidad global ambiental de las prácticas realizadas sobre el suelo. En la Tabla 13 se muestra categorización construida para los valores globales de sostenibilidad ambiental, así como un código de colores para mejor comprensión. Esta categorización también es aplicada a los valores obtenidos por subindicador y el promedio de los indicadores.

Tabla 13. Escala de categorización y código de colores de la aplicación del indicador de sostenibilidad ambiental.

Rango Sostenibilidad Ambiental Global	Categorización
4.51-5.00	Alta Sostenibilidad Ambiental de las Prácticas Implementadas
3.51-4.50	Buena Sostenibilidad Ambiental de las Prácticas Implementadas
3.00-3.50	Aceptable Sostenibilidad Ambiental de las Prácticas Implementadas
2.10-2.99	Baja Sostenibilidad Ambiental de las Prácticas Implementadas
0.00-2.09	Muy Baja Sostenibilidad Ambiental de las Prácticas Implementadas

6. LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS PRIORIZADOS DE LA CUENCA RUT MUNICIPIO LA UNIÓN

6.1. CULTIVOS Y PREDIOS PRIORIZADOS CUENCA RUT MUNICIPIO LA UNIÓN

Para la priorización de cultivos y predios en la Cuenca RUT Municipio la Unión se tuvieron en cuenta los principales factores condicionantes y su relación con las diferentes prácticas agronómicas. En la Tabla 14, se presenta el análisis general del comportamiento de los factores condicionantes en la Cuenca RUT Municipio la Unión.

Tabla 14. Análisis factores condicionantes para la priorización de cultivos y predios en la cuenca RUT (La Unión).

Factor condicionante	Diagnóstico general
Tipo de pendiente	<p>La cuenca RUT Municipio la Unión presenta dos zonas claramente definidas:</p> <p>1) Zona de ladera: que se encuentra en el pie de monte de la cordillera occidental. En las inmediaciones del casco urbano del municipio La Unión presenta áreas inclinadas (7-11%) y muy inclinadas (11-19%). Hay donde hay un desarrollo de agricultura semitecnificada y tradicional. También se encuentra una franja con altas pendientes (19-40%) y escarpadas (>40%), al occidente del municipio y hasta su límite con el municipio de Versalles, no es posible el uso de maquinaria agrícola, y en la que se desarrollan cultivos de frutales perennes (lima Tahití, aguacate y mango); en esta misma franja pero en la parte más alta de la cordillera occidental que corresponde al municipio de La Unión se presentan cultivos de café, plátano y cítricos en la que se practica una agricultura tradicional. 2) Zona plana: presenta pendientes planas (0-7%) a inclinadas (7-11%), en gran parte de esta área se encuentra el distrito de riego de Roldanillo, La Unión y Toro (RUT). Se encuentra dividida en tres sectores por los canales del distrito de riego (sector 2: zona de ladera y canal interceptor; sector 3: canal interceptor y dren principal, y sector 4: comprendido entre el dren y el canal marginal al río Cauca). Estas características permiten el desarrollo de una agricultura tecnificada, en donde predomina el uso de maquinaria y equipos especializados para labrar el suelo, asperjar plaguicidas y cosechar los cultivos.</p>
Altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)	<p>Esta condición es relevante para determinar el tipo de cultivo que se puede implementar en cada piso térmico. En la zona plana se presentan alturas entre 950 y 1.100 m.s.n.m., por lo que, se encuentra dentro de la franja cálida, y los cultivos que se desarrollan eficientemente corresponden a los de mayor adaptación a este clima, como son: maíz, uva, guayaba, yuca, etc. En la zona de ladera, comprendida entre los 1.300 y 1.700 m.s.n.m., corresponde al piso térmico medio, donde se desarrollan cultivos como: lima Tahití, mango, aguacate, plátano, cítricos y café.</p>
Orden de suelo	<p>El orden del suelo es un factor además de condicionar las prácticas de producción agrícola, también determina el efecto de la práctica sobre la salud del suelo. El orden más representativo de suelos en el municipio de La Unión en la zona plana (Sector 3 y 4), es Vertisol, y algunas franjas de Molisoles; en el área aledaña al casco urbano de La Unión (Sector 2), se encuentran Alfisoles. En la zona de ladera con pendientes abruptas donde se cultiva lima Tahití y mango, se encuentran Entisoles. La franja más alta de la cordillera</p>

Factor condicionante	Diagnóstico general
	occidental, correspondiente al municipio de La Unión, en el límite con el municipio de Versalles se encuentran Andisoles , con predominancia del cultivo de café en esa área.
Provincia de humedad	Este factor está relacionado con variables climáticas como: temperatura, evapotranspiración y humedad ambiental, en general, determina la respuesta de los cultivos a plagas y enfermedades, además, cuando se presentan eventos como precipitaciones o vientos, pueden condicionar la respuesta del suelo a prácticas de fertilización y riego. En zona plana del municipio de La Unión se presenta una condición seca; en la zona de ladera se presentan dos condiciones: a) muy seca que corresponde a las áreas con pendientes abruptas y escarpadas, en la vereda Sabanazo, donde se cultiva la lima Tahití y algunos cultivos de uva, y b) una reducida franja húmeda, en el área con cultivos de café de la parte alta del municipio.
Grado de tecnificación de los cultivos	Uno de los factores condicionantes más determinantes en el tipo de prácticas implementadas es el grado de tecnificación en el predio, a su vez condicionado por el tipo de pendiente y, en menor medida, por la condición socioeconómica del agricultor; en general, se pueden establecer tres grados de tecnificación: 1) predios con agricultura tradicional , regularmente practicada por pequeños agricultores de la zona plana y pequeños y medianos agricultores de la zona de ladera donde la mecanización agrícola es bastante limitada; 2) en la zona plana se presentan agricultores y empresarios agrícolas que practican una de agricultura tecnificada como en el cultivo de maíz, ají y papaya, en las que se utiliza maquinaria agrícola, riego por goteo, coberturas plásticas, entre otras; 3) tanto en la zona plana como en la de ladera se encuentran agricultores con cultivos semitecnificados , que adoptan en la medida de sus posibilidades, diversos grados la tecnología, técnicas y prácticas de la agricultura tecnificada.
Tipo de cultivo	En la cuenca RUT Municipio la Unión se presentan diferentes tipos de cultivo, que también condicionan la prácticas y el grado de interacción con el suelo, en este sentido, se pueden clasificar los cultivos en: 1) transitorios , que tienen un ciclo de cultivo menor al año, como maíz, ají jalapeño, pimentón, hortalizas, yuca, entre otros; 2) semipermanentes , cuyo ciclo de cultivo se encuentra entre 1 y 2 años, como papaya, maracuyá, entre otros; y 3) permanentes , que su ciclo de cultivo es mayor de 2 años y que se manejan regularmente con podas para obtener una o varias cosechas al año, este es el caso de la Vid (uva de mesa), cuyo ciclo es de 8 y 10 años, guayaba, entre otros.
Principales cultivos	De acuerdo con los factores condicionantes en la cuenca RUT (municipio La Unión), los cultivos más representativos, sin tener en cuenta la caña de azúcar (con 1.790 ha), son la uva, el maíz, café, guayaba, ají, papaya, cítricos y yuca. Esta información corresponde a lo reportado en las EVAs del año 2020 para el municipio de La Unión.

En la Tabla 15 y la Figura 26 se presenta las áreas de cultivo en la cuenca RUT Municipio la Unión. La línea de base se levantó mediante el estudio de caso de cada uno de los cultivos relacionados, excluyendo de este estudio el cultivo de caña de azúcar, ya que cuenta con estudios específicos de entidades especializadas como Cenicaña, Tecnicaña y Asocaña.

Tabla 15. Área sembrada por cultivos en la cuenca RUT (La Unión). Fuente: (UMATA, 2020).

Cultivo	Área (ha)	Área (%)
Uva	613,5	26,6%
Maíz	541,0	23,5%
Café	423,0	18,3%
Guayaba	255,0	11,1%
Ají	81,0	3,5%
Papaya	67,7	2,9%
Cítricos	50,0	2,2%
Aguacate	48,6	2,1%
Plátano	41,6	1,8%
Otros	184,6	8,0%
Total	2306	100%

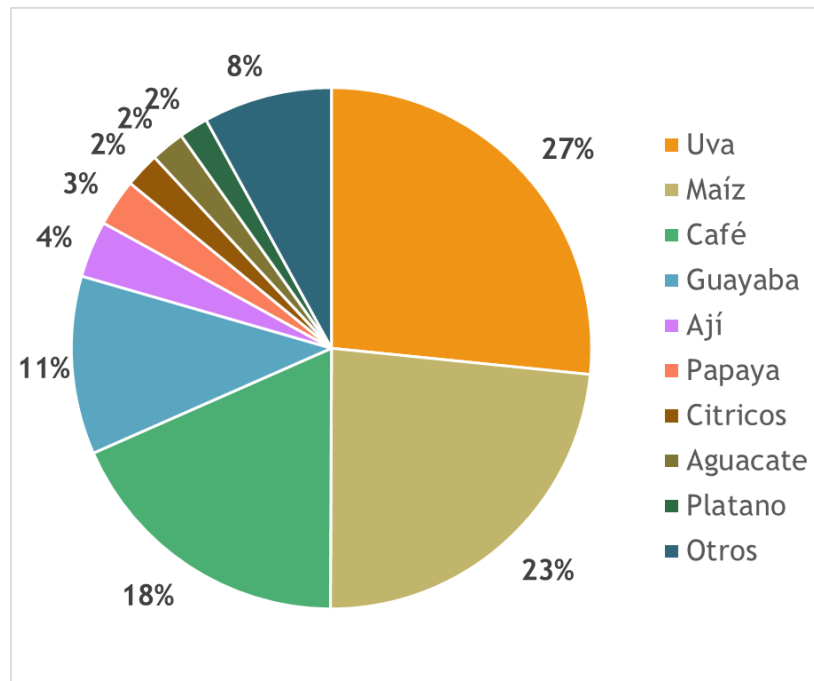


Figura 26. Distribución porcentual de cultivos agrícolas en la cuenca RUT (La Unión).

Los cultivos y predios que se incluyeron para el levantamiento de la línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo en la cuenca RUT (municipio La Unión) se presentan en la Tabla 16. Esta información es de gran relevancia para ser presentada a técnicos y profesionales agrícolas, que ofrecen sus servicios en el área de la cuenca RUT Municipio la Unión, de los cuales se recibió importante apoyo para la preselección de predios, con el análisis e integración de los factores condicionantes considerados en este estudio.

Tabla 16. Cultivos y predios priorizados en la cuenca RUT (La Unión).

Cultivo	Predio	Tipo de Cultivo	Grado de Tecnificación	Tipo de Pendiente	Altura (msnm)	Orden de Suelo	Provincia de Humedad
Maíz	Lusitania	Transitorio	Tecnificado	Plana	975	Vertisol	Seca
Vid	Villa María	Permanente	Tradicional	Inclinada	975	Alfisol	Seca
Yuca	San Juanito	Transitorio	Tecnificado	Plana	975	Vertisol	Seca
Ají	La Rivera	Transitorio	Tecnificado	Plana	975	Alfisol	Seca
Papaya	El Jigual	Semipermanente	Tecnificado	Plana	975	Vertisol	Seca
Vid	Villa Carol	Permanente	Semitecnificado	Inclinada	975	Vertisol	Seca
Guayaba	Rentería	Permanente	Semitecnificado	Plana	975	Vertisol	Seca
Café	La Esperanza	Permanente	Tradicional	Plana	1687	Andisol	Húmeda
Lima Tahití	Sinaí	Permanente	Semitecnificado	Abrupta	1415	Entisol	Muy Seca
Guayaba	Terra Nova	Permanente	Tecnificado	Inclinada	975	Vertisol	Seca

El análisis realizado permitió seleccionar predios representativos de cultivos predominantes en la cuenca RUT Municipio la Unión. A continuación, se presenta la descripción general de algunos cultivos priorizados.

- **Maíz:** con 541 ha es el segundo cultivo con mayor área en el municipio, representa el 23% del área cultivada del municipio (excluyendo los cultivos de caña de azúcar), plantado por agricultores tecnificados que manejan grandes extensiones exclusivamente en la zona plana. Se utiliza maquinaria agrícola y equipos especializados en las diferentes prácticas del cultivo como: labranza, siembra, fertilización, abonamiento, aplicación de plaguicidas y cosecha.
- **Vid (uva de mesa):** con 613 ha, representa el 27% del área cultivada en el municipio de La Unión (sin tener en cuenta la caña de azúcar), lo que permite destacar que es el cultivo con mayor área plantada, generando reconocimiento a la región por la producción de uvas y vinos. Es un cultivo manejado por agricultores tecnificados y tradicionales, principalmente plantado en la zona plana y piedemonte de la cordillera occidental cercana a la zona urbana del municipio. Es un cultivo perenne, con un ciclo productivo de entre 8 a 10 años, tiempo en el que debe ser renovado. Dos predios fueron seleccionados como estudio de caso para este cultivo, uno en la franja del piedemonte y otro en la zona plana al extremo oriental del municipio cercana al río Cauca en el canal marginal del distrito de riego.
- **Café asociado con plátano y cítricos:** con 423 ha, ocupa el tercer lugar en cuanto a área plantada en la zona, representando el 18% de todos los cultivos establecidos en el municipio. Se produce exclusivamente en la zona de ladera, al occidente del municipio en la vereda Quebrada Grande, franja cafetera con suelos Andisoles.
- **Guayaba:** Se reportan 255 ha de este cultivo (11% del total del área cultivada en el municipio sin contar la caña de azúcar). Es un cultivo que se encuentra establecido en la zona plana y es apreciado en la región debido a su capacidad de rendimiento

para las condiciones edafoclimáticas en la Unión; suelos pesados con problemas de infiltración, razón por la cual se ha incrementado paulatinamente en todo el distrito de riego RUT. Es un cultivo permanente que con un ciclo productivo de 10 o más años; predomina principalmente entre agricultores con capacidad para la tecnificación o para adoptar diferentes grados tecnologías en similares (semitecnificados).

- **Ají:** Es una hortaliza de la familia *Solanacea* similar al tomate y pimentón, que se cultiva en la zona como cultivo de exportación. El ají está creciendo entre los productores tecnificados y semitecnificados de la zona plana y de pie de monte de La Unión. Se tomó como referencia de otras hortalizas que comparten prácticas de producción como el melón, pimentón, berenjena, entre otros. Se desarrolla bajo manejos tecnificados y semitecnificados, en los cuales se utiliza riego por goteo, coberturas plásticas y fertilización líquida (fertirriego o mediante bomba estacionaria).
- **Papaya:** es un cultivo semipermanente desarrollado por agricultores tecnificados, para el cual se reportan 67 ha cultivadas en la zona plana y de piedemonte.
- **Lima Tahití:** se reportan 50 ha de cítricos en el municipio, entre los cuales se incluye lima Tahití. Se eligió este cultivo como representativo de otros frutales perennes que también están creciendo en la región, como aguacate y mango. Se encuentran principalmente en la zona de ladera en pendientes abruptas y escarpadas, en suelos reportados como Entisoles, principalmente en la vereda Sabanazo. Estos frutales en crecimiento comparten prácticas de cultivo similares dada las condiciones de producción en la zona de ladera con pendientes abruptas y escarpadas.
- **Otros cultivos menores:** En este grupo se encuentran diferentes cultivos que no superan individualmente las 40 hectáreas en el municipio, y que unidos representan en total el 8% del área sembrada (sin contar la caña de azúcar); se eligió para representarlos el tubérculo yuca bajo condiciones de manejo tecnificadas, además por ser promisorio en la región de acuerdo con la opinión de los expertos consultados. **Yuca:** es tubérculo de alto consumo en el país, del cual en Colombia se encuentran cultivadas 400 mil hectáreas, y se está evaluando su viabilidad en la zona plana de La Unión, debido a su gran potencial y alto rendimiento (30 ton/ha) en la región, mientras que a nivel nacional el promedio de producción no supera las 12 Ton/ha.

6.2. LINEA BASE SOBRE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE LA CUENCA RUT MUNICIPIO LA UNION

La elaboración de la línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo de suelos en cultivos de la Cuenca RUT Municipio la Unión, se consolidó a partir de información primaria proveniente de encuestas, entrevistas individuales a técnicos y profesionales agrícolas, y entrevistas a grupos de expertos de la región. El enfoque del análisis se presenta en la Figura 27.

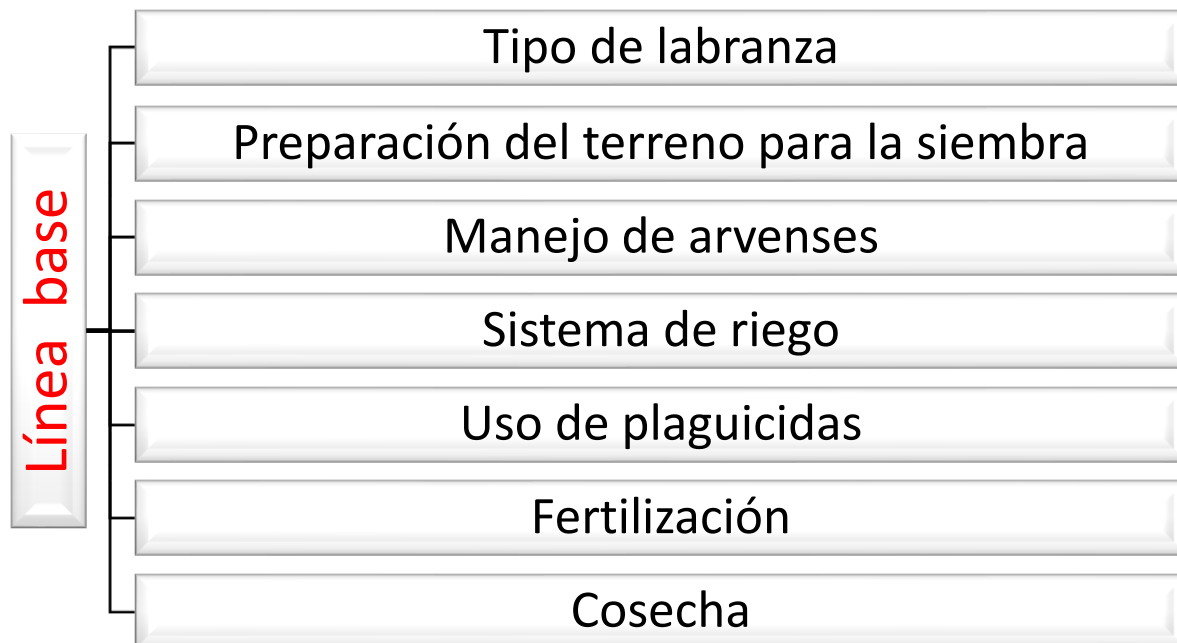


Figura 27. Enfoque del análisis para la elaboración de la línea base.

6.2.1. Tipo de labranza

En la Cuenca RUT Municipio la Unión se presentan dos tipos de labranza: convencional y mínima. La labranza convencional es el sistema más usado en la zona plana de La Unión, se desarrolla en cultivos industriales de caña de azúcar, maíz, así como en cultivos de frutales y hortalizas tecnificados. Las etapas de la labranza convencional son el descepaado, subsolado y rastrillado.

- **Descepaado:** se usan rastras pesadas con 16 a 20 discos cada uno de 60 a 100 cm de diámetro, montadas en tractores de 90 o más de 120 caballos de vapor (CV). Se realiza directamente sobre los residuos de cosecha del cultivo anterior

o posterior a la quema de los restos, para luego cortarlos e incorporarlos con la rastra.

- **Subsolador:** se realiza utilizando subsoladores curvos, de 3 a 5 puntas, con o sin aletas, dependiendo de la condición del terreno y la capacidad del tractor. La profundidad alcanzada por este implemento oscila entre los 40 a 100 cm dependiendo de las necesidades en cada lote (Figura 28).



Figura 28. Tractor con subsolador en cultivo de maíz en la cuenca RUT (La Unión).

- **Rastrillado:** con rastras livianas o pesadas dependiendo del tamaño de los lotes. Para moverlas se utilizan tractores desde 60 a 120 CV y rastras livianas con discos de 50 a 56 cm de diámetro o rastras pesadas con discos de 60 a 100 cm de diámetro. También se elige entre cuchillas con muescas y cuchillas lisas de acuerdo con las características del terreno. Con rastras de arrastre o tiro de 16 a 20 discos y tractores de 90 CV, se pueden hacer hasta 6 u 8 pases debido a que los suelos son pesados y por las características de las arcillas 2:1 es difícil romper los terrones, aún más en suelos con excesos de magnesio como los del RUT (Figura 29).



Figura 29. Tractor con rastras de disco realizando labranza para construcción de camas en la cuenca RUT (La Unión).

La labranza mínima en un sistema que incluye el concepto de “*cero labranza*”. Se usa en los cultivos con prácticas tradicionales, en zonas de ladera de la cuenca del RUT con pendientes escarpadas y abruptas, donde no se puede utilizar maquinaria pesada, como los tractores, o en las franjas con pendientes muy inclinadas cerca al casco urbano en áreas como “Quebrada Grande”, en donde pequeños agricultores manejan cultivos de café, o en el área de “Sabanazo” donde se encuentran cultivos de frutales. El tipo de labranza mínima que se utiliza en gran parte del RUT es la denominada “por sitios o puntual”, la cual consiste en preparar solo el sitio donde se sembrará la planta, para lo cual se perfora un agujero, generalmente de 0,4x 0,4x0,4 m, al cual se aplica cal agrícola como desinfectante en una cantidad de 0,3 Kg.

También se utiliza otro tipo de labranza mínima, en algunas ocasiones en el cultivo de maíz, específicamente en el predio Lusitania, cuando el suelo se presta para este tipo de manejo, se denomina “en surcos o continua”, que consiste en utilizar maquinas sembradoras abonadoras neumáticas en un solo pase en el cual “cortan” el suelo con un disco y luego depositan desde una tolva calibrada el abono y las semillas, las cuales son enterradas por otro implemento (usualmente una llanta).

Ambos tipos de técnicas de labranza mínima exigen el uso previo de herbicidas para despejar de arvenses los sitios de siembra.

En la Tabla 17, se presentan los tipos de labranza que se utilizan en los cultivos incluidos en el estudio de línea base, para estos cultivos, el 50% realiza labranza mínima y el otro 50% labranza convencional.

Tabla 17. Tipo de labranza en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión

Predio	Cultivo	Tipo de Labranza
La Colonia	Café	Mínima
Sinaí	Lima Tahití	Mínima
Rentería	Guayaba	Mínima
Villa Carol	Vid	Mínima
Lusitania	Maíz	Convencional
El Jigual	Papaya	Convencional
La Rivera	Ají	Convencional
San Juanito	Yuca	Convencional
Villa María	Vid	Mínima
Terra Nova	Guayaba	Convencional

6.2.2. Preparación del terreno para la siembra

Las prácticas de preparación del terreno para la siembra en los cultivos de la cuenca RUT (La Unión), son en su orden hoyado (50%), camas (20%), a nivel del suelo (10%), siembra mecanizada (10%) y camas más acolchado plástico (10%). En la Tabla 18 se incluyen la clasificación del sistema de siembra por tipo de cultivo y se explica su alcance en los predios evaluados.

Tabla 18. Sistema de siembra en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión

Predio	Cultivo	Sistema de Siembra
La Colonia	Café	Hoyado
Sinaí	Lima Tahití	Hoyado
Rentería	Guayaba	A nivel del suelo
Villa Carol	Vid	Hoyado
Lusitania	Maíz	Siembra mecanizada
El Jigual	Papaya	Camas
La Rivera	Ají	Camas + acolchado plástico
San Juanito	Yuca	Camas
Villa María	Vid	Hoyado
Terra Nova	Guayaba	Hoyado

Posterior a la labranza del cultivo de maíz (mediante rastras) de la finca Lusitania, se procede a pasar la sembradora mecánica en el terreno finalizando la etapa de siembra.

En los cultivos de frutales, tubérculos y hortalizas se procede a hacer las siguientes labores posteriores a la labranza (Figura 30).



Figura 30. Sembradora y lote de maíz en el que se utilizó este implemento para realizar la siembra, cuenca RUT (La Unión).

- **Hoyado y Siembra:** para la siembra se hace un hoyo en el suelo a la distancia de siembra definida para cada cultivo, en el caso de Papaya 2 a 2,3 m entre plantas, en ají de 35-40 cm entre plantas, y se procede a la siembra (Figura 31).



Figura 31. Cultivo de café en asocio con frutales sembrado mediante ahoyado en la zona de ladera de la cuenca RUT (La Unión).

- **Camas:** En los cultivos de ají, guayaba, uva, maíz dulce, vid (agricultores tecnificados), después de la labranza se procede a realizar camas (sobre las que se siembra el cultivo), a través diversos implementos. En el caso del predio San Juanito (yuca, ají y papaya), esta labor se realiza utilizando una zanjadora para acumular un alto volumen de suelo sobre las líneas de siembra, y

posteriormente se pasa una barra niveladora sobre el suelo para conformar la cama. Esta labor se realiza para evitar que los suelos se encharquen en la zona de raíces de las plantas, ya que los suelos de la zona plana del RUT presentan altos contenidos de arcillas “expandibles” y alta incidencia de suelos magnésicos, además, en franjas adyacentes al río Cauca los niveles freáticos ascienden en temporada de altas precipitaciones, lo que podría afectar provocar la muerte de las raíces de las plantas por falta de oxígeno (Figura 32).



Figura 32. Siembra de hortalizas en camas con acolchado plástico en la cuenca RUT (La Unión).

- **Instalación Sistema de Riego:** posterior al encamado, se procede a colocar el sistema de riego, usualmente mangueras con goteros o cintas de riego, dos por cada cama, según se haya calculado las necesidades hídricas del cultivo. Esta labor regularmente la dirigen los proveedores de los sistemas de riego de la región que distribuyen equipos, mangueras y goteros con sus técnicos que prestan las asesorías desde el diseño hasta la instalación y el mantenimiento; en el municipio de La Unión, hay al menos cuatro empresas que distribuyen estos equipos de riego localizado (Figura 33).



Figura 33. Instalación sistema de riego localizado de alta frecuencia sobre camas de siembra, cuenca RUT (La Unión).

- **Acolchado Plástico:** luego de la instalación, prueba y verificación del buen funcionamiento del sistema de riego se procede a cubrir las camas con plástico especializado; esta labor se conoce como “acolchado plástico”, el cual posee una cara negra y la otra cara gris brillante para repeler plagas. Para ahorrar costos también se coloca plástico de un solo color, usualmente negro. Esta práctica se realiza de forma manual, pero en ocasiones se utilizan tractores. Esta permite generalmente el manejo de arvenses, especialmente durante la temporada de altas precipitaciones (Figura 34).



Figura 34. Proceso de instalación acolchado plástico en cultivo de hortalizas, cuenca RUT (La Unión).

6.2.3. Manejo de arvenses

El control de arvenses en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión se realiza mediante el uso de herbicidas y en algunos se retiran de forma mecánica con guadaña. En la Tabla 19 se presenta la información obtenida de las prácticas desarrolladas para el control y manejo de arvense en los cultivos, donde el 50% utiliza herbicidas, es decir,

realiza el manejo con el uso de agroquímicos, el 40% complementa el uso de herbicidas con guadaña, y solo un cultivo (10%) ha implementado un sistema de manejo dentro del espectro de manejo integrado de arvenses, en el que se incluyen medidas culturales como el acolchado plástico, manejo manual de arvenses esporádicas, uso de guadaña cuando es requerido y control químico en determinadas temporadas del ciclo productivo, especialmente en la preparación del terreno.

Tabla 19. Tipo de manejo de arvenses en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión

Predio	Cultivo	Tipo de Manejo de Arvenses
La Colonia	Café	Guadaña y herbicidas
Sinaí	Lima Tahití	Guadaña y herbicidas
Rentería	Guayaba	Herbicidas
Villa Carol	Vid	Guadaña y herbicidas
Lusitania	Maíz	Herbicidas
El Jigual	Papaya	Herbicidas
La Rivera	Ají	Manejo Integrado de Arvenses
San Juanito	Yuca	Herbicidas
Villa María	Vid	Guadaña y herbicidas
Terra Nova	Guayaba	Herbicidas

- **Maíz tecnificado:** En los cultivos donde no se implementa el acolchado plástico como el maíz, se presentan diferencias en el manejo relacionadas con un cultivo híbrido de acuerdo con si es un híbrido, convencional o Genéticamente Modificado (GM). En el caso del último (maíz genéticamente modificado), cuando el cultivo ha alcanzado el estado V4 o V5, se aplican herbicidas como glifosato o glufosinato de amonio en dosis comerciales de acuerdo con las características de la arvense. Mientras que, en cultivos de maíz híbrido, se realizan aplicaciones antes de la germinación de un “sello” en pre-emergencia o pos-emergencia temprana, se usan herbicidas contra arvenses de hoja ancha tipo 2,4-D (Figura 37). Estas aplicaciones se realizan con fumigadora de tractor de 400 litros, que tiene un aguilón transversal con 19 boquillas a ambos lados del tractor. Se reduce el volumen de aplicación de herbicidas, cuando se manejan cultivos GM reduciendo la posibilidad de contaminar el suelo.
- **Cultivos con acolchado plástico:** Con excepción del cultivo de la vid (uva de mesa), en los cultivos tecnificados (melón, ají, yuca y hortalizas), la tendencia es a implementar acolchados plásticos para reducir el uso de herbicidas, el cual se limita a la aplicación en zonas no cubiertas por el plástico, como en las calles, utilizando regularmente mezclas entre glufosinato de amonio y paraquat, en dosis variables de acuerdo con el tipo de arvense y grado de proliferación. En la vid no se utiliza acolchado plástico, debido a la gran cantidad de labores de cultivo que se realizan

con una alta frecuencia como podas, raleos, eliminación de frutos dañados y aspersiones, podrían dañar el plástico y colocar en riesgo de caídas a los trabajadores de campo. Por lo anterior, el manejo de arvenses se hace antes de la poda semestral, con productos de amplio espectro, como glufosinato de amonio, y se repite un mes después, dependiendo de las precipitaciones, como refuerzo y se mantiene la aplicación hasta que el follaje del cultivo evita el paso de la luz solar, y por tanto, ya se reduce sustancialmente el crecimiento de las arvenses hasta el final del ciclo de producción (Figura 35).



Figura 35. Cultivo de papaya con implementación de acolchado plástico en la cuenca RUT (La Unión).

- **Cultivos en agricultura tradicional:** Debido a que se usa labranza mínima por sitio de siembra, el manejo del control de arvenses, se realiza inicialmente con guadaña manual y luego se aplica, generalmente, glifosato en la zona de siembra donde se hace el hoyado, después se practican “plateos” manuales, que consisten en eliminar las arvenses en torno a la zona del suelo que se encuentran bajo el follaje de las plantas y en las calles se usa guadaña manual y se tratan las franjas de arvenses problemáticas mezclando glufosinato de amonio y paraquat. Existen otras variantes de manejo de acuerdo con cada agricultor y su asesor técnico.

En la Figura 36 se presenta el número de insumos que contienen un mismo ingrediente activo para el control de arvenses en cultivos agrícolas. Esta información permite establecer el ingrediente activo en los herbicidas de mayor uso, en los cultivos de la cuenca RUT (municipio La Unión), es el glufosinato de amonio, el cual se encuentra presente en nueve (9) de los productos mencionados, seguido del glifosato que se encuentra en cinco (5) de los productos mencionados.

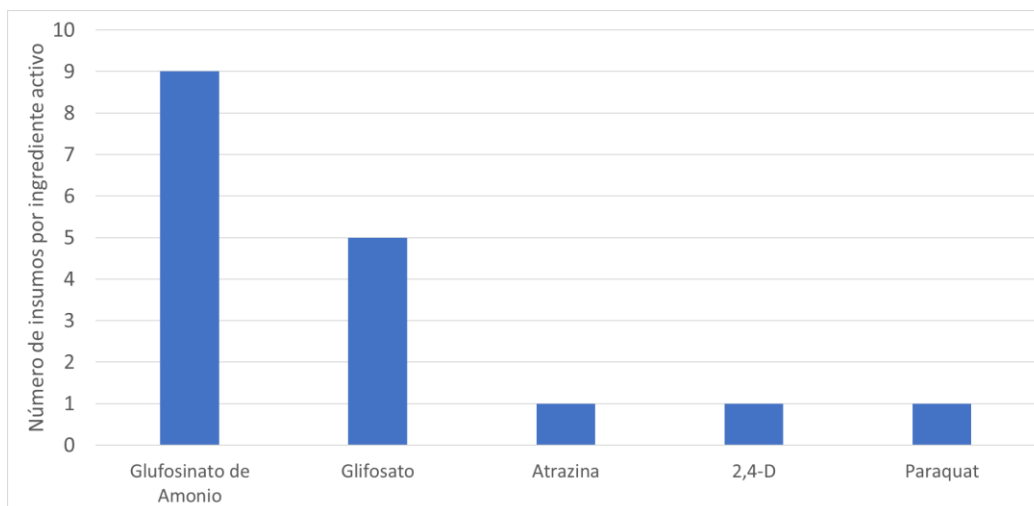


Figura 36. Ingredientes activos de los herbicidas para el manejo de arvenses en la cuenca RUT (La Unión).

6.2.4. Sistema de riego

La aplicación de agua a los cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión se realiza mediante el uso de riego por goteo, riego por aspersión y sin riego. En la Tabla 20 se presenta la información de los sistema de riego en cultivos, donde se logró establecer que el 60% de los predios manejan riego por goteo, lo que les permite un uso más eficiente del agua para riego, mientras que el riego por aspersión y los predios que no manejan riego se encuentran representan cada uno el 20%, estos últimos se encuentran en una situación más crítica, en el momento y contexto actual de cambio y variabilidad climática, donde las temporadas de altas precipitaciones ya no se ajustan a los registros históricos por lo que los rendimientos esperados podrían verse perjudicados, y así mismo la sostenibilidad y viabilidad económica del cultivo, los predios que no tiene riego coinciden con los que se encuentran en la zona de ladera, lo que visibiliza la situación de los agricultores de estas áreas.

Tabla 20. Sistema de riego en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión

Predio	Cultivo	Tipo de Riego
La Colonia	Café	Sin Riego
Sinaí	Lima Tahití	Sin Riego
Rentería	Guayaba	Goteo
Villa Carol	Vid	Goteo
Lusitania	Maíz	Aspersión
El Jigual	Papaya	Aspersión
La Rivera	Ají	Goteo
San Juanito	Yuca	Goteo
Villa María	Vid	Goteo
Terra Nova	Guayaba	Goteo

- **Riego con cañones aspersores:** En el cultivo de maíz tecnificado, se utilizan aspersores que aplican alrededor de 120 m³/ha por cada riego. En este sistema es importante que los equipos se encuentren calibrados o de lo contrario las gotas podrían ser demasiado grandes, generando un riesgo de encostramiento o erosión hídrica impactando negativamente la estructura del suelo por el exceso de peso de cada gota cayendo sobre el suelo.
- **Riego localizado por goteo:** El riego localizado por goteo y microaspersión es el más utilizado en la zona en los cultivos de frutales, hortalizas y tubérculos. En el cultivo de la vid (uva de mesa), se aplican alrededor de 51,2 m³/ha y la frecuencia depende de la precipitación en la zona; este valor se asocia con un sistema de riego por goteo con dos mangueras por cada surco, cuatro goteros de 4 litros/hora, que permiten una aplicación de 31 litros/planta (durante dos horas), 1600 plantas/ha.

Para el cultivo de guayaba de la finca Terra Nova las distancias de siembra 4,5x4,5 m, utilizan un sistema de riego por goteo con goteros continuos de 4 L/h en doble línea y manejan altos caudales de agua (hasta de 60 u 80 m³/ha). El cultivo de ají, al igual que en el cultivo de yuca, utiliza dos cintas de riego de 9 L/m lineal bajo el plástico, dependiendo del clima se realizan riegos de hasta 2 horas continuas aplicando 50 a 90 m³/ha. En el cultivo de Papaya que tienen surcos a 4 m y plantas a 2,5 m, se maneja doble cinta de riego de 9 L/h con riegos dependiendo del clima.

- **Sin Riego:** Los cultivos de la zona de ladera de La Unión no cuentan con sistemas de riego, utilizan las precipitaciones para suplir los requerimientos hídricos de los cultivos que manejan y, por tanto, su producción depende de la periodicidad de las temporadas de lluvias, que, bajo el contexto actual de cambio y variabilidad climática, es cada vez más errático e impredecible. La franja con pendientes abruptas como donde se encuentra el cultivo de limón Tahití evaluado, tiene una precipitación media anual de 900 mm/año, mientras que en el área donde se cultiva café en Quebrada Grande se presenta una media de 1.200 mm/año. De acuerdo con los datos históricos, el régimen de lluvias es bimodal con dos temporadas de altas precipitaciones, la primera entre los meses de marzo y abril y la segunda entre octubre y noviembre, las dos temporadas de menores precipitaciones ocurren entre los meses de julio y agosto, y entre diciembre y enero.

6.2.5. Manejo de Plagas y Enfermedades

El uso de plaguicidas en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión se realiza mediante equipos acopladas a la maquinaria agrícola, equipos de aspersión estacionaria y máquinas de espalda.

- **El uso de equipos acoplados a la maquinaria agrícola:** En el cultivo del maíz se realiza en promedio una aspersión mensual, de acuerdo con la presencia de plagas y enfermedades. Esta se realiza con un equipo de tractor de 400 L de volumen y con un aguillón a cada lado del tractor, con 19 a 20 goteros en total, se usa esta máquina hasta que el cultivo alcanza una altura determinada, y en caso de requerir aplicaciones adicionales se recurre a aplicación con vehículos aéreos. En los cultivos de papaya, guayaba, uva, lima Tahití, se utilizan fumigadoras de tractor con equipos marca Yacto o similares de 400 L (Figura 37).



Figura 37. Sistema de aplicación de plaguicidas y herbicidas en agricultura tecnificada, cuenca RUT (La Unión).

- **Equipos de aspersión estacionaria:** En los cultivos tecnificados ají, hortalizas, yuca, y en otros menos tecnificados como la uva y guayaba, se utilizan equipos de fumigación estacionarios, que constan de una instalación donde se encuentra una bomba fija y la central de mezclas de plaguicidas que son enviados por tuberías a cada uno de los lotes de cultivo, allí se tienen hidrantes donde se acoplan mangueras de fumigación por cada empleado (Figura 38).



Figura 38. Sistema de aplicación de fertilizantes con bomba estacionaria y mangueras, cuenca RUT (La Unión).

- **Máquinas de espalda:** En los cultivos tradicionales de café, aún se aplican los plaguicidas con bombas de espalda mecánicas o de motor que lleva cada trabajador con una mezcla de 20 L, por lo cual, el operario debe realizar recargas continuas hasta finalizar la aplicación en todo el lote. Debido a lo ineficiente de esta forma de aplicación es cada vez menos frecuente y se está adoptando cada vez más la fumigación con estacionaria.

Plaguicidas de mayor frecuencia de uso en la cuenca RUT/La Unión:

En la zona plana de la Cuenca RUT Municipio la Unión se concentra la mayor actividad de la agricultura tecnificada y semitecnificada de la cuenca, donde se realiza un uso intensivo de plaguicidas agrícolas, y en donde hacen presencia la mayor parte de las casas comerciales, que continuamente establecen ensayos, imparten charlas técnicas, invitan a giras técnicas, acerca del uso y manejo de sus productos en la región. En esta dinámica, participan también institutos de investigación y estudio con trabajos de grado, e investigaciones aplicadas que desafortunadamente se quedan cortas en la solución de los problemas de plagas y enfermedades de la región.

En general, el manejo de arvenses, plagas y enfermedades se realiza mediante el uso de través de agroquímicos, cada vez más especializados, que son manejados por los diferentes tipos de agricultores, en muchas ocasiones sin un control adecuado, tanto de dosis, mezclas y frecuencias de aplicación, esto genera riesgos de contaminación en trabajadores agrícolas, agricultores, consumidores y al ambiente, en este caso, el recurso suelo. La baja asistencia técnica especializada que se advirtió durante la encuesta a los agricultores de la región, unido a la inexistencia de certificaciones en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), genera posibles riesgos de contaminación del suelo por plaguicidas.

En la Tabla 21 se presenta el listado de los ingredientes activos de fungicidas, que reportaron los agricultores, como los más usados en la región, que en su mayoría son altamente tóxicos de acuerdo con la categoría toxicológica y de alta persistencia en suelos. El Mancozeb es el ingrediente activo de mayor uso por un amplio rango y es uno de los insumos más utilizados para el manejo de enfermedades causadas por hongos en una gran cantidad de cultivos.

Por otro lado, en la Tabla 22, se presentan los insecticidas reportados en los predios estudiados de la cuenca RUT (La Unión), donde se destaca el uso de Clorpirifos, como el ingrediente activo con mayor número de insecticidas reportados, que al igual que los fungicidas, están en la categoría de altamente tóxicos y de alta persistencia en suelos.

Tabla 21. Ingredientes activos de los fungicidas utilizados en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión

Ingrediente Activo	Número de insumos que lo contienen	Categoría Toxicológica	Persistencia en el suelo
Mancozeb	19	III-II	No persistente
Carbendazim	3	III-II	Ligeramente Persistente
Mancozeb + Cymoxanil	3	III-II	No persistente
Azufre	3	III-II	Alta a No Persistente
Folpet	2	III	No Persistente
Oxicloruro de Cobre	2	III	Extrema
Dimethomorph + Ametoctradin	2	II	Alta a No Persistente + No Persistente
Difenoconazole	2	III-II	Extrema a Mediana
Flutriafol + Azoxystrobin	2	II-III	Extrema + No Persistente
Azoxystrobin + Tebuconazole	2	III-II	No Persistente + Extrema a Mediana
Flutriafol	2	II-III	Extrema
Dimetomorfo + Mancozeb	1	III	Alta a Mediana + No Persistente
Iprodione + Pirimetanil	1	II-III	Extrema a Ligera + Alta a No Persistente
Propineb	1	III	No Persistente
Azoxystrobin	1	III-II	No Persistente
Fluoxastrobin	1	III	Extrema a Ligera
Elosal	1	III	Alta a No Persistente
Dimetomorf	1	III	Alta a Mediana
Pyrimethanil	1	III-II	Alta a No Persistente
Myclobutanil	1	III-II	Extrema a No Persistente
Mandipropamid	1	III	Alta a No Persistente
Metalaxyl M + Mancozeb	1	III	Alta a No Persistente + No Persistente
Propineb + Fluopicolide	1	III	No Persistente + Extrema a Mediana
Tiabendazol	1	III	Extrema
Pyrimethanil + Iprodione	1	III-II	Alta a No Persistente + Extrema a Ligera
Mancozeb + Oxicloruro de Cobre	1	III	No Persistente + Extrema
Hidroxido de Cobre	1	II-III	Extrema
Azoxystrobin + Flutriafol	1	III-II	No Persistente + Extrema
Trifloxystrobin y Tebuconazole	1	III-II	No Persistente + Extrema a Mediana
Propamocarb + Cymoxanil	1	II-III	Extrema a Ligera + No Persistente
Tebuconazole + Triadimenol	1	III-II	Extrema a Mediana

Tabla 22. Ingredientes activos de los insecticidas utilizados en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión

Ingrediente Activo	Número de insumos que lo contienen	Categoría Toxicológica	Persistencia en el suelo
Clorpirifos	4	III-II	Extrema a No Persistente
Malathion	3	III	No Persistente
Diflubenzuron	2	III	No Persistente
Fipronil	2	II-IB	Extrema a Mediana
Thiocyclam + Hydrogenoxalate	2	II	No Persistente
Abamectina	2	II	Mediana a No Persistente
Spiromesifen + Abamectina	1	II	Mediana a No Persistente + Mediana a No Persistente
Carbaryl	1	III-II	Ligera a No Persistente
Emamectin Benzoate Tech + Acetamiprid Tech	1	III	Extrema a Ligera + No Persistente
Spinetoram	1	III	Baja Persistencia
Lambdacihalotrina	1	IB-II	Alta a Ligera
Pyriproxifen + Acetamiprid	1	III	Ligera a No Persistente
Spirotetramat	1	II-III	No Persistente
Imidacloprid + Bifentrina	1	III-II	Extrema a Alta + Extrema a Ligera
Spiromesifen	1	III-II	Mediana a No Persistente
Thiacloprid + Deltametrina	1	II	Ligera a No Persistente + Mediana a No Persistente

Ingrediente Activo	Número de insumos que lo contienen	Categoría Toxicológica	Persistencia en el suelo
Cipermetrina	1	II-III	Alta a Mediana
Sulfoxaflor	1	III	Alta a Mediana
Imidacloprid + Beta Cyfluthrin	1	II	Extrema a Alta + Mediana a No Persistente
Acetamiprid + Novaluron	1	II	No Persistente + Extrema
Thiametoxan + Lambdacyhalotrin	1	II a III	Extrema a Mediana + Alta a Ligera
Diafenthiuron + Tetradifon	1	II	No Persistente + Alta
Abamectin + Pyridaben	1	II	Mediana a No Persistente + Extrema a Ligera

Con relación al número de aplicación en los diferentes cultivos, en la Tabla 23, se destacan las diferencias en la intensidad de aplicación de los plaguicidas agrícolas en cada cultivo evaluado. La mayor frecuencia de aplicación se hace en los cultivos de uva y papaya, que reportan aplicaciones hasta de dos veces por semana, conforme al clima y a la presión de las plagas y enfermedades. Los cultivos de limón Tahití y maíz tienen una frecuencia baja de aplicación de plaguicidas, lo cual ejerce una presión menor sobre el recurso suelo y un menor riesgo de contaminación.

Tabla 23. Frecuencia de aplicación de plaguicidas en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión

Cultivo	N° aplicaciones/frecuencia
Maíz	1 vez al mes
Lima Tahití	1 vez al mes
Café	3 veces al año
Guayaba	1 vez cada 8 días
Uva	2 veces por semana
Papaya	2 veces por semana
Yuca	1 vez al mes
Ají	1 vez por semana

6.2.6. Fertilización

En el proceso de fertilización se utilizan fertilizantes de síntesis química, compuestos o mezclas, que se aplican de acuerdo con las recomendaciones de los asesores técnicos de casas comerciales, utilizando fórmulas que varían por su éxito en otros predios. El uso de análisis de suelos y recomendaciones basadas en estos, aún no son muy comunes en el municipio, con excepción de los cultivos tecnificados como maíz, yuca y ají. Para las aplicaciones líquidas con bombas estacionarias, se usan fertilizantes solubles y algunos pocos insolubles, lo que afecta la eficiencia de la fertilización y exige una continua mezcla en el tanque de aplicación. En el “fertirriego” se usan fertilizantes solubles con aplicación semanal, con fórmulas que responden a los análisis de suelos y a las necesidades de la etapa fenológica de cada cultivo.

Debido al poco uso de los análisis de suelo y la inexistencia de los análisis fisicoquímicos de agua para riego que permitan programar las fertilizaciones, se presenta un riesgo continuo de desbalance de nutrientes en el perfil del suelo, que pueden afectar no solo la nutrición de la planta sino la estabilidad fisicoquímica del medio edáfico. Lo anterior se evidencia en varios de los análisis realizados a muestras de suelo de la zona plana, como es el caso de los predios Lusitania, Rentería y Villa Carol, que presentan valores excesivos de PMI, lo que sugiere que son suelos magnésicos, que tienden a afectar el movimiento del agua y del aire en el suelo, haciéndolos cada vez más difíciles de laborar y pueden afectar el óptimo funcionamiento de las raíces. A continuación, se explican las técnicas de fertilización en cultivos agrícolas.

- **Fertilización con abonadoras mecanizadas:** Son usadas en cultivos como el maíz del predio Lusitania. Estos equipos consisten en tolvas con el fertilizante y lo aplican sobre los surcos del maíz, regularmente se usan tractores medianos de 60 CV; la fertilización se realiza al inicio del ciclo y dos más durante el ciclo de crecimiento del cultivo (Figura 39).



Figura 39. Sistema de fertilización con abonadoras en agricultura tecnificada, cuenca RUT (La Unión).

- **Fertirrigación:** Se utiliza en cultivos como ají, papaya y otras hortalizas, consiste en inyectar fertilizantes a través del equipo de riego localizado con frecuencias semanales y dosis de acuerdo con las necesidades de la especie y variedad sembrada. Todavía no es muy común en la vid (uva de mesa), guayaba o papaya, donde aún persiste la aplicación edáfica de fertilizantes a pesar de contar con equipos de riego por goteo.
- **Fertilización líquida con maquina estacionaria o manual:** Este tipo de fertilización la realizan una gran proporción de los agricultores tradicionales, los cuales empiezan a adoptar prácticas de agricultores tecnificados. Se utiliza en el

cultivo de lima Tahití, guayaba y uva. Consiste en utilizar una maquina estacionaria (la misma que se utiliza para aplicar los plaguicidas), en donde se mezclan en un tanque los fertilizantes a aplicar, para luego ser enviados a cada lote a través de un sistema de conducción por tuberías; se aplica a los surcos con mangueras de alta presión sin boquilla (Figura 40).



Figura 40. Preparación de fertilizantes para aplicación con estacionaria o bomba de espalda en la zona de ladera, cuenca RUT (La Unión).

- **Fertilización edáfica con herramientas manuales:** Este tipo de fertilización es utilizado generalmente en la agricultura tradicional, se emplea abriendo hoyos con un barretón alrededor de cada planta, donde se aplica la mezcla de fertilizante definida para el cultivo; es común en cultivos manejados tradicionalmente, como: uva, pimentón y guayaba; en uva, se realizan tres aplicaciones al inicio del ciclo de producción y se complementan con aplicaciones liquidas con maquina estacionaria.

En la Tabla 24, se incluyen las formas de fertilización (edáfica y foliar) en cada uno de los predios y cultivos incluidos en este estudio, lo que permite destacar las diferencias entre los predios tecnificados y tradicionales. Se observa que el 50% de los cultivos realiza de forma manual la fertilización edáfica se realiza de forma Manual, es decir, no se utilizan herramientas sofisticadas para esta práctica, lo que también se traduce en

un alto uso de mano de obra. Solo el 20% de los cultivadores ha adoptado tecnologías para realizar fertirriego y los predios que lo realizan se encuentran en la zona plana del municipio (cultivos de Ají y Yuca), esto permite reducir los costos por mano de obra, y aumenta la eficiencia de la aplicación, así como evita el uso excesivo de insumos que puedan generar pérdidas de este o contaminación.

Tabla 24. Frecuencia de aplicación de plaguicidas en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión

Predio	Cultivo	Forma de Fertilización Edáfica	Forma de Fertilización Foliar
La Colonia	Café	Manual	Bomba de espalda
Sinaí	Lima Tahití	Mecanizado y Manual	Estacionaria
Rentería	Guayaba	Manual	Nebulizadora Tractor y Bomba de Espalda
Villa Carol	Vid	Manual	Nebulizadora Tractor y Bomba de Espalda
Lusitania	Maíz	Mecanizado y Manual	Bomba de Espalda
El Jigal	Papaya	Mecanizado y Manual	Nebulizadora Tractor
La Rivera	Ají	Fertirriego	Nebulizadora Tractor
San Juanito	Yuca	Fertirriego	Bomba de Espalda con Motor
Villa María	Vid	Manual	Estacionaria
Terra Nova	Guayaba	Manual	Estacionaria

En cuanto a la fertilización foliar, las opciones son más variadas en los cultivos de la zona. Se utilizan bombas estacionarias o bombas de espalda en igual proporción, 30% para cada opción, sin embargo, el uso de la bomba de espalda se encuentra que en cultivos con mayor tecnificación como la Yuca o el Maíz; estas poseen motor para evitar que el trabajador de campo deba ajustar continuamente la presión de la herramienta y poder aplicar siempre la misma cantidad. En el cultivo de café aún se utiliza la bomba de espalda manual, lo que aunado a las pendientes en las que se encuentra este cultivo dificulta la labor; sin embargo, este tipo de fertilización es un complemento muy importante en el plan de manejo del cultivo que evita aplicar una gran cantidad de insumos al suelo, reduciendo los impactos sobre el mismo o sobre el agua que puede drenar hasta niveles aguas subterráneas o llegar a aguas superficiales que irremediablemente terminarán contaminando ríos y zonas marítimas.

6.2.7. Cosecha

En la zona prevalecen las prácticas manuales de cosecha, en cultivos como la uva (Figura 41), guayaba, ají, papaya, café y lima Tahití. Solo en dos de los cultivos evaluados, la cosecha es mecanizada, tal es el caso, del cultivo de yuca del predio San

Juanito (Figura 42), en el que la cosecha se realiza usando retroexcavadora de llanta que remueve la tierra y arranca los tubérculos dejándolos expuestos para que los trabajadores los seleccionen en campo y hagan el empaclado correspondiente. La cosecha del cultivo de maíz se realiza de forma mecanizada (Figura 43), usando máquinas especializadas de gran tamaño para cosechar grandes áreas en poco tiempo, haciendo muy eficiente esta práctica.



Figura 41. Labores de cosecha cultivo de Vid, cuenca RUT (La Unión).



Figura 42. Labores de cosecha cultivo de Yuca, cuenca RUT (La Unión).



Figura 43. Labores de cosecha cultivo de Maíz, cuenca RUT (La Unión).

6.2.8. Acompañamiento técnico y aseguramiento de la calidad en las labores

En la Cuenca RUT Municipio la Unión en la zona plana y en el pie de monte de la cordillera occidental, en zonas cercanas al casco urbano del municipio de La Unión, existe una gran oferta tecnológica, dado que allí se implementan cultivos con la mayor tecnología que se tiene disponible en la región; se encuentran asistentes técnicos particulares, asistente técnicos asociados a casas comerciales de insumos agrícolas, técnicos y tecnólogos egresados del Instituto Técnico Profesional de Roldanillo-Valle del Cauca (INTEP), el cual es epicentro del desarrollo de la tecnología en la región, en donde se realizan durante todo el año reuniones técnicas de profesionales y agricultores, se programan giras técnicas nacionales e internacionales, se establecen ensayos de campo y hacen presencia institucional diferentes universidades, centros de estudio y los departamentos de desarrollo tecnológico de las casas comerciales.

El acompañamiento técnico profesional es común en los cultivos tecnificados desarrollados por las empresas de la región, pero lo agricultores tradicionales reciben el acompañamiento técnico regular de las casas comerciales, quienes hacen una difusión de las tecnologías más recientes adoptadas en la región.

De acuerdo con la información recolectada en campo, existe un limitado uso de certificaciones en los cultivos en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) (Tabla 25), el 80% de los predios no poseen dicha certificación, lo que advierte del poco control que puede hacerse a los cultivos, principalmente en el área de inocuidad, calidad y manejo ambiental.

Tabla 25. Certificación de BPA en cultivos de la Cuenca Rut Municipio la Unión

Predio	Cultivo	Certificación BPA del ICA
La Colonia	Café	No
Sinaí	Lima Tahití	No
Rentería	Guayaba	No
Villa Carol	Vid	No
Lusitania	Maíz	No
El Jigual	Papaya	No
La Rivera	Ají	Sí
San Juanito	Yuca	No
Villa María	Vid	No
Terra Nova	Guayaba	Sí

Por lo anterior, no se generan registros de las prácticas e insumos aplicados en los cultivos y se dificulta establecer la calidad de estos y su efecto sobre el suelo. Este sistema de control técnico y administrativo que desarrolla en todo el país el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), tiene como objetivo asegurar la calidad de los productos cosechados en el campo y que llegan a los consumidores. Las BPA tienen tres pilares fundamentales, que van desde asegurar la inocuidad del producto para el consumidor, asegurar la salud de los trabajadores en el cultivo y evitar impactos de las prácticas, técnicas y tecnologías del cultivo sobre el ambiente, incluido el suelo.

Esta situación ocasiona inconvenientes en el seguimiento y control (trazabilidad) de los insumos empleados, y que se relacionan con las dosis aplicadas de fertilizantes y agroquímicos al suelo y a los cultivos, manejo de residuos, inocuidad de los alimentos producidos, salud de los trabajadores, entre otros. Lo que finalmente repercute en el bajo nivel de control sobre los impactos generados al suelo y en como conservarlo para hacer sostenible las prácticas agrícolas.

6.2.9. Resumen de prácticas agronómicas asociadas al manejo del cultivo

En la Tablas 26 a 33, se presenta el resumen de las prácticas agronómicas asociadas con el manejo y uso del suelo para los cultivos agrícolas priorizados en la Cuenca RUT Municipio la Unión.

Tabla 26. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de maíz, cuenca RUT (La Unión).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	Se realiza labranza convencional y en algunas ocasiones labranza mínima, debido a que los suelos poseen altos contenidos de arcillas expansibles y presentan problemas de compactación física y química; en la preparación del terreno se realizan varios pases de rastras y la siembra de forma mecanizada mediante maquinaria especializada (sembradoras y abonadoras neumáticas)
Manejo de arvenses	Se utilizan herbicidas de amplio espectro y específicos para el manejo de arvenses de hoja ancha, así como, pre-emergentes, para el manejo de arvenses en el maíz híbrido y menores aplicaciones en maíz GM
Riego	Se realiza durante la temporada de bajas precipitaciones mediante cañones aspersores utilizando agua del canal interceptor del distrito de riego, y durante la temporada de altas precipitaciones se realizan las siembras, para evitar la aplicación de riegos debido al alto costo que implica.
Uso de plaguicidas	Es poco frecuente, se realiza en los estados iniciales con fumigadoras acopladas al tractor, y solo si es necesario en estados avanzados se realizan aspersiones aéreas con avionetas; actualmente se está adoptando la tecnología de aplicación con drones.
Fertilización	Se realiza en tres ocasiones de forma edáfica, durante los primeros estados de crecimiento de las plantas, se utiliza maquinas abonadoras acopladas al tractor.
Cosecha	La cosecha del maíz, en los predios tecnificados, se realiza después de que las mazorcas sequen en campo, mediante maquinaria especializada de gran tamaño denominada “combinada” o “cosechadora”, que a medida que avanzan sobre el lote cortan las plantas secas, separando los granos del follaje, estas máquinas son eficientes en plantaciones extensivas

Tabla 27. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de yuca, cuenca RUT (La Unión).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	Se realiza un tipo de labranza convencional, mediante varios pases con arado de rastras, aunque debido a la alta susceptibilidad del cultivo al encharcamiento, se establecen camas elevadas de 20 a 40 cm de altura; en el estudio de caso del predio San Juanito, a estas camas no se les coloca acolchado plástico.
Manejo de arvenses	se realiza el manejo mediante aplicaciones de herbicidas en los primeros estados de desarrollo, los cuales se suspenden al crecer el cultivo, dado que el follaje cierra las calles, evitando el paso de la luz solar, por lo que la proliferación de arvenses se reduce con el tiempo.
Riego	En el estudio de caso del predio San Juanito, el riego se realiza por goteo mediante cintas, un par de cintas por cada cama, cada una con capacidad para aplicar 9 L/m, el agua utilizada proviene del dren principal del distrito RUT; debido a que la siembra se realiza a 80 cm entre plantas, el riego debe ser continuo en toda la cama; en el predio San Juanito, se implementa el balance hídrico para calcular las necesidades hídricas de acuerdo con sus condiciones edafoclimáticas
Uso de plaguicidas	Se realiza manualmente utilizando un equipo de aspersión estacionaria con mangueras de 50 metros que se acoplan a un hidrante ubicado estratégicamente en cada lote; es un cultivo de bajo uso de plaguicidas, que de acuerdo con las características de las plagas presentes, se realizan aplicaciones una vez al mes, o menos, si así lo recomienda el monitoreo realizado por los agrónomos de la empresa
Fertilización	Debido a que el cultivo de yuca se adapta a diferentes condiciones fisicoquímicas del suelo, se le aplican fertilizaciones básicas, basadas específicamente en el uso de materia orgánica compostada, con la adición de fertilizantes de síntesis química en baja proporción, de acuerdo con el análisis de suelo, esta fertilización se realiza en los primeros estados de desarrollo en forma manual y en hoyos cerca de la planta.
Cosecha	En el estudio de caso del predio San Juanito, la empresa usa una máquina retroexcavadora que extrae los tubérculos del suelo, exponiéndolos para que los empleados los corten, limpien y empaquen en bultos, con el fin de ser llevados al lugar de comercialización o acopio.

Tabla 28. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Lima Tahití, cuenca RUT (La Unión).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	En el estudio de caso del predio Sinaí, ubicada en un área con pendientes abruptas (19-40%), de la vereda Sabanazo, por tanto, no es posible realizar una labranza convencional y se opta por una labranza mínima que consiste en aplicar herbicidas en el área donde se sembrará cada árbol (distancia de siembra 4x4 m), posteriormente se hace un agujero que se desinfecta con cal y se incorpora materia orgánica.
Manejo de arvenses	Se realiza mediante parcheo con herbicidas, ya que, al ser una zona muy seca, la proliferación de arvenses no es tan agresiva como en áreas, se realiza poco control con guadaña y solo en las franjas donde la pendiente lo permite.
Riego	En la zona de Sanabazo no se cuenta con las facilidades que otorga el distrito RUT en la zona plana y, por tanto, los sistemas de riego son difíciles de implementar, en particular, el predio Sinaí no cuenta con un sistema de riego establecido, y para cubrir las necesidades hídricas del cultivo dependen de las precipitaciones que son reducidas a lo largo del año.
Uso de plaguicidas	En este cultivo es baja la intensidad de uso de plaguicidas; cuando es necesario se recurre a un equipo estacionario con mangueras para asperjar los productos químicos, en algunas ocasiones, se usa bomba de espalda con motor, aunque esta práctica es de alto riesgo, debido a la fuerte pendiente.
Fertilización	La fertilización edáfica se realiza con aplicación líquida a través de una bomba estacionaria directamente en la zona de plateo de las plantas.
Cosecha	Se realiza de forma manual, en canastillas que después son transportadas a la carretera, donde son movilizadas con un tractor de 30 CV.

Tabla 29. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de la Vid (uva de mesa), cuenca RUT (La Unión).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	La labranza en los predios Villa Carol es semitecnificado y Villa María es tecnificado. Se realiza labranza mínima en la franja de pie de monte y labranza convencional con camas sin acolchado plástico en la zona plana cercana al río Cauca, dada su tendencia al ascenso del nivel freático que puede afectar gravemente el cultivo de la vid.
Manejo de arvenses	Se realiza mediante la una estrategia de manejo integrado, utilizando guadaña manual y aplicación de herbicidas durante las épocas posteriores a la poda, en el crecimiento de las ramas productivas, ya que una vez se cierra el follaje sobre el emparrado la proliferación de arvenses se reduce considerablemente.
Riego	Se utilizan dos mangueras por cama, con goteros ubicados cada 50 cm y de un caudal de 4 L/h; las mangueras se ubican a dos metros de altura sobre el emparrado para evitar daños, debido al volumen de actividades que requiere la vid, como: podas, eliminación de frutos en mal estado, raleos, aplicación de plaguicidas y cosecha. El agua de riego es proveniente de aljibe.
Uso de plaguicidas	Debido a la alta frecuencia de aplicación de plaguicidas de este cultivo se utiliza el sistema de bomba estacionaria, mediante el cual los trabajadores de campo utilizan una manguera para asperjar los insumos sobre las plantas.
Fertilización	Esta práctica es fundamental debido al alto consumo de nutrientes que realiza la planta de vid para la producción de racimos, se realiza en las primeras etapas del cultivo, desde la poda, hasta el inicio de la maduración; se aplica materia orgánica y fertilizantes de síntesis química de forma edáfica por cada planta, y fertilizaciones líquidas complementarias con maquina estacionaria.
Cosecha	La cosecha se realiza de forma manual y se transporta hasta las calles del predio donde regularmente es recogida por un tractor pequeño.

Tabla 30. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Guayaba, cuenca RUT (La Unión).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	Este cultivo se adapta muy bien a la zona plana del distrito RUT, ya que resiste el encharcamiento y la compactación de suelos, y por tanto para su siembra se realizan surcos en lugar de camas, lo que facilita las labores de preparación del terreno; se hacen hoyos de 60x60 cm, los cuales son acondicionados con cal y materia orgánica.
Manejo de arvenses	En el predio Terra Nova, se realiza un manejo integrado de arvenses, mediante el uso de guadaña manual y aplicación de herbicidas en “parqueo” y con el tipo de herbicidas que sean necesarios.
Riego	Se utiliza agua del canal interceptor, en la sección norte, y se realiza mediante un sistema de riego por goteo, que posee goteros con caudales de 4 L/h, ubicados cada 50 cm, en franja continua; aunque en la región se están adoptando sistemas de microaspersión debido a que el cultivo de la guayaba aprovecha muy bien el agua, y por esto se aplican laminas más altas que en los cultivos de uva, papaya o ají.
Uso de plaguicidas	Al igual que en el resto de los frutales de la región, la aspersión se realiza con bomba estacionaria para evitar el uso de máquinas de fumigación de espalda, es un cultivo que requiere un uso intensivo medio de plaguicidas, por lo que se aplica solo una vez por semana, además, dependiendo de la proliferación de plagas y enfermedades, siendo especialmente susceptible al ataque de ácaros y enfermedades como la roya.
Fertilización	La fertilización en el predio donde se realizó el estudio de caso se realiza combinando un método manual de aplicación alrededor de la planta, y complementado con fertilizaciones líquidas con bomba estacionaria.
Cosecha	Se realiza manualmente, en canastillas, que son llevadas a tractores pequeños que se mueven específicamente por las carreteras entre los lotes.

Tabla 31. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Ají, cuenca RUT (La Unión).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	Al igual que en el resto de las hortalizas manejadas de forma tecnificada, se realiza labranza convencional, encamado con dos cintas de goteo por cama y acolchado plástico para el manejo de arvenses.
Manejo de arvenses	El uso de acolchado plástico en las camas de ají es la forma de manejo cultural de arvenses más eficiente, reduciendo de forma significativa el uso de herbicidas. Se hace plateau manual de las arvenses que se observen cerca agujero de siembra y aplicación de herbicidas de contacto y/o glufosinato de amonio en las calles, de acuerdo con la frecuencia relativa de lluvias.
Riego y Fertiriego	Se utiliza riego por goteo y se aplican semanalmente fertilizantes a través de este sistema, previamente calculado los requerimientos nutricionales del cultivo en cada etapa fenológica; se hace una mezcla de minerales adecuada para cada lote y la fertilización se suministra con alto grado de precisión durante todo su ciclo productivo. El ají por ser una planta solanácea requiere un uso extensivo de fertilizantes para llegar a su óptima producción.
Uso de plaguicidas	Es un cultivo susceptible a la proliferación de plagas y enfermedades, por tanto, la frecuencia de aplicación depende del clima y del grado de infestación que arroja el monitoreo diario del cultivo, en promedio, se realizan aplicaciones una vez por semana, aunque estas dependen de la decisión del ingeniero conforme al estado fitosanitario.
Cosecha	Se lleva a cabo de forma manual, con uso intensivo de mano de obra; se cosecha en canastillas y se transporta en tractores, los cuales no entran a los lotes, por lo que las canastillas deben ser transportadas por los trabajadores de campo hasta las carreteras que dividen los lotes

Tabla 32. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Papaya, cuenca RUT (La Unión).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	El cultivo de papaya en La Unión se realiza en la zona plana, donde se practica una agricultura tecnificada y por tanto, utiliza las mismas técnicas de labranza de estos tipos de cultivos, en este caso, labranza convencional y encamado, sin embargo, en este caso las camas son más altas, aproximadamente de 60 cm de altura, aunque depende de la profundidad efectiva del suelo y la posibilidad de ascenso del nivel freático. Se implementa el riego por goteo, regularmente 2 cintas o mangueras por cama y se coloca acolchado plástico antes de la siembra
Manejo de arvenses	Teniendo en cuenta que el cultivo presenta calles amplias (normalmente de tres metros de ancho), para poder realizar esta labor de forma mecanizada, se aplican los herbicidas sobre las calles y en las zonas adyacentes al acolchado plástico, con productos de contacto y glufosinato de amonio
Riego y Fertiirriego	En el estudio de caso del predio El Jigual, se utiliza riego por goteo y se realiza fertiirrigación con base en los requerimientos nutricionales de la planta en cada fase del ciclo productivo; la fertiirrigación se realiza semanalmente con el agua de riego.
Uso de plaguicidas	Se realiza con bomba de 400 L acoplada a un tractor, este se desplaza por las calles, entre camas, y los plaguicidas son aplicados al follaje hasta dos veces por semana, dependiendo de intensidad de la proliferación de plagas y enfermedades.
Cosecha	Se realiza de forma manual, pero se carga directamente al remolque del tractor que se va desplazando por las calles entre las camas.

Tabla 33. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Café, cuenca RUT (La Unión).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	En predio La Colonia de la vereda Quebrada Grande, se encuentra ubicado en el extremo occidental del municipio de La Unión, en la zona de ladera, inclinadas o muy inclinadas que solo permite la labranza mínima antes de la siembra, la cual consiste en hacer un manejo de arvenses previo y un hoyado de 40x40 cm.
Manejo de arvenses	Debido a la influencia de la asistencia técnica por parte del comité de cafeteros del Valle del Cauca, estas fincas practican un manejo integrado de arvenses que alterna el uso de guadaña manual y/o selector de arvenses con “parcheos”, efectuados por la mezcla de gramoxone/finale, permitiendo el establecimiento de una cobertura vegetal entre las calles del café que es manejada por plateo manual en las zonas de las plantas.
Riego	Este cultivo como los demás cultivos de café de la zona no cuentan con riego, depende de las temporadas de altas precipitaciones para suplir sus requerimientos hídricos, presentan la ventaja que esta es la única zona húmeda del municipio con precipitaciones medias por encima de los 1.200 mm/año.
Uso de plaguicidas	Por el grado de adaptación de estas plantas a esta zona cafetera con suelos andisoles y climas húmedos medios, el café no presenta una alta presión de plagas o enfermedades, por lo que los controles son esporádicos y más si se tiene en cuenta que en esta zona el cultivo se encuentra asociado con otras especies, haciendo un manejo más ecológico de la producción. Las aplicaciones pueden llegar a hacerse una vez al mes y se realizan con máquinas de espalda con motor.
Fertilización	Se utilizan mezclas de compost, del cual una parte se elabora en la finca La Colonia con estiércol de caballo y residuos de la cosecha de café, alternada con aplicaciones de fertilizantes compuestos del orden 13:26:6 (N:P:K).
Cosecha	Se realiza de forma manual, cosechando los frutos que se encuentran maduros e intentando dejar en la planta los que aún requieren tiempo para entrar en la fase de maduración, de lo contrario no se aprovecha completamente el potencial del grano.

6.3. CAMPAÑAS DE MUESTREO DE SUELOS Y AGUAS CUENCA RUT MUNICIPIO LA UNIÓN

En los 10 predios priorizados (cultivos) en la cuenca RUT (municipio La Unión), se adelantaron campañas de muestreo de suelos (Tabla 34). Con el fin de establecer las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas, se obtuvieron 30 muestras de suelo disturbado (3 muestras de suelo por cultivo en lotes diferentes) y 30 muestras de suelo no disturbado (cilindro biselado) para análisis físico; en los diez predios se tomaron muestras de agua para análisis químico durante la temporada de altas precipitaciones; se tomaron seis muestras de agua adicionales durante la temporada de bajas precipitaciones (Tabla 35).

Tabla 34. Sitios de muestreo de suelos de suelo y agua en cultivos de la cuenca RUT Municipio la Unión.

Consecutivo Muestra Suelo	Coordenada X	Coordenada Y	Vereda	Predio	Altura (msnm)	Cultivo	Consecutivo Muestra Agua
PRUT-01	-76.06761	4.520847	La Isla	Lusitania	975	Maíz	PRUT-A-01
PRUT-02	-76.06921	4.51979				Maíz	
PRUT-03	-76.07262	4.521392				Maíz	
PRUT-04	-76.10108	4.547552	La Campesina	Villa María	975	Vid	PRUT-A-02
PRUT-05	-76.101	4.547955				Vid	
PRUT-06	-76.10083	4.547898				Vid	
PRUT-07	-76.08188	4.519802	San Juanito	San Juanito	975	Yuca	PRUT-A-03
PRUT-08	-76.08189	4.517687				Yuca	
PRUT-09	-76.08262	4.517845				Yuca	
PRUT-10	-76.09539	4.527304	Casco Urbano	La Rivera	975	Ají	PRUT-A-04
PRUT-11	-76.09535	4.528229				Ají	
PRUT-12	-76.09552	4.528859				Ají	
PRUT-13	-76.076	4.553367	San Luis	El Jigal	975	Papaya	PRUT-A-05
PRUT-14	-76.07677	4.552979				Papaya	
PRUT-15	-76.07778	4.552413				Papaya	
PRUT-16	-76.06208	4.5219333	El Rincón	Villa Carol	975	Vid	PRUT-A-06
PRUT-17	-76.06109	4.524499				Vid	
PRUT-18	-76.0633	4.525316				Vid	
PRUT-19	-76.052000	4.521395	Espinal	Predio 1	975	Guayaba	PRUT-A-07
PRUT-20	-76.051012	4.521944				Guayaba	
PRUT-21	-76.051419	4.522814				Guayaba	
PRUT-22	-76.14859	4.543709	Quebrada Grande	La Esperanza	1687	Café	PRUT-A-08
PRUT-23	-76.14998	4.543251				Café	
PRUT-24	-76.14909	4.543082				Plátano	
PRUT-25	-76.13513	4.53916	Quebrada Grande	Sinaí	1415	Limón	PRUT-A-09
PRUT-26	-76.13197	4.539619				Limón	
PRUT-27	-76.12992	4.53947				Limón	
PRUT-28	-76.06481	4.582167	El Espinal	Terra Nova	975	Guayaba	PRUT-A-10
PRUT-29	-76.06335	4.581409				Guayaba	
PRUT-30	-76.06491	4.583537				Guayaba	

Tabla 35. Sitios de muestreo de aguas durante la temporada de bajas precipitaciones. Cuenca RUT Municipio la Unión.

Consecutivo Muestra Agua	Coordenada X	Coordenada Y	Predio/Zona
PRUT-A-11	-76.067143	4.584854	Canal Marginal Zona Norte
PRUT-A-12	-76.058732	4.511514	Canal Marginal Zona Sur
PRUT-A-13	-76.068121	4.511217	Dren Principal Zona Sur
PRUT-A-14	-76.079189	4.524163	Canal Interceptor Zona Sur
PRUT-A-15	-76.047667	4.576753	Dren Principal Zona Norte
PRUT-A-16	-76.0700686	4.573693	Canal Interceptor Zona Norte

Se destaca que en el 60% se manejan cultivos permanentes, sistemas de monocultivo en el 90% de los predios. Con relación al acceso a la tecnología se presenta una mayor diferencia, donde solo el 50% de los predios son tecnificados, y el resto realizan un manejo semitecnificado (30%) y tradicional (20%). Por otro lado, el 60% de los predios muestreados desarrollan sus actividades en suelos vertisoles, 20% sobre alfisoles y el porcentaje restante se encuentran sobre andisoles y entisoles, 10% cada uno.

Los principales ordenes de suelo encontrados en la cuenca en la zona alta son: andisoles, entisoles; en la zona de piedemonte y plana se encuentran especialmente inceptisoles y vertisoles. Esta información, junto a los cultivos principales relacionados en la cuenca, permitieron identificar cuatro zonas a muestrear y ocho cultivos a priorizar, relacionados a continuación (Figura 44):

- Zona 1: zona de ladera de la cuenca, cultivos priorizados (café y lima Tahití).
- Zona 2: zona de piedemonte, cultivos priorizados (uva y ají).
- Zona 3: zona entre canal interceptor y canal de drenaje, cultivos priorizados: (yuca, maíz, papaya y guayaba).
- Zona 4: zona entre canal de drenaje y canal marginal, cultivos priorizados (uva).

6.4. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN LA CUENCA RUT-MUNICIPIO LA UNIÓN

En la zona plana de la cuenca RUT (municipio La Unión), se ubica más del 90% de la actividad agrícola; el estudio permitió establecer que el 46% de las muestras analizadas en zona plana presentan niveles altos de compactación, el 50% presentan conductividad hidráulica de lenta a muy lenta y agregación de suelos baja a muy baja. En la zona de ladera, el 66% de las muestras indican procesos de compactación, y suelos ligeramente estables, todas tienen grado medio de agregación y dos conductividades hidráulicas muy lentas.

Con relación a las propiedades químicas se realizó un análisis de varianza de un solo factor por cada variable evaluada en el análisis de suelo; el factor es el tipo de cultivo el cual se refiere a cada uno de los cultivos establecidos en los predios evaluados (maíz, uva, guayaba, papaya, lima Tahití, café, yuca y ají).

6.4.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

En la Figura 45 se observa que las muestras tomadas en el predio San Juanito (Yuca), presentan los valores más altos de pH (7,93 el valor más alto), sin embargo, su varianza es mayor con respecto a los del predio Villa Carol (Vid), y, por tanto, el promedio de este último predio es mayor (7,80), con respecto a los de San Juanito (7,77); también se puede observar que el otro predio donde se cultiva Vid, Villa María, presenta valores altos de pH, con el tercer promedio más alto (7,68), sin embargo su varianza es mucho menor. En cuanto a los suelos de la zona plana se puede mencionar, como se observa en la Tabla 36, que los tres predios mencionados anteriormente, junto a Rentería (Guayaba) y La Rivera (Ají), poseen un pH alcalino; y que los predios El Jigual (Papaya) y Lusitania (maíz), presentan un pH neutro, junto ligeramente ácido del predio Terra Nova (Guayaba); mientras que los suelos de la zona de ladera Sinaí (Lima Tahití) y La Colonia (Café), son catalogados como ligeramente ácidos, presentando el pH más bajo de los diez estudios de caso. Lo anterior refleja, en general, algún problema relacionado con la saturación de bases en los suelos de la zona plana, como ya se mencionó en capítulos anteriores, posiblemente el Mg.

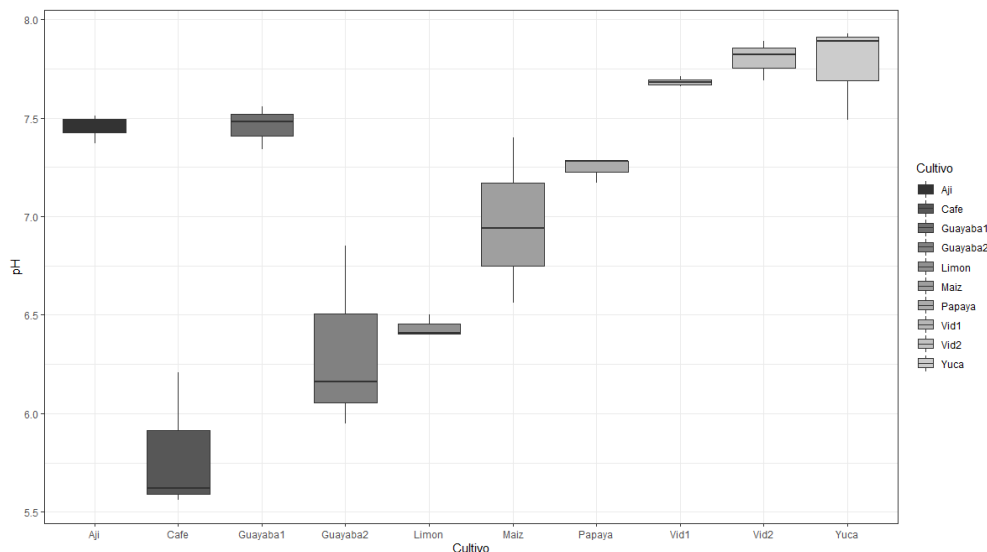


Figura 45. Potencial de Hidrogeno (pH), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

Por otro lado, como se muestra en la Tabla 36, el análisis de varianza permite establecer que no se encuentran diferencias significativas entre el pH de los predios Villa Carol, San Juanito y Villa María, ni entre Rentería, La Rivera, El Jigual y Lusitania; Lusitania, Terra Nova y Sinaí son estadísticamente similares; mientras que La Colonia solo es estadísticamente similar a Terra Nova.

Tabla 36. pH, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).

Predio	Cultivo	pH	Interpretación pH	Grupos
Villa Carol	Vid2	7.80	Alcalino	a
San Juanito	Yuca	7.77	Alcalino	a
Villa María	Vid1	7.68	Alcalino	ab
Rentería	Guayaba1	7.46	Alcalino	bc
La Rivera	Ají	7.45	Alcalino	bc
El Jigual	Papaya	7.24	Neutro	c
Lusitania	Maíz	6.97	Neutro	cd
Sinaí	Lima Tahití	6.44	Ligeramente ácido	d
Terra Nova	Guayaba2	6.32	Ligeramente ácido	de
La Colonia	Café	5.80	Modernamente ácido	e

6.4.2. Conductividad Eléctrica (CE)

En la Figura 46 y en la Tabla 37, se presentan los valores de CE. Para las muestras tomadas en el predio Terra Nova (Guayaba). se encontró el valor más alto de CE (0,75 dS/m en promedio), pero con una alta varianza, seguido del predio Villa Carol (Vid), con una varianza menor (0,70 dS/m en promedio), luego se encuentra el predio Villa María (Vid), que demuestra una menor varianza de los datos (0,79 dS/m en promedio). En

cuanto a los predios que presentaron los valores más bajos se encuentran: Sinaí (Lima Tahití, con 0,21 dS/m en promedio, y poca varianza), Rentería (Guayaba, con 0,36 dS/m en promedio), y La Colonia (Café, 0,41 dS/m en promedio). De acuerdo con los datos, en ninguno de los predios evaluados se encontró evidencia de salinidad.

En cuanto al análisis de varianza en la Tabla 37, se evidencia que entre los predios que se encuentran en la zona plana los valores de CE son estadísticamente similares, tal es el caso de Villa María, Terra Nova, Villa Carol, Lusitania, El Jigual y La Rivera; solo San Juanito (Yuca) y Rentería (Guayaba) presentan diferencias estadísticas con algunos predios de la zona plana; mientras que los predios de la zona de ladera son similares estadísticamente, junto con el predio Rentería.

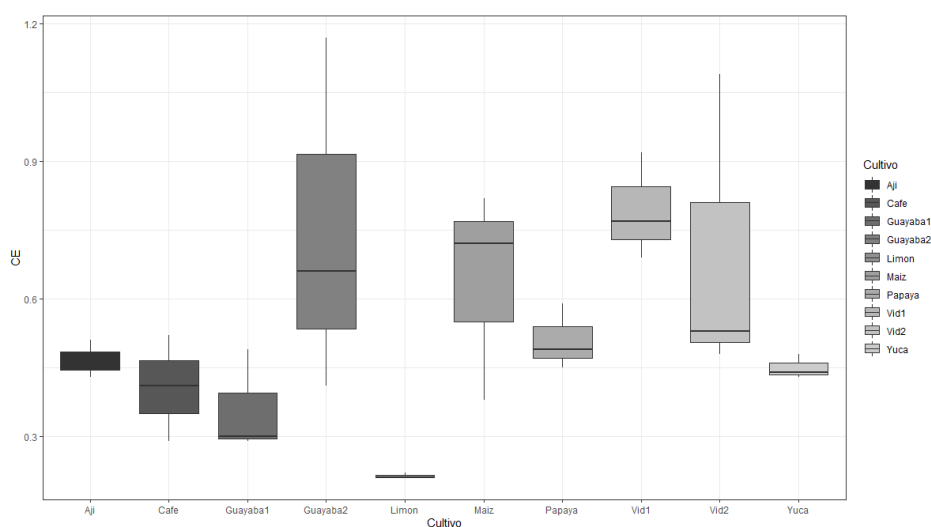


Figura 46. Conductividad Eléctrica (CE), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

Tabla 37. CE, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).

Predios	Cultivo	CE (dS/m)	Interpretación CE	Grupos
Villa María	Vid1	0.79	Ninguna Salinidad	a
Terra Nova	Guayaba2	0.75	Ninguna Salinidad	ab
Villa Carol	Vid2	0.70	Ninguna Salinidad	ab
Lusitania	Maíz	0.64	Ninguna Salinidad	ab
El Jigual	Papaya	0.51	Ninguna Salinidad	abc
La Rivera	Ají	0.47	Ninguna Salinidad	abc
San Juanito	Yuca	0.45	Ninguna Salinidad	bc
La Colonia	Café	0.41	Ninguna Salinidad	bcd
Rentería	Guayaba1	0.36	Ninguna Salinidad	cd
Sinaí	Lima Tahití	0.21	Ninguna Salinidad	d

6.4.3. Materia Orgánica (MO) y Carbono Orgánico (CO)

En la Figura 47 y 48 se presentan los contenidos de MO y CO en el suelo, ambas variables al estar relacionadas tienen un comportamiento similar en todos los predios, destaca sustancialmente el predio La Colonia (Café), el cual obtuvo los contenidos más altos (4,08 g/100 g de MO y 2,36 g/100 g de CO, en promedio respectivamente), catalogados como altos, este predio se encuentra ubicado en la zona de ladera en un suelo andisol, manejado bajo un sistema de policultivo de forma tradicional con prácticas de bajo impacto sobre el suelo; por otro lado, los predios ubicados en la zona plana poseen contenidos similares entre sí, catalogados como medios; destacan por sus contenidos bajos los predios Villa Carol (Vid), y San Juanito (Yuca), cuyo manejo es convencional, en sistemas de monocultivo (1,85 y 1,65 g/100g, respectivamente).

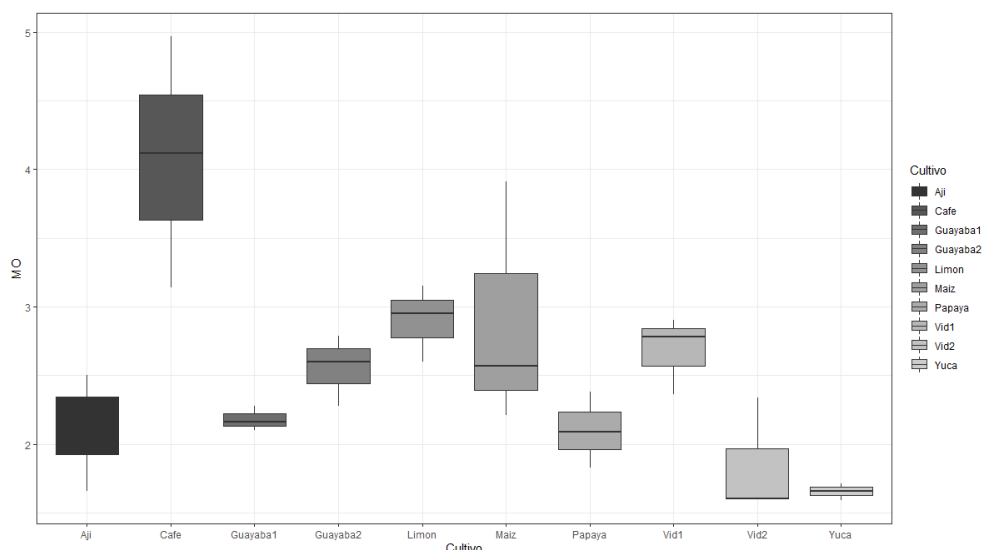


Figura 47. Materia Orgánica (MO), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

Tabla 38. MO, CO, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).

Predio	Cultivo	MO (g/100g)	Interpretación MO	Grupos	CO (g/100g)	Grupos
La Colonia	Café	4.08	Alto	a	2.36	a
Sinaí	Lima Tahití	2.90	Medio	ab	1.68	ab
Lusitania	Maíz	2.90	Medio	bc	1.68	bc
Villa María	Vid1	2.68	Medio	bc	1.55	bcd
Terra Nova	Guayaba2	2.56	Medio	bcd	1.48	bcd
Rentería	Guayaba1	2.18	Medio	cde	1.26	cde
La Rivera	Ají	2.12	Medio	cde	1.23	cde
El Jigual	Papaya	2.10	Medio	de	1.22	de
Villa Carol	Vid2	1.85	Bajo	e	1.07	e
San Juanito	Yuca	1.65	Bajo	e	0.96	e

En el análisis de varianza (Tabla 38), las diferencias significativas se comportan de forma similar en MO y CO. El predio La Colonia (Café), presenta diferencias

significativas con todos los predios, con excepción del predio Sinaí (Lima Tahití), ubicado también en la zona de ladera, este último, aunque presenta un promedio similar a algunos de los predios de zona plana, su varianza es menor con respecto a los otros predios. En la zona plana los contenidos de MO y CO en gran parte de los predios no presentan diferencias significativas, aunque si se presentan algunas entre los predios con mayor y menor media, como los mencionados Villa Carol y San Juanito, que se encuentran sobre vertisoles, con un manejo intensivo del suelo en la preparación del terreno y en el manejo de arvenses que cubran el suelo, lo que incentiva la pérdida del carbono en el suelo.

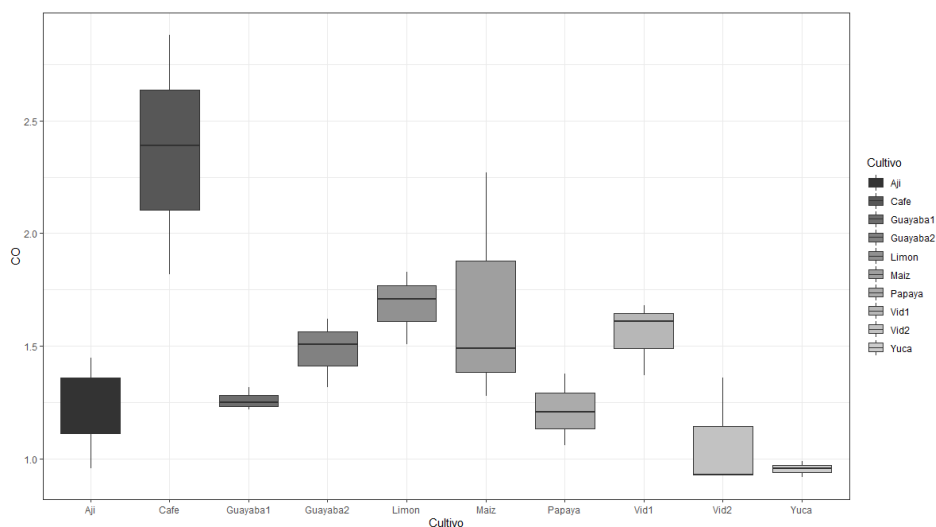


Figura 48. Carbono Orgánico (CO), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

6.4.4. Bases Intercambiables del Suelo (Ca, Mg, K y Na)

En la Figura 49 y en la Tabla 39, se presentan los contenidos de Ca en todos los predios que fueron catalogados como altos (>6 cmol/kg), se destaca que los suelos de los predios ubicados en la zona plana presentaron los niveles promedio más altos, mientras que los de la zona de ladera presentaron los más bajos; en el predio Lusitania (Maíz) obtuvo el valor promedio más alto (24,16 cmol/kg), y se diferencia estadísticamente del resto de predios de la zona plana, con excepción del predio Rentería (Guayaba), este predio no se diferencia estadísticamente con los restantes predios de la zona plana; el predio Sinaí (Lima Tahití), ubicado en zona de ladera, no presenta diferencias significativas con los predios de la zona plana, con excepción de los predios Lusitania y Rentería, se diferencia estadísticamente del otro predio en zona de ladera La Colonia (Café).

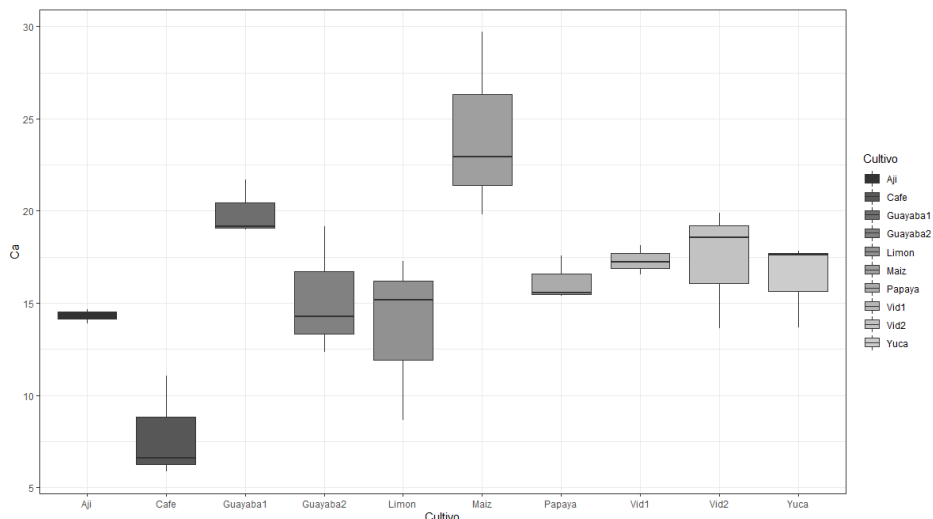


Figura 49. Contenidos de Calcio (Ca), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

Tabla 39. Ca, Mg, K, Na, CICE, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).

Predio	Cultivo	cmol/kg														
		Calcio			Magnesio			Potasio			Sodio			CICE		
		Ca	Int	G	Mg	Int	G	K	Int	G	Na	Int	G	CICE	Int	G
Lusitania	Maíz	24.16	Alto	a	18.58	Alto	a	0.99	Alto	cd	0.40	Bajo	abcd	44.13	Alto	a
Rentería	Guayaba1	19.95	Alto	ab	16.06	Alto	ab	0.86	Alto	cd	0.18	Bajo	cd	37.05	Alto	ab
Villa Carol	Vid2	17.35	Alto	bc	16.16	Alto	ab	0.84	Alto	cd	0.75	Bajo	a	35.09	Alto	bc
Villa María	Vid1	17.32	Alto	bc	13.07	Alto	bc	2.41	Alto	a	0.61	Bajo	ab	33.40	Alto	bc
San Juanito	Yuca	16.37	Alto	bc	5.40	Alto	de	1.82	Alto	ab	0.23	Bajo	bcd	23.82	Alto	d
El Jigual	Papaya	16.18	Alto	bc	8.87	Alto	cd	1.16	Alto	bc	0.25	Bajo	bcd	26.46	Alto	cd
Terra Nova	Guayaba2	15.26	Alto	bc	10.35	Alto	c	0.67	Alto	d	0.57	Bajo	abc	26.85	Alto	cd
La Rivera	Ají	14.31	Alto	bc	5.33	Alto	de	1.00	Alto	cd	0.15	Bajo	d	20.79	Alto	d
Sinaí	Lima Tahití	13.70	Alto	C	12.03	Alto	bc	0.17	Bajo	e	0.15	Bajo	d	26.05	Alto	cd
La Colonia	Café	7.85	Alto	D	1.28	Bajo	e	0.61	Alto	d	0.13	Bajo	d	9.82	Bajo	e

*Int: Interpretación. G: Grupos.

En la Figura 50 y en la tabla anterior, se observa que los contenidos de magnesio en gran parte de los predios son altos (>2,5 cmol/kg), con excepción del predio La Colonia (Café), en la zona de ladera, los cuales se han catalogado como bajos (<1,5 cmol/kg). Destaca principalmente el predio Lusitania (Maíz), con el promedio más alto (18,58 cmol/kg), el cual no se diferencia estadísticamente de los predios Rentería (Guayaba) y Villa Carol (Vid), ubicados al sureste de La Unión, entre el canal marginal y el dren principal; el predio La Colonia presenta diferencias significativas con todos los predios, excepto con La Rivera (Ají) y San Juanito (Yuca), estos dos últimos se encuentran en el centro de La Unión, entorno al canal interceptor; estadísticamente no se presentan diferencias significativas en los predios ubicados en la zona centro norte de La Unión, tres de ellos en la zona plana, Terra Nova (Guayaba), El Jigual (Papaya), Villa María (Vid), y uno en la zona de ladera, Sinaí (Lima Tahití).

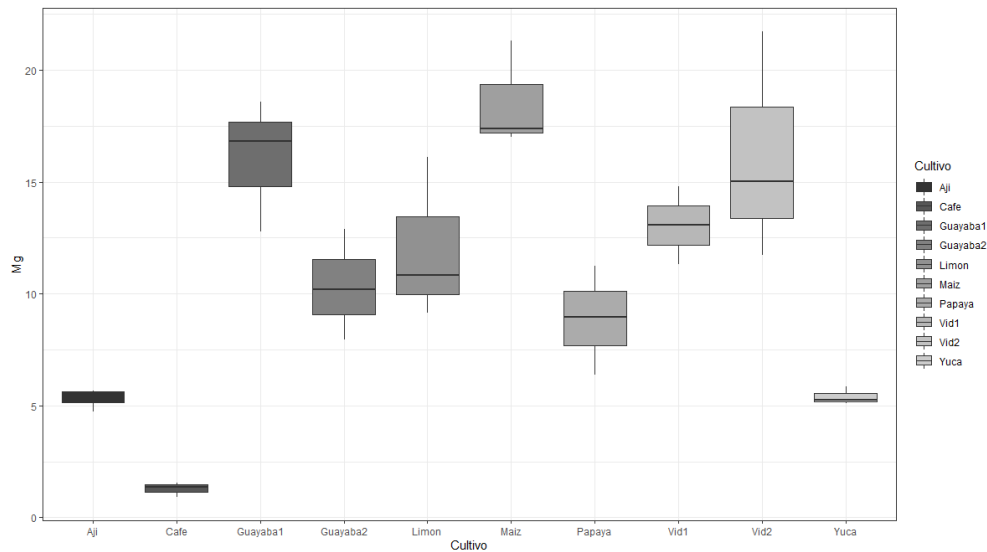


Figura 50. Contenidos de Magnesio (Mg), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

En la Figura 51 y en la Tabla 39, se encontró que los contenidos de potasio en todos los predios son altos ($>0,4$ cmol/kg), con excepción del predio Sinaí (Lima Tahití), cuyos contenidos de K son bajos ($<0,2$ cmol/kg); en cuanto al análisis de varianza, no se presentan diferencias significativas entre los predios Villa María (Vid) y San Juanito (Yuca), ubicados en la zona plana en torno al área periurbana del municipio de La Unión; los predios restantes de la zona plana no evidencian ser estadísticamente distintos, con excepción de diferencias significativas entre los predios El Jigal (Papaya) y Terra Nova (Guayaba); el predio Sinaí es estadísticamente distinto al resto de predios.

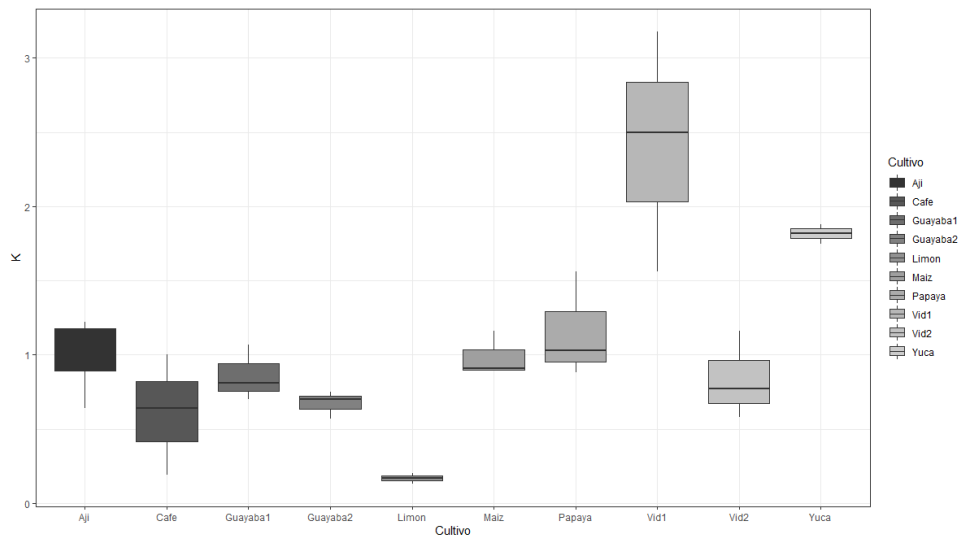


Figura 51. Contenidos de Potasio (K), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

En cuanto a los contenidos de Na, en la Figura 52 y en la Tabla 39, se observa que todos los predios presentan bajos niveles, por lo que no se evidencian problemas de sodicidad o salinidad por este elemento; aunque todos los predios tienen bajos niveles de sodio, destacan por sus mayores contenidos los predios ubicados en la zona plana, Villa Carol (Vid), Villa María (Vid), Terra Nova (Guayaba) y Lusitania (Maíz), los cuales no presentan diferencias estadísticas entre ellos; el último predio presentan similitudes desde el punto de vista estadístico con los predios restantes, pero Terra Nova aún es similar estadísticamente con El Jigual (Papaya), San Juanito (Yuca) y Rentería (Guayaba).

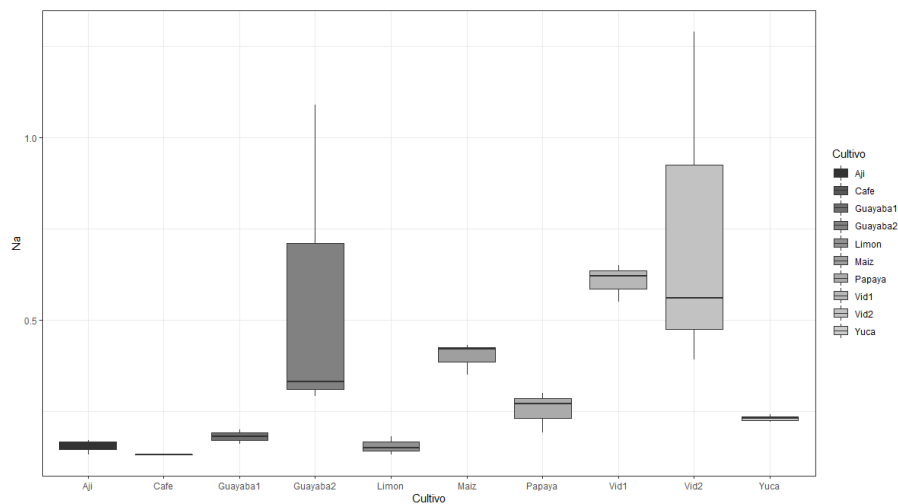


Figura 52. Contenidos de Sodio (Na), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

En todos los predios la Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE), se cataloga como alta, con excepción del predio La Colonia (Café), el cual se diferencia estadísticamente de los otros predios evaluados, como se observa en la Figura 53 y en la Tabla 39; el predio Lusitania (Maíz), presenta el promedio más alto (44,13 cmol/kg), y se diferencia estadísticamente con el resto de predios, excepto con el predio Rentería, el cual es también similar desde el punto de vista estadístico con los dos predios que cultivan Vid (Villa Carol y Villa María).

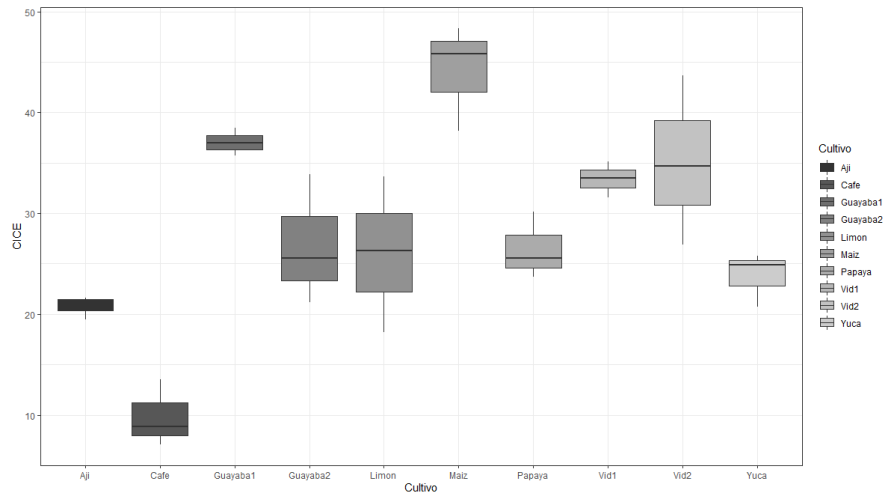


Figura 53. Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

6.4.5. Relaciones Entre Bases Intercambiables del Suelo

En cuanto a las relaciones entre bases intercambiables, en la Figura 54 y en la Tabla 40, se presenta información sobre la relación Ca/Mg, en la cual se puede observar que el 70% de los predios presentan deficiente contenido de Ca en comparación con los altos niveles de Mg, en su mayoría suelos de la zona plana, esto genera inconvenientes con la capacidad de infiltración del suelo debido a la capacidad agregante de las partículas del suelo del Mg, que en exceso se acentúa. Solo dos predios de la zona plana presentan una relación ideal, San Juanito (Yuca) y La Rivera (Ají), los cuales se encuentran la parte periurbana del municipio de La Unión; en el predio La Colonia (Café), en la zona de ladera, se presenta deficiencia de Mg, lo que puede generar problemas de erosión dado que altos contenidos de Ca en comparación con el Mg, acentúa la capacidad del Ca para favorecer la aireación del suelo. En cuanto al análisis de varianza se presentan tres grupos, el primero, conformado por un solo predio, La Colonia, el cual es diferente estadísticamente del resto de predios; el segundo conformado por tres predios San Juanito, La Rivera y El Jigual, en la zona plana, los cuales se diferencian estadísticamente con La Colonia y el resto de los predios, con excepción de El Jigual, el cual es estadísticamente similar a los predios con bajas concentraciones de Ca.

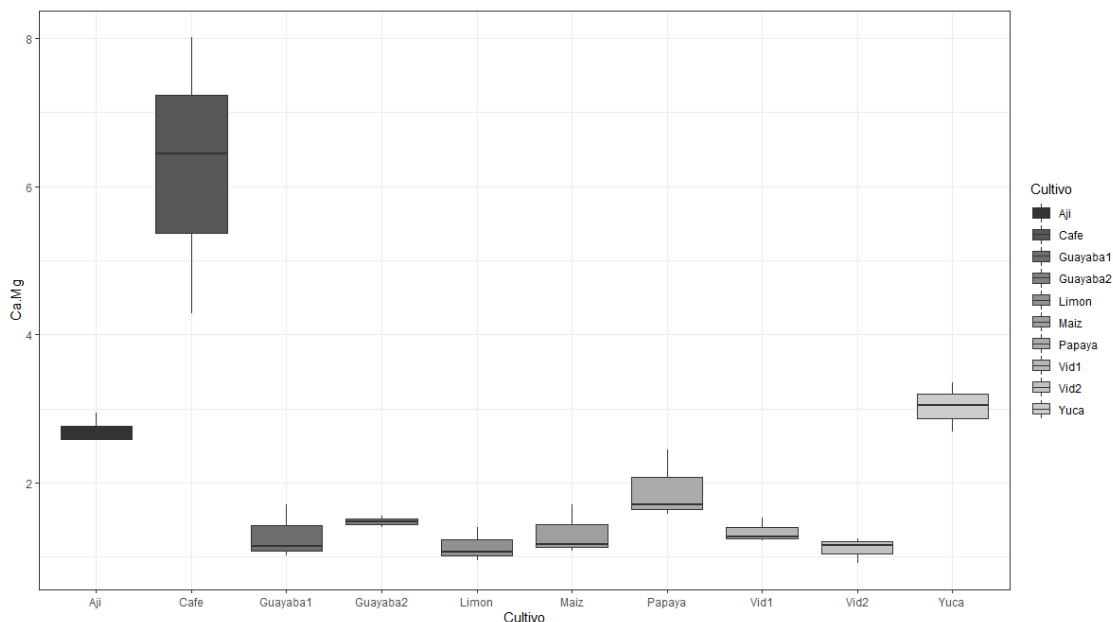


Figura 54. Relación Ca/Mg en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

Tabla 40. Relaciones entre bases intercambiables, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).

Predio	Cultivo	(cmol/kg)											
		Relación Ca/Mg			Relación Ca/K			Relación Mg/K			Relación Ca+Mg/K		
		Ca/Mg	Int	G	Ca/K	Int	G	Mg/K	Int	G	Ca+Mg/K	Int	G
La Colonia	Café	6.25	Deficiencia Mg	a	17.41	Adecuado	bc	2.86	Aceptable	b	20.27	Adecuado	c
San Juanito	Yuca	3.03	Ideal	b	8.99	Adecuado	cd	2.97	Aceptable	b	11.96	Adecuado	c
La Rivera	Ají	2.70	Ideal	b	15.45	Adecuado	bc	5.64	Aceptable	b	21.10	Adecuado	bc
El Jigual	Papaya	1.91	Bajo Ca	bc	14.85	Adecuado	bc	8.40	Aceptable	b	23.25	Adecuado	bc
Terra Nova	Guayaba2	1.48	Bajo Ca	c	22.69	Adecuado	b	15.32	Aceptable	b	38.01	Adecuado	b
Villa María	Vid1	1.34	Bajo Ca	c	7.91	Adecuado	d	6.04	Aceptable	b	13.96	Adecuado	c
Lusitania	Maíz	1.32	Bajo Ca	c	24.99	Adecuado	b	18.87	Deficiencia K	b	43.86	Deficiencia K	b
Rentería	Guayaba1	1.29	Bajo Ca	c	23.68	Adecuado	b	19.75	Deficiencia K	b	43.44	Deficiencia K	b
Sinaí	Lima Tahití	1.14	Bajo Ca	c	88.47	Deficiencia K	a	77.79	Deficiencia K	a	166.26	Deficiencia K	a
Villa Carol	Vid2	1.10	Bajo Ca	c	23.18	Adecuado	b	21.40	Deficiencia K	b	44.59	Deficiencia K	b

*Int: Interpretación. G: Grupo.

En cuanto a la relación Ca/K, todos los predios presentan contenidos adecuados de ambos elementos, lo que evita deficiencias de estos dos elementos, con excepción del predio Sinaí (Lima Tahití), lo que puede generar inconvenientes en la formación de frutos; en la Figura 55, se observa que el predio Sinaí presenta la relación Ca/K más alta, con alta diferencia, causando la deficiencia de K antes mencionada, por altos contenidos de Ca, por lo cual posee diferencias significativas con el resto de predios; el resto de predios son estadísticamente similares, con excepción de San Juanito (Yuca) y Villa María (Vid) (los cuales comporten el grupo D), el primero de los cuales es estadísticamente similar con los predios con los que comparte el grupo C (La Rivera, La Colonia y El Jigual).

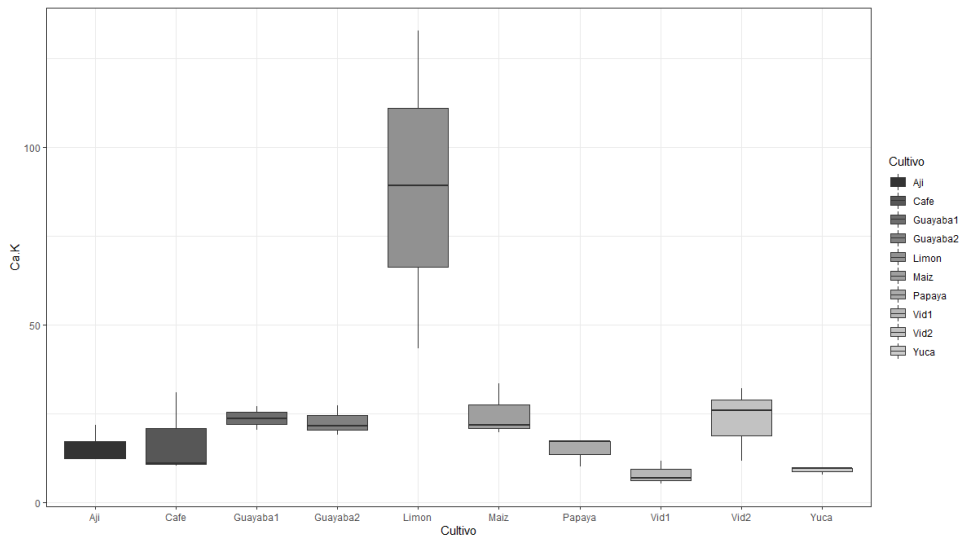


Figura 55. Relación Ca/K en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

Por otro lado, la relación Mg/K, el 40% de los predios presentan deficiencia de K, debido a los altos contenidos de Mg (Figura 56); en cuanto al análisis de varianza, debido a que el predio Sinaí (Lima Tahití), presenta la relación Mg/K más desbalanceada, se encuentran diferencias significativas con el resto de los predios, los cuales son estadísticamente similares y por tanto comporten el mismo grupo, en este caso el B.

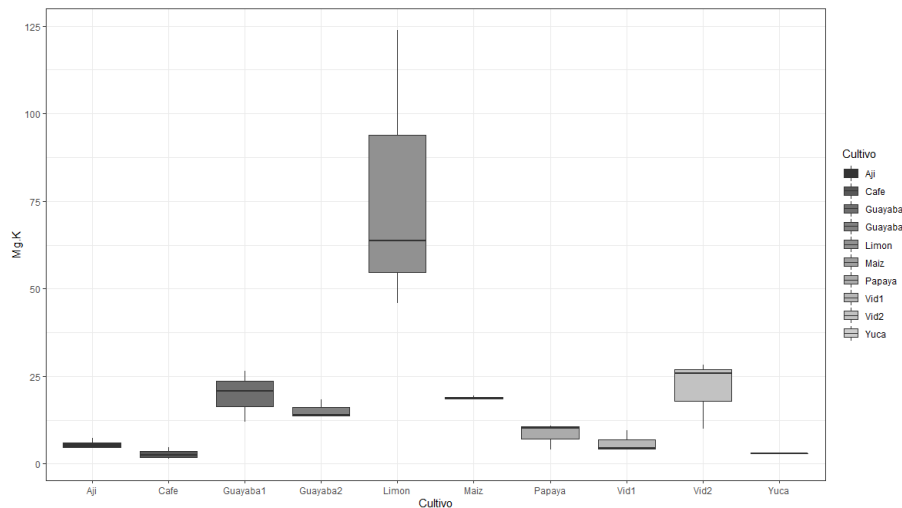


Figura 56. Relación Mg/K en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

En este mismo sentido, la relación Ca+Mg/K, evidencia nuevamente, y en los mismos predios (Lusitania, Rentería, Sinaí y Villa Carol), una deficiencia notable de K, debido a los altos contenidos de Mg (Figura 57), en los cuales además de las posibles deficiencias nutricionales que puedan presentar los cultivos, en los suelos podrían generar problemas con una reducida capacidad de infiltración. En el análisis de varianza, nuevamente el predio Sinaí, con el promedio más alto en esta relación, se

encuentra en un grupo aparte, debido a que muestra diferencias significativas con el resto de predios; los predios con el menor promedio en esta relación (San Juanito, Villa María y La Colonia), se encuentran en el grupo C, por que evidencian ser estadísticamente similares, y se diferencia del grupo en el que se encuentra Sinaí y el grupo en el que se encuentran los otros predios (el grupo B), con excepción de El Jigual y La Rivera, que comparten ambos grupos (B y C). Los predios que se en el grupo C se encuentran en la zona periurbana de la zona plana de La Unión y sobre los suelos andisoles de la zona de ladera. El resto de los predios que solo se encuentran en el grupo B, se ubican en la zona este del municipio, donde tienen alta influencia de los canales de drenaje que atraviesan el municipio, lo que puede acentuar los altos contenidos de Mg debido al agua de riego que se aplica.

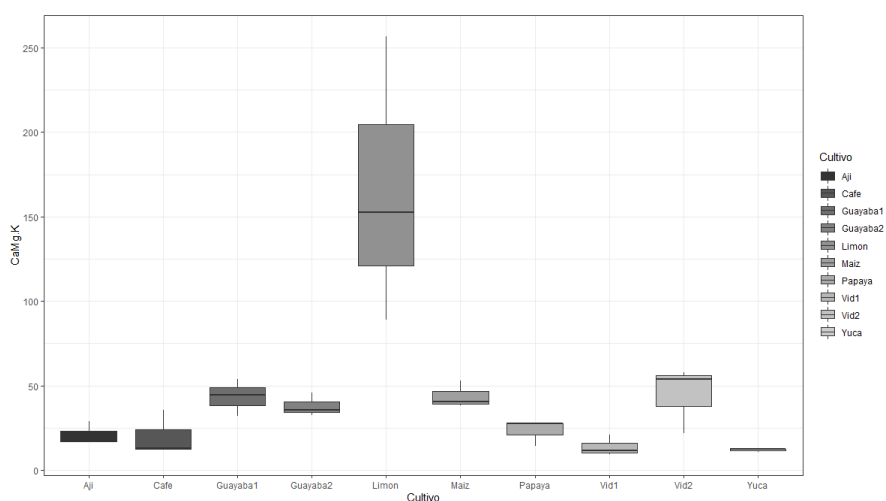


Figura 57. Relación Ca+Mg/K en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

6.4.6. Elementos Menores y Fósforo (P)

En la Figura 58, se observa los contenidos de Boro en cada uno de los predios, además, de la Tabla 41, se extrae que todos los predios presentan altos contenidos de este elemento; el promedio más alto se presentó en el predio Rentería (Guayaba), el cual es estadísticamente similar a todos los predios, excepto a Terra Nova (Guayaba), Sinaí (Lima Tahití) y La Colonia (Café), que se diferencian estadísticamente también con el predio El Jigual (Papaya); es de resaltar que la mayoría de los predios en zona plana se encuentran dentro del mismo grupo estadístico, es decir, no presentan diferencias significativas entre ellos, con excepción del predio Terra Nova, el cual no presenta diferencias significativas con los predios de la zona de ladera.

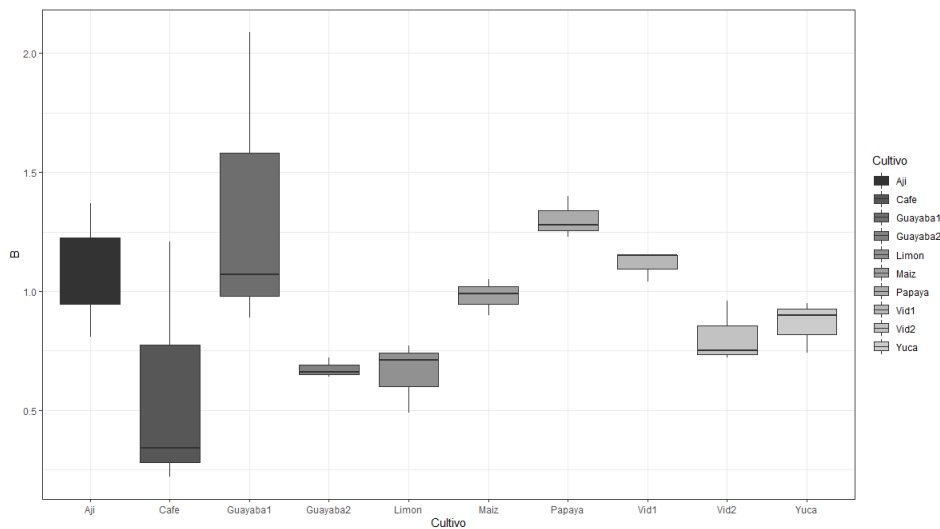


Figura 58. Contenidos de Boro (B), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

Tabla 41. Contenidos de elementos menores, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).

Predio	Cultivo	(mg/kg)																	
		Boro			Hierro			Cobre			Manganeso			Zinc			Fosforo		
		B	Int	G	Fe	Int	G	Cu	Int	G	Mn	Int	G	Zn	Int	G	P	Int	G
Rentería	Guayaba1	1.35	Alto	a	32.10	Medio	bcd	10.79	Alto	bcd	1.05	Bajo	d	10.44	Alto	ab	99.71	Muy Alto	cd
El Jigual	Papaya	1.30	Alto	a	23.26	Bajo	cd	6.38	Alto	de	1.29	Bajo	cd	9.94	Alto	abc	75.69	Muy Alto	cd
Villa María	Vid1	1.11	Alto	ab	55.97	Alto	b	10.03	Alto	cd	3.03	Bajo	bcd	13.93	Alto	a	407.64	Muy Alto	ab
La Rivera	Aji	1.09	Alto	ab	29.46	Medio	bcd	15.16	Alto	ab	1.81	Bajo	cd	8.31	Alto	bcd	309.20	Muy Alto	bc
Lusitania	Maíz	0.98	Alto	ab	17.95	Bajo	d	10.06	Alto	cd	2.97	Bajo	bcd	3.46	Alto	ef	49.35	Muy Alto	de
San Juanito	Yuca	0.86	Alto	ab	22.27	Bajo	cd	19.37	Alto	a	1.54	Bajo	cd	6.92	Alto	bcde	1018.48	Muy Alto	a
Villa Carol	Vid2	0.81	Alto	ab	19.28	Bajo	d	8.42	Alto	cd	1.20	Bajo	cd	4.30	Alto	def	60.35	Muy Alto	d
Terra Nova	Guayaba2	0.67	Alto	b	87.58	Alto	ab	13.40	Alto	bc	3.75	Bajo	bc	5.42	Alto	cedf	27.04	Muy Alto	e
Sinaí	Lima Tahití	0.66	Alto	b	48.62	Medio	bc	2.46	Medio	e	4.99	Bajo	b	1.03	Bajo	f	5.28	Bajo	f
La Colonia	Café	0.59	Alto	b	232.36	Alto	a	9.42	Alto	cd	7.61	Medio	a	8.39	Alto	bcd	75.86	Muy Alto	d

*Int: Interpretación. G: Grupo.

En la Figura 59, se muestran los contenidos de hierro por predio, entre los cuales destaca La Colonia (Café), ubicado en la zona de ladera, como el de mayor promedio (232,36 mg/kg); en la Tabla 41 se establece que el 30% de los predios tienen niveles altos del elemento, dos de los cuales se encuentran dentro del mismo grupo estadístico (“a”), el predio restante, Villa María (Vid), no presenta diferencias significativas con los otros, excepto con el 40% que poseen bajos niveles en este elemento, estos últimos no presentan diferencias significativas entre sí, se encuentran en el grupo “d”.

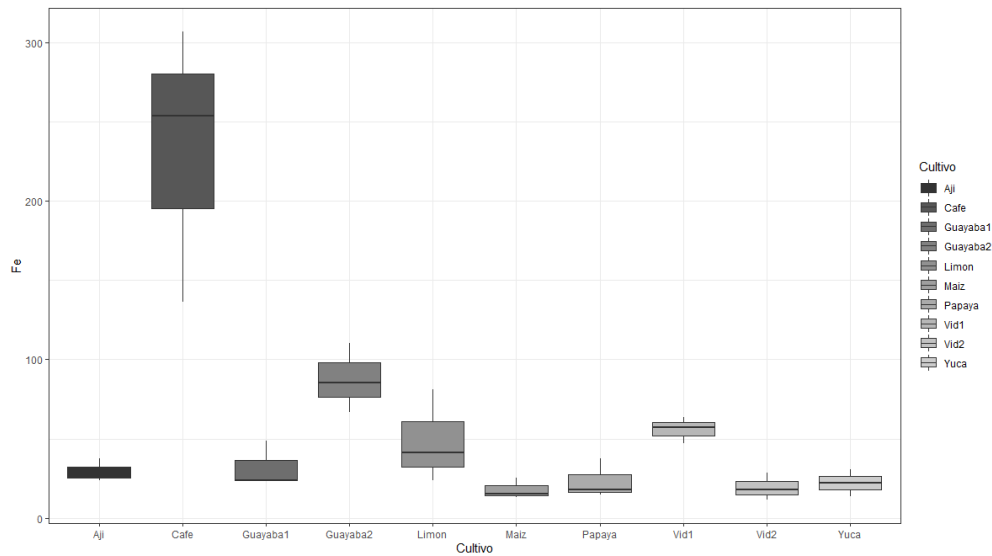


Figura 59. Contenidos de Hierro (Fe), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

En la Figura 60, se muestra que el predio San Juanito (Yuca), ubicado en zona plana posee el promedio más alto en el contenido de cobre, mientras que el predio Sinaí (Lima Tahití), en la zona de ladera, presenta el promedio más bajo; de la Tabla 41, cabe mencionar que todos los predios presentan un alto contenido de Cu, con excepción de Sinaí con un contenido medio, en este sentido, este predio solo es similar estadísticamente con El Jigal (Papaya), que a su vez no presenta diferencias significativas con los demás predios, exceptuando Terra Nova (Guayaba), La Rivera (Aji) y San Juanito (Yuca), los dos últimos tampoco presentan diferencias significativas entre sí, siendo los de mayor promedio en este elemento.

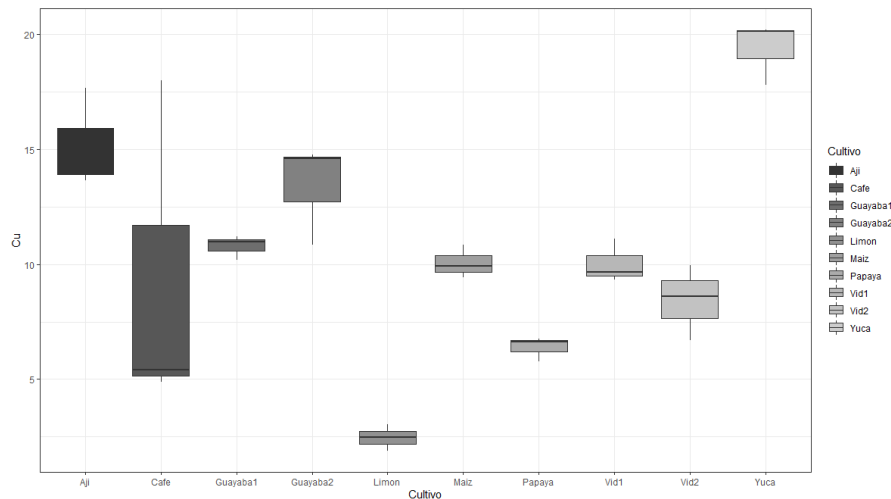


Figura 60. Contenidos de Cobre (Cu), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

En la Figura 61 se observan los datos obtenidos en el contenido de manganeso (Mn), entre los que destacan que los predios ubicados en la zona de ladera La Colonia (Café)

y Sinaí (Lima Tahití), presentan los contenidos más alto, mientras que Rentería (Guayaba), en la zona plana, el de menor promedio; entre el análisis de varianza mostrado en la Tabla 41, destaca que La Colonia presenta diferencias significativas con todos los predios, mientras que Rentería es estadísticamente similar a todos, exceptuando el mencionado Rentería, además de Terra Nova y Sinaí.

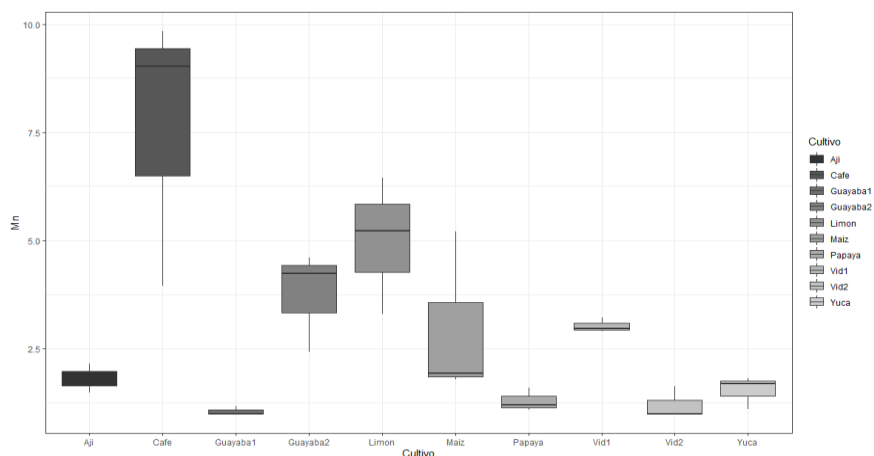


Figura 61. Contenidos de Manganeso (Mn), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

En cuanto a los contenidos de zinc (Zn), en la Figura 62 se muestra que todos los predios poseen altos contenidos de este elemento, excepto Sinaí (Lima Tahití), con bajos niveles; los mayores promedios de este elemento se presentaron en el predio Villa María (Vid), y los menores en el predio Sinaí; el análisis de varianza, Tabla 41, muestra similitudes estadísticas en los contenidos de Zn entre varios predios, destacando que no presentan diferencias significativas los de mayor promedio, Villa María, Rentería (Guayaba) y El Jigual (Papaya); mientras que el de menor promedio, Sinaí, comparte grupo con otros tres predios, Lusitania (Maíz), Villa Carol (Vid) y Terra Nova (Guayaba); no se vislumbran diferencias estadísticas entre predios de zona plana o ladera.

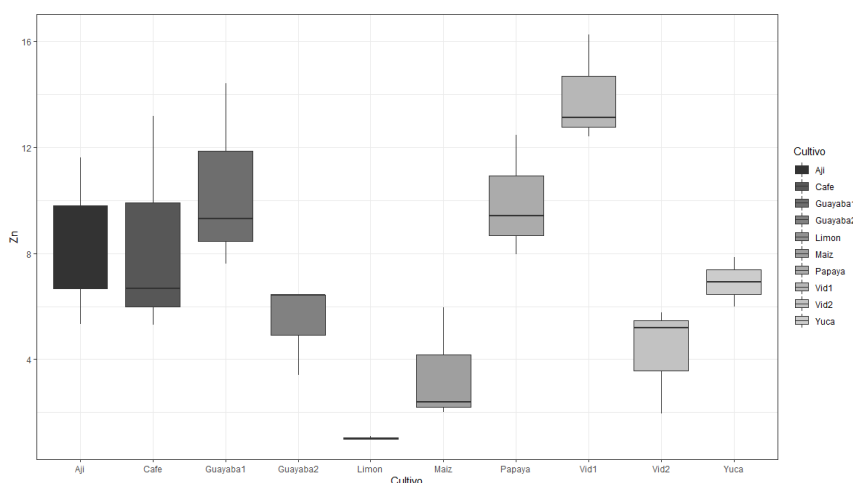


Figura 62. Contenidos de Zinc (Zn), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

Para los contenidos de fósforo (P), se presenta la Figura 63, la cual muestra que los contenidos más altos de este elemento se encontraron en el predio San Juanito (Yuca), con una diferencia sustancial respecto a los demás predios; los contenidos más bajos se encontraron en el predio Sinaí (Lima Tahití); en la Tabla 41 se observa que los contenidos de P en todos los predios son Muy Altos, excepto en el predio Sinaí, los cuales se catalogan como bajos, lo cual también se refleja en el análisis de varianza, puesto que este predio presenta diferencias significativas con los otros nueve; también destaca que los dos predios con mayor promedio, San Juanito y Villa María (Vid), no presentan diferencias significativas entre sí, y Villa María solo presenta similitudes con un predio más, La Rivera (Ají).

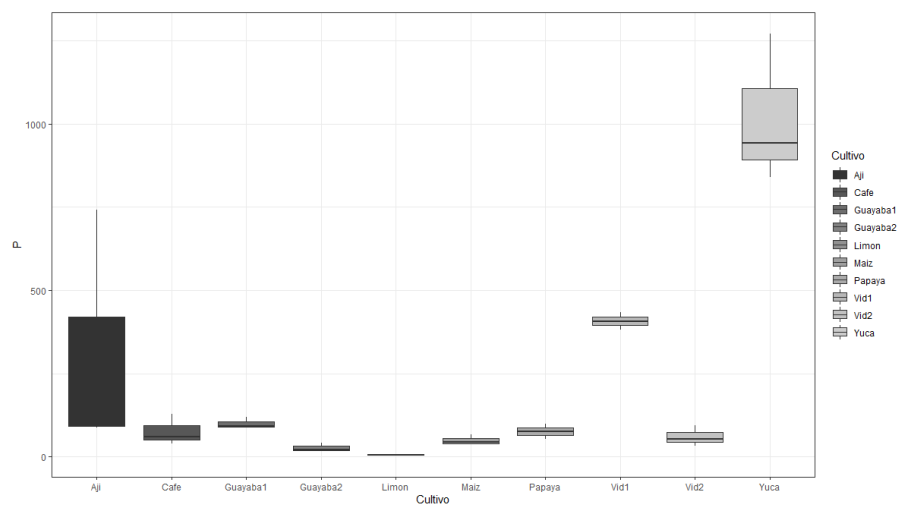


Figura 63. Contenidos de Fosforo (P), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

6.4.7. Propiedades Físicas del Suelo

En la Figura 64 se presentan los resultados de D_a en cada predio, destacan por altos valores los predios Sinaí, El Jigal y Rentería; de la Tabla 42 se obtiene que estos tres predios presentan una D_a media (1,4 a 1,6 g/cm^3), el resto de los predios tienen una D_a relacionada con suelos de textura fina ($<1,4 g/cm^3$). En cuanto al análisis de varianza, se generaron cuatro grupos: A, B, C y D; en el grupo D se encuentran los tres predios mencionados con D_a media, además del predio San Juanito, la mayoría de estos sobre vertisoles, con excepción del predio Sinaí, que se encuentra sobre un entisol; el 80% de los predios se encuentra en al menos dos de los grupos mencionados, lo que indica que aunque existen diferencias significativas entre algunos de los predios, la tendencia es hacia la uniformidad estadística en esta variable; la diferencia significativa más acentuada se encuentra entre los predios que solo se encuentran en un solo grupo, Sinaí que solo pertenece al grupo A, con el promedio más alto, y Lusitania (también sobre un vertisol), que solo pertenece al grupo D, con el promedio más bajo entre todos los predios.

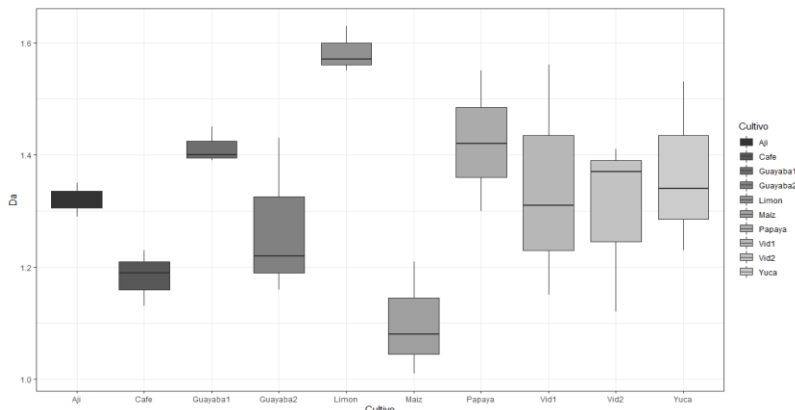


Figura 64. Densidad Aparente (Da), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

Tabla 42. Propiedades físicas del suelo, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca RUT (La Unión).

Predio	Cultivo	Densidad Aparente (g/cm³)			Agua Aprovechable (mm)			Conductividad Hidráulica (cm/h)			Diámetro Medio Ponderado (mm)		
		Da	Int	G	AA	Int	G	CH	Int	G	DMP	Int	G
Sinaí	Lima Tahití	1.58	Medias	a	16.91	Baja	abc	0.21	Lenta	a	1.96	Moderadamente Estable	a
El Jigual	Papaya	1.42	Medias	ab	17.81	Baja	abc	0.01	Muy Lenta	a	0.79	Ligeramente Estable	cde
Rentería	Guayaba1	1.41	Medias	abc	22.65	Alta	a	1.57	Moderadamente Lenta	a	1.26	Ligeramente Estable	abc
San Juanito	Yuca	1.37	Finas	abc	19.61	Baja	ab	0.75	Moderadamente Lenta	a	0.37	Ligeramente Estable	e
Villa María	Vid1	1.34	Finas	bc	17.46	Baja	abc	0.48	Lenta	a	0.77	Ligeramente Estable	cde
La Rivera	Ají	1.32	Finas	bcd	16.86	Baja	abc	1.31	Moderadamente Lenta	a	0.61	Ligeramente Estable	de
Villa Carol	Vid2	1.30	Finas	bcd	22.49	Alta	a	0.03	Muy Lenta	a	0.61	Ligeramente Estable	de
Terra Nova	Guayaba2	1.27	Finas	bcd	9.34	Baja	c	1.62	Moderada	a	1.70	Moderadamente Estable	ab
La Colonia	Café	1.18	Finas	cd	12.41	Baja	bc	2.10	Moderada	a	1.86	Moderadamente Estable	ab
Lusitania	Maíz	1.10	Finas	d	14.31	Baja	abc	0.65	Moderadamente Lenta	a	1.09	Ligeramente Estable	bcd

*Int: Interpretación. G: Grupo.

En la Figura 65 se presentan los datos obtenidos sobre el AA en cada predio, destacan principalmente por sus altos valores los predios Rentería y Villa Carol; de acuerdo con la información de la Tabla 42, solo el 20% de los predios presenta una lámina de agua aprovechable alta (>20 mm), precisamente los dos mencionados, el resto de los predios presentan una lámina de agua aprovechable baja (<20 mm). El análisis de varianza generó tres grupos: A, B y C; aunque los predios Rentería y Villa Carol son los únicos predios con una lámina de AA alta, comporten el grupo A con otros seis predios (el 80%), es decir no existen diferencias significativas entre estos, son estadísticamente similares; solo los predios La Colonia y Terra Nova se encuentran en otros grupos, aunque el grupo C lo comporten con otros cinco predios. Lo anterior permite inferir que estadísticamente hay similitudes entre la mayoría de predios y las diferencias significativas más acentuadas se presentan entre los predios Rentería y Villa Carol con el predio Terra Nova, aunque los tres se encuentran sobre vertisoles, manejan cultivos permanentes y se encuentran en la zona plana de la cuenca; se puede mencionar que las diferencias más destacables entre estos tres predios son que Rentería y Villa Carol se encuentran en la parte sur occidente de la cuenca, cerca al Canal Marginal, por lo que tiene sentido sus similitudes, mientras que el predio Terra Nova está ubicado en el noroccidente de la cuenca en inmediaciones del Canal Interceptor.

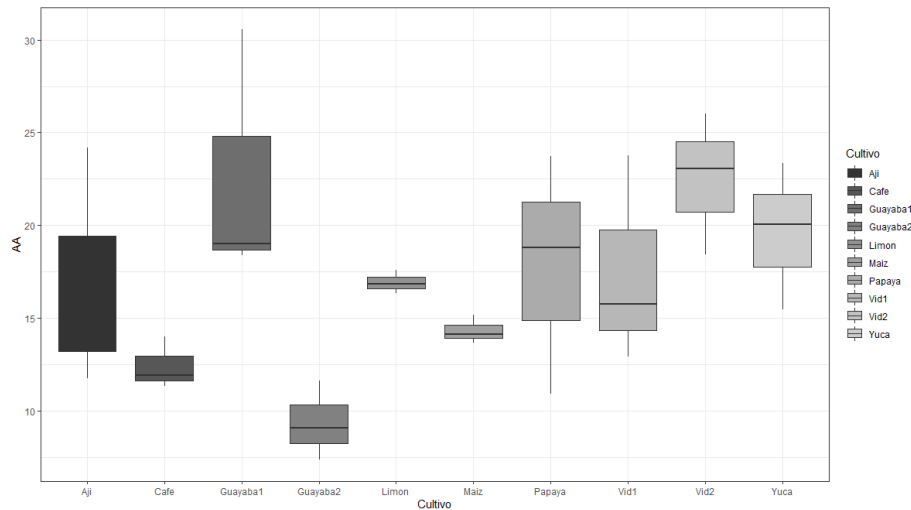


Figura 65. Lámina de Agua Aprovechable (AA), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

En la Figura 66 se observan los datos obtenidos sobre la CH en cada predio, destaca que los valores más altos se presentan en los predios La Colonia, Terra Nova y Rentería, el primero en la zona de ladera sobre andisoles y los dos restantes en la zona plana sobre vertisoles, en los tres se manejan cultivos permanentes; de acuerdo con la Tabla 42, el 40% de los predios presentan una CH muy lenta o lenta (<0,1 cm/h y 0,1 a 0,5 cm/h), también se encuentran que el 40% de los predios tienen una CH moderadamente lenta (0,5 a 1,6 cm/h), y el 20% restante tiene una CH moderada (1,6 a 5 cm/h), estos últimos son La Colonia y Terra Nova. En cuanto al análisis de varianza se generó un único grupo, el A, es decir, aunque existen diferencias marcables en cómo se categoriza la CH, desde el punto de vista estadístico, no se presentan diferencias significativas entre los predios.

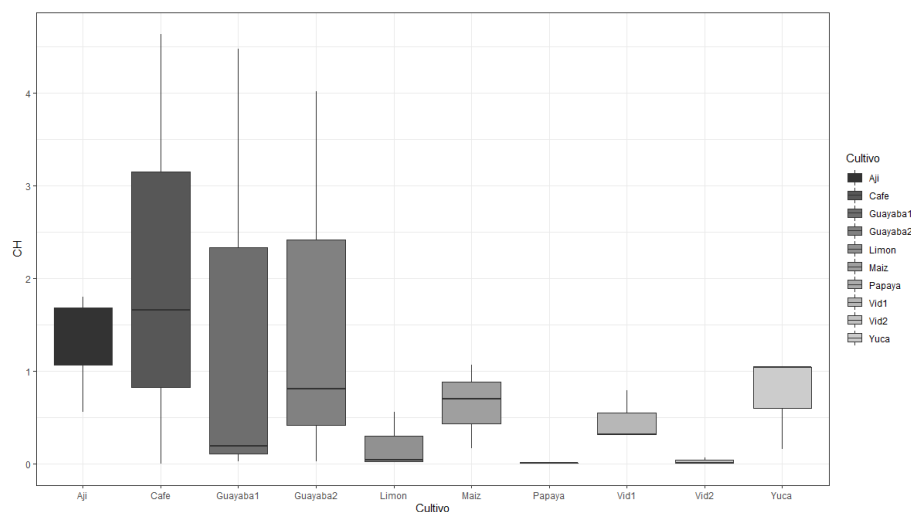


Figura 66. Conductividad Hidráulica-K (CH), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

En la Figura 67 se presentan los datos obtenidos sobre el DMP en cada predio, los valores más altos se encuentran en los predios Sinaí y La Colonia, el primero sobre un entisol y el segundo en un andisol, ambos manejan cultivos permanentes y se encuentran en la zona de ladera; de acuerdo con la Tabla 42, el 70% de los predios presenta una ligera estabilidad estructural (0,5 a 1,5 mm), el restante 30% presenta una estabilidad estructural moderada (1,5 a 3 mm), entre estos se encuentran los dos predios mencionados y Terra Nova. En cuanto al análisis de varianza se generaron cinco grupos: A, B, C, D y E; el 80% de los predios se encuentran en al menos dos grupos, lo que sugiere que aunque existen diferencias significativas entre algunos predios, la tendencia es hacia la similitud desde el punto de vista estadístico; el restante 20% solo se encuentra en un grupo, es el caso del predio Sinaí en el grupo A, y San Juanito en el grupo E, por tanto son los predios entre los que existen diferencias significativas más acentuadas; destaca que el primero aunque se encuentra en zona de ladera presenta una estabilidad estructural moderada y el segundo en la zona plana es ligeramente estable, lo que puede estar relacionado con el tipo de cultivos y el manejo realizado en la labranza, pues en el predio Sinaí se manejan cultivos permanentes (Lima Tahití) y en el segundo transitorios (en el momento Yuca), para el que se deben realizar una preparación del terreno mecanizada, en la que se profundiza y voltea un gran volumen de suelo para la construcción de camas.

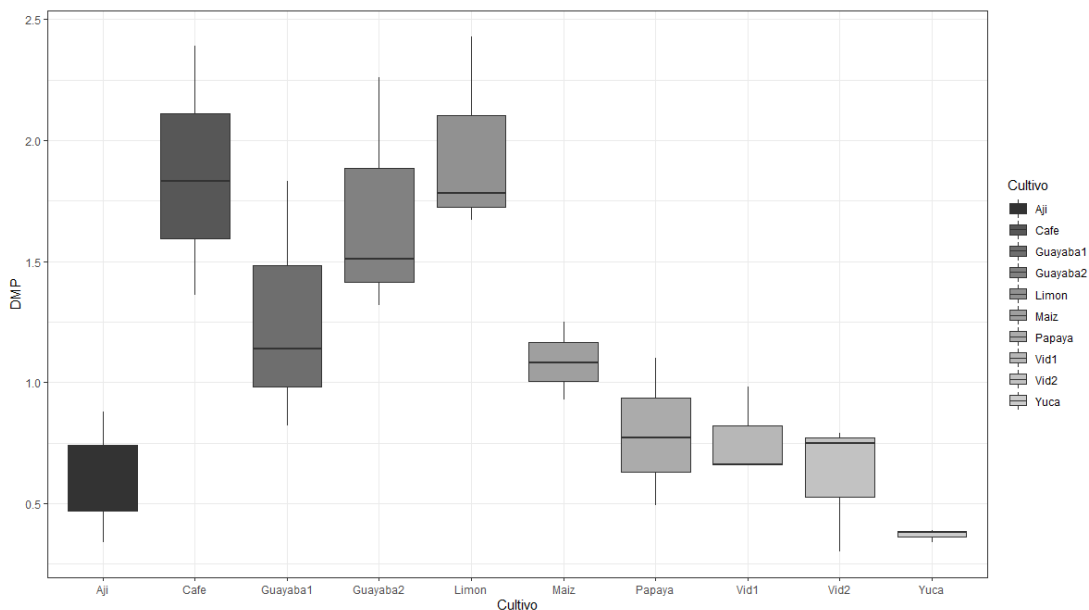


Figura 67. Diámetro Medio Ponderado (DMP), en los predios evaluados, cuenca RUT (La Unión).

6.5. RIESGOS SOBRE LA SALUD DEL SUELO - CUENCA RUT LA UNION

6.5.1. Riesgos sobre la Salud del Suelo: Cuenca RUT (La Unión)–zona plana

Compactación de capas subsuperficiales (pie de arado): Por el uso de maquinaria para labores, si se realiza un manejo inadecuado, sin la supervisión de personal profesional con conocimiento y/o sin tomar las previsiones necesarias de condiciones de humedad del suelo, características fisicoquímicas del suelo y profundidad de la labor. Este riesgo se hace más probable en agricultores semitecnificados que no cuentan con asistencia técnica idónea y no están certificados en BPA por lo que no es posible llevar el control de la calidad de la actividad.

Sellamiento del suelo: Por acumulación excesiva de Mg en el suelo que puede, además, causar reducción del movimiento del aire y agua, provocando susceptibilidad al encharcamiento y, por tanto, a la reducción del oxígeno en la zona de raíces, afectando sustancialmente la producción. Con ayuda de los análisis de suelos se logró establecer que en los predios seleccionados para los estudios de caso una presencia excesiva de Mg intercambiable con valores mayores al 40% de PSI (%Mg intercambiable). Se presenta en esta región condiciones que predisponen a los suelos a las siguientes condiciones:

- Presencia de arcillas 2:1 las cuales pueden adsorber Mg y Na en el espacio interlamina que pueden provocar el sellamiento del suelo; se tiene registro que alrededor de 4.357,14 ha del área central del distrito de riego RUT, correspondientes en su mayoría al municipio de La Unión, poseen un alto porcentaje de saturación de magnesio (entre 40 y 75% PMgl) (López, 2016).
- Uso de aguas subterráneas con altos contenidos de carbonatos de calcio (CaCO₃) y carbonatos de magnesio (MgCO₃) que provienen de rocas con altos contenidos de estos dos elementos.
- Presencia de suelos pesados en áreas planas lo cual dificulta el drenaje natural.

Encharcamiento subsuperficial: Provocado por el ascenso del nivel freático por encima de los 80 cm, especialmente en el área cercana al canal marginal del río Cauca, donde se evidenció la presencia de agua a este nivel y condiciones en el suelo características de largos periodos de encharcamiento, las cuales pueden afectar sus propiedades químicas por procesos de reducción de elementos y reducción de la biodiversidad por falta de oxígeno.

Pérdida de suelo por erosión superficial: Debido a los problemas mencionados de drenaje en los suelos de la zona plana de La Unión, los agricultores realizan una mecanización intensiva del suelo que implica varios pases de rastra, con prácticas como surcado y la construcción de camas a favor de la pendiente, lo que genera susceptibilidad de al arrastre por viento o lluvias en los suelos del pie de monte de la cordillera occidental y los ligeramente inclinados entre el canal interceptor y el de drenaje; es importante destacar que la magnitud de este arrastre puede incrementarse

debido a que en esta región se presentan dos temporadas de altas precipitaciones, además de los fuertes vientos que se pueden presentar entre estas temporadas. Esta situación se puede agravar por la inexistencia de monitoreo de la pérdida de suelo como lo reportaron los agricultores entrevistados.

Contaminación por uso de plaguicidas agrícolas: Dado que en los cultivos de la zona plana de La Unión se realiza un agricultura intensiva con alto uso de insumos agrícolas entre los que se encuentran los plaguicidas de diversas características y grados de especificidad, todos los entrevistados en general en la cuenca RUT (La Unión), usan herbicidas, insecticidas y fungicidas y en ocasiones acaricidas, nematicidas, bactericidas, molusquicidas de acuerdo con las plagas y/o enfermedades que afecten a los cultivos. El uso de estos insumos debe ser recomendado por profesionales agrícolas, como ingenieros agrónomos, y debería realizarse un registro para posterior evaluación de las entidades de control que los certificará en BPA; en esta región una gran cantidad de profesionales del agro prestan servicios de asistencia técnica particular o a través de las casas comerciales de insumos agrícolas, por lo que hay una oferta permanente de asesoría técnica que los agricultores tecnificados y semitecnificados utilizan, no así los pequeños agricultores tradicionales, cuya información técnica proviene de la red de conexiones con otros pequeños agricultores vecinos o desde alguno de los almacenes de venta de insumos de la zona.

En los predios seleccionados solo uno posee certificación de BPA del ICA, por lo cual es complicado establecer si las recomendaciones realizadas por los asistentes técnicos cumplen con las premisas básicas de calidad en el cuidado del ambiente, inocuidad y sanidad, porque lo que no es posible realizar la trazabilidad del uso de plaguicidas. Lo que, aunado al desconocimiento sobre el manejo a los residuos de los plaguicidas, lavado de equipos y al destino de los empaques, así como la falta de registros de su disposición final, generan preocupación sobre las perspectivas para la salud del suelo.

Salinización del suelo: Por ascenso capilar de sales de las capas inferiores a las capas superficiales del suelo, debido, entre otros, a: 1) alta evapotranspiración dadas las condiciones climáticas imperantes en la zona, que presenta un déficit hídrico anual medio de 153 mm (Bibliografía base de datos estaciones CV); 2) uso de coberturas artificiales cada vez más frecuentes, como, invernaderos, acolchados plásticos sobre las camas de siembra, casas de malla, 3) uso de riegos localizados de alta frecuencia; esta situación puede convertirse en un riesgo para los cultivos de La Unión por el poco uso del balance hídrico, los análisis de suelos y aguas, que permiten realizar una programación idónea de los riegos, ya que permiten tener en cuenta los factores edafoclimáticos imperantes en la región con el fin de suplir las necesidades hídricas del cultivo en cada etapa fenológica.

Contaminación por aguas con residuos urbanos: Por los municipios donde funciona el distrito de riego RUT, como en La Unión, pasa el canal interceptor que acopia las aguas provenientes de la cordillera occidental y, además, las aguas “servidas” que en

él se vierten. A pesar de que no se tomaron muestras de agua para monitorear variables biológicas, es evidente el riesgo de contaminación de los suelos que se riegan con las aguas de este canal; en los análisis fisicoquímicos que se realizaron al agua proveniente de este canal cuyas muestras fueron tomadas en los predios que lo usan como agua para riego, no se encontraron restricciones a este nivel, con excepción de altos contenidos de hierro (60 Meq/L), cuando el óptimo es menor que 0,50 Meq/L.

Pérdida de la fertilidad del suelo por desbalances de bases: En los análisis de suelos de la zona plana de La Unión se evidencia altos contenidos de Ca, Mg y K no así de Na; pero al observar las relaciones entre las bases se evidencia una posible, y generalizada, deficiencia de potasio inducida por los altos contenidos de Ca y Mg en el complejo de cambio, efecto en el suelo que también está posiblemente asociado al uso de aguas subterráneas para riego. Lo anterior, aunado a las características de las arcillas expandibles tipo 2:1 presentes en el distrito de riego, con capacidad para fijar K, y además el alto grado de extracción de nutrientes de los cultivos de caña y frutales de este elemento, son la razón por la que el plan de fertilización de los cultivos con K debe ser diseñado y monitoreado por profesionales con conocimientos de la química del suelo, con sustento en continuos análisis de suelos y foliares que permitan sostener una oferta adecuada de este elemento y así evitar la pérdida de la fertilidad del suelo.

Reducción en la fijación de carbono: La serie de riesgos mencionados en la zona del distrito de riego RUT, y en particular en el municipio de La Unión, pueden afectar el movimiento del agua y del aire a través del suelo por compactación, contaminación, erosión, encharcamiento, salinización, entre otras, y por tanto poner en riesgo la actividad metabólica de los microorganismos que habitan el suelo, lo que afecta directamente la salud del suelo y su capacidad para fijar CO₂ proveniente de la atmósfera en su biomasa. Esta situación puede verse agravada y acelerada por las prácticas relacionadas con las quemaduras de residuos de cosecha entre los cultivadores de maíz, caña y algunos frutales, ya que atenta directamente contra los microorganismos del suelo; situación contraria ocurre con las prácticas de aplicación de materia orgánica compostada de algunos agricultores en cultivos de frutales y hortalizas, aunque habría que evaluar experimentalmente si las cantidades aplicadas son suficientes.

6.5.2. Riesgos sobre la Salud del Suelo: Cuenca RUT (La Unión)–zona de ladera

Remoción en masa y erosión superficial: En la zona de ladera de los corregimientos Sabanazo y Quebrada Grande, se presentan riesgos de movimiento en masa y erosión superficial debido a las fuertes pendientes, mucho más acentuadas en Sabanazo, donde se encuentran cultivos de frutales como la lima Tahití, en pendientes abruptas (19-40%) y escarpadas (>40%), lo que aunado al manejo de arvenses en forma generalizada en algunas épocas del año, especialmente en la temporada de altas precipitaciones, generan una alta posibilidad de estos dos riesgos. Lo anterior se

evidencia en la clasificación del orden de estos suelos como entisoles, que establecen la pérdida constante del suelo del primer horizonte.

En el área donde se cultiva café en la vereda Quebrada Grande, el fenómeno es menos evidente aunque las precipitaciones son mayores allí, debido a que el cultivo de café asociado con otras especies, mantiene un gran porcentaje de cobertura vegetal en el suelo durante la mayor parte del año, y también porque el área presente terrenos ondulados, es decir, se alternan pendientes pronunciadas con pendientes de menor inclinación, además, el manejo de arvenses se realiza con guadaña y parcheo de las que generen mayor competencia con el cultivo o destaquen por servir de hábitat a plagas y/o enfermedades.

La falta de certificación en BPA, así como de prácticas de conservación de suelos y la falta de sistemas de monitoreo de la pérdida de suelo constituyen agravantes que deben ser superados para prevenir la ocurrencia de estos eventos que generan impactos negativos sobre la salud de suelo.

6.5.3. Promoción de la Conservación y Restauración de la Salud del Suelo en la Cuenca RUT – Municipio La Unión

Transferencia de tecnología sobre Prácticas, Técnicas y Tecnologías de manejo para conservar y restaurar la salud del suelo: Dirigida en primer lugar a los profesionales y técnicos que realizan la asistencia técnica en la cuenca RUT, incluido el municipio de La Unión, quienes tienen la responsabilidad de dar recomendaciones adecuadas que contribuyan a conservar, en general, la salud del ambiente, y en particular la del suelo, y que se genere una acreditación a los profesionales y técnicos que demuestren su conocimiento en el tema. En segundo lugar, a los agricultores, estudiantes y trabajadores del campo para crear una red de conservación de los servicios ecosistémicos que presta el ambiente, que genere control social al buen manejo de las prácticas de cultivo. Incluye las técnicas sencillas de monitoreo de pérdida de suelo por erosión superficial, nivel freático, salinización, infiltración, entre otras.

Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA): Todos los agricultores, tanto empresariales tecnificados, hasta los pequeños productores de agricultura tradicional, deben certificarse en BPA por parte del ICA, y así garantizar un “control externo” mediante la trazabilidad de sus prácticas, técnicas y tecnologías usadas en cada ciclo productivo, y así poder corregir a tiempo malos manejos que estén afectando al ambiente, y que generen inocuidad en los productos, y protejan la salud de los trabajadores y consumidores.

Estudios en el manejo del suelo para evitar la degradación:

- Manejo y corrección de Suelos magnésicos del Distrito RUT.

- Manejo de las dosis de K en las condiciones del RUT para diversos cultivos.
- Cálculo del factor Kc para los cultivos manejados en la región, elaboración de los balances hídricos por cultivo.
- Estudio sobre el Fe en los suelos de la zona de ladera de La Unión, ya que son excesivos y pueden afectar la disponibilidad de Mg y promover la acidificación del suelo.
- Estudio del efecto de las aguas de pozos y aljibes en los suelos del RUT, ya que poseen alta dureza y aportan bicarbonatos, Mg y Ca.
- Monitoreo microbiológico y de contenidos de Fe a las aguas del canal interceptor del distrito de riego, durante todo el año.

6.6. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA PARA RIEGO EN LA CUENCA RUT – MUNICIPIO LA UNIÓN

6.6.1. Restricciones de uso del agua para riego: Salinidad

En la Tabla 43 se presenta la información obtenida en los análisis de agua para riego y su interpretación en la cuenca RUT en cuanto a las restricciones sobre salinidad. Se observa que el 25% de las áreas donde se tomaron las muestras presentan una restricción de ligera a moderada tanto en la CE (0,7 a 3,0 dS/m), como en los Sólidos Totales Disueltos (TDS, 450-2000 mg/l). Las áreas que presentan restricciones se encuentran en la zona plana de la cuenca y la procedencia del agua es subterránea, por lo que habría que prestar especial atención sobre predios que obtengan el agua para riego de pozos y aljibes.

Tabla 43. Restricciones de uso del agua para riego por predio cuenca RUT: Salinidad.

Área	Procedencia	CE (dS/m)	Interpretación CE	TDS (mg/l)	Interpretación TDS
La Rivera	POZO	0.9	Ligero o Moderado	628.5	Ligero o Moderado
Villa Carol	ALJIBE	0.27	Ninguno	186.63	Ninguno
San Juanito	ALJIBE	1.29	Ligero o Moderado	901.12	Ligero o Moderado
Villa María	POZO	1.53	Ligero o Moderado	1067.72	Ligero o Moderado
La Colonia	RIACHUELO	0.07	Ninguno	51.56	Ninguno
Sinaí	POZO	0.09	Ninguno	64.36	Ninguno
Terra Nova	POZO	2.17	Ligero o Moderado	1521.79	Ligero o Moderado
Canal Interceptor	CANAL	0.21	Ninguno	145.73	Ninguno
Canal Marginal	CANAL	0.13	Ninguno	91.78	Ninguno
Dren Principal	CANAL	0.43	Ninguno	300.67	Ninguno
Marginal Norte	CANAL	0.12	Ninguno	84.8	Ninguno
Marginal Sur	CANAL	0.54	Ninguno	381.07	Ninguno
Dren Sur	CANAL	0.48	Ninguno	339.42	Ninguno
Interceptor Sur	CANAL	0.03	Ninguno	19.27	Ninguno
Dren Norte	CANAL	0.55	Ninguno	382.58	Ninguno
Interceptor Norte	CANAL	0.53	Ninguno	368.99	Ninguno

6.6.2. Restricciones de uso del agua para riego: Permeabilidad (efecto sobre la infiltración)

En la Tabla 44, se observa que en la cuenca existen restricciones del agua utilizada para riego por su posible efecto negativo sobre la infiltración; el 44% presenta restricciones leves a moderadas (RAS entre 0 y 3 mg/l y CE entre 0,7 y 0,2 dS/m), y otro 31% presentó una alta restricción (RAS entre 0 y 3 mg/l y CE < 0,2 dS/m). Estas restricciones parecen presentarse independientemente de la procedencia o fuente del agua, subterránea (aljibes y pozos) o superficial (canales, quebradas o riachuelos).

Tabla 44. Restricciones de uso del agua para riego cuenca RUT: Permeabilidad.

Área	Procedencia	RAS (mg/l)	CE (dS/m)	Interpretación
La Rivera	POZO	0.82	0.9	Ninguna
Villa Carol	ALJIBE	0.32	0.27	Ligera o Moderada
San Juanito	ALJIBE	1.45	1.29	Ninguna
Villa María	POZO	1.87	1.53	Ninguna
La Colonia	RIACHUELO	0.37	0.07	Alta
Sinaí	POZO	0.28	0.09	Alta
Terra Nova	POZO	1.69	2.17	Ninguna
Canal Interceptor	CANAL	0.41	0.21	Ligera o Moderada
Canal Marginal	CANAL	0.4	0.13	Alta
Dren Principal	CANAL	1.03	0.43	Ligera o Moderada
Marginal Norte	CANAL	0.4	0.12	Alta
Marginal Sur	CANAL	1.16	0.54	Ligera o Moderada
Dren Sur	CANAL	1.21	0.48	Ligera o Moderada
Interceptor Sur	CANAL	0.72	0.03	Alta
Dren Norte	CANAL	1.22	0.55	Ligera o Moderada
Interceptor Norte	CANAL	1.27	0.53	Ligera o Moderada

6.6.3. Restricciones de uso del agua para riego: Cationes

En la Tabla 45 se presentan los valores de los cationes: Ca⁺, Mg⁺, K⁺ y Na⁺ en las áreas muestreadas. Se observa que en la mayor parte de las áreas los contenidos de cationes son valores normales para el agua de riego, con excepción de los contenidos de Mg en los predios Villa María y Terra Nova, ambos de fuentes de agua subterránea (normal de 0 a 5 meq/l).

Tabla 45. Restricciones de uso del agua para riego cuenca RUT: Cationes.

Área	Procedencia	Ca (meq/l)	Int Ca	Mg (meq/l)	Int Mg	K (meq/l)	Int K	Na (meq/l)	Int Na
La Rivera	POZO	3.9	Normal	4.36	Normal	0.12	Normal	1.66	Normal
Villa Carol	ALJIBE	1.01	Normal	1.03	Normal	0.06	Normal	0.32	Normal
San Juanito	ALJIBE	4.16	Normal	4.55	Normal	0.15	Normal	3.03	Normal
Villa María	POZO	4.46	Normal	6.83	Fuera del Rango	0.03	Normal	4.45	Normal
La Colonia	RIACHUELO	0.21	Normal	0.19	Normal	0.05	Normal	0.16	Normal
Sinaí	POZO	0.34	Normal	0.31	Normal	0.03	Normal	0.16	Normal
Terra Nova	POZO	5.45	Normal	8.32	Fuera del Rango	0.12	Normal	4.43	Normal
Canal Interceptor	CANAL	0.64	Normal	0.53	Normal	0.09	Normal	0.31	Normal
Canal Marginal	CANAL	0.41	Normal	0.3	Normal	0.04	Normal	0.24	Normal
Dren Principal	CANAL	1.2	Normal	1.28	Normal	0.09	Normal	1.15	Normal
Marginal Norte	CANAL	0.41	Normal	0.34	Normal	0.09	Normal	0.24	Normal
Marginal Sur	CANAL	1.58	Normal	2.02	Normal	0.09	Normal	1.56	Normal
Dren Sur	CANAL	1.34	Normal	1.68	Normal	0.09	Normal	1.49	Normal
Interceptor Sur	CANAL	0.69	Normal	0.58	Normal	0.09	Normal	0.57	Normal
Dren Norte	CANAL	1.46	Normal	1.86	Normal	0.09	Normal	1.58	Normal
Interceptor Norte	CANAL	1.09	Normal	0.95	Normal	0.2	Normal	1.28	Normal

6.6.4. Restricciones de uso del agua para riego: Aniones

En la Tabla 46 se presentan los valores de aniones en cada área muestreada; en general, los valores en la mayor parte de las áreas muestreadas son normales en aguas de riego, con excepción del contenido de bicarbonato en el predio Terra Nova, cuya muestra se obtuvo agua subterránea.

Tabla 46. Restricciones de uso del agua para riego cuenca RUT: Aniones.

Área	Procedencia	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Int HCO ₃ ⁻	Cl ⁻ (meq/l)	Int Cl ⁻	SO ₄ ⁼ (meq/l)	Int SO ₄ ⁼	PO ₄ [≡] (meq/l)	Int PO ₄ [≡]
La Rivera	POZO	4.56	Normal	0.7	Normal	1.8	Normal	0.18	Normal
Villa Carol	ALJIBE	1.54	Normal	0.24	Normal	1.29	Normal	0.06	Normal
San Juanito	ALJIBE	7.2	Normal	1.48	Normal	2.11	Normal	0.26	Normal
Villa María	POZO	7.94	Normal	1.79	Normal	4.93	Normal	0.19	Normal
La Colonia	RIACHUELO	0.64	Normal	0.03	Normal	0.14	Normal	0.19	Normal
Sinaí	POZO	0.84	Normal	0.06	Normal	0.13	Normal	0.19	Normal
Terra Nova	POZO	11.31	Fuera de Rango	0.71	Normal	16.53	Normal	0.29	Normal
Canal Interceptor	CANAL	1.43	Normal	0.26	Normal	2.23	Normal	0.21	Normal
Canal Marginal	CANAL	0.07	Normal	0.18	Normal	0.76	Normal	0.19	Normal
Dren Principal	CANAL	2.5	Normal	0.3	Normal	2.29	Normal	0.24	Normal
Marginal Norte	CANAL	0.87	Normal	0.3	Normal	0.95	Normal	0.07	Normal
Marginal Sur	CANAL	2.74	Normal	0.6	Normal	2.84	Normal	0.3	Normal
Dren Sur	CANAL	2.53	Normal	0.45	Normal	2.53	Normal	0.31	Normal
Interceptor	CANAL	1.83	Normal	0.5	Normal	1.14	Normal	0.45	Normal

Área	Procedencia	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Int HCO ₃ ⁻	Cl ⁻ (meq/l)	Int Cl ⁻	SO ₄ ⁼ (meq/l)	Int SO ₄ ⁼	PO ₄ [≡] (meq/l)	Int PO ₄ [≡]
Sur									
Dren Norte	CANAL	3.4	Normal	0.5	Normal	3.73	Normal	0.31	Normal
Interceptor Norte	CANAL	2.99	Normal	1.1	Normal	1.25	Normal	1.25	Normal

6.6.5. Restricciones de uso del agua para riego: pH, elementos menores y dureza

En la Tabla 47 se presentan los valores para dureza, pH, contenidos de B y Fe; destaca que en gran parte de las muestras se presentan valores normales para el agua de riego, con excepción de algunas variables en áreas concretas como: dureza en los predios Villa María y Terra Nova (límite máximo 500 mg/l), ambos en agua subterránea; pH fuera del considerado normal para agua de riego (6,5 a 8,5), en la muestra tomada en el Canal Marginal durante la temporada de lluvias; y contenidos de Fe fuera de los considerados normales para el agua de riego (1,5 mg/l limite), en el Canal Interceptor durante la temporada de lluvias.

Tabla 47. Restricciones de uso del agua para riego cuenca RUT: pH, elementos menores y dureza.

Área	Procedencia	Dureza (mg/l)	Int Dureza	pH	Int pH	B (mg/l)	Int B	Fe (mg/l)	Int Fe
La Rivera	POZO	413.09	Normal	7.06	Normal	0.02	Normal	0.49	Normal
Villa Carol	ALJIBE	102.2	Normal	7.04	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal
San Juanito	ALJIBE	435.98	Normal	6.97	Normal	0.06	Normal	0.49	Normal
Villa María	POZO	565.03	Fuera de Rango	7.2	Normal	0.04	Normal	0.49	Normal
La Colonia	RIACHUELO	20.18	Normal	7.36	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal
Sinaí	POZO	32.64	Normal	7.86	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal
Terra Nova	POZO	689.21	Fuera de Rango	7.21	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal
Canal Interceptor	CANAL	58.53	Normal	6.94	Normal	0.03	Normal	60.06	Alta
Canal Marginal	CANAL	35.58	Normal	8.85	Fuera de Rango	0.03	Normal	0.49	Normal
Dren Principal	CANAL	123.94	Normal	7.47	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal
Marginal Norte	CANAL	37.61	Normal	7.1	Normal	0.09	Normal	0.49	Normal
Marginal Sur	CANAL	180.32	Normal	8.11	Normal	0.06	Normal	0.49	Normal
Dren Sur	CANAL	151	Normal	7.94	Normal	0.06	Normal	0.49	Normal
Interceptor Sur	CANAL	63.68	Normal	7.78	Normal	0.12	Normal	0.49	Normal
Dren Norte	CANAL	166.35	Normal	7.91	Normal	0.1	Normal	0.49	Normal
Interceptor Norte	CANAL	102.2	Normal	7.83	Normal	0.21	Normal	0.49	Normal

6.7. ANÁLISIS SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DEL SUELO CUENCA RUT (MUNICIPIO LA UNIÓN).

Con la información obtenida de las encuestas por cada predio, se procedió a realizar la valoración con los rangos establecidos para cada subindicador y así generar el valor promedio por indicador.

6.7.1. Conservación de las Propiedades Biológicas del Suelo

En la Tabla 48 se observa la categorización para el indicador A, Conservación de las Propiedades Biológicas del Suelo, así como los rangos de cada subindicador. De acuerdo con esta información, se puede inferir que las prácticas realizadas el predio La Colonia donde se maneja un cultivo de Café asociado y manejado tradicionalmente, se pueden catalogar como de aceptable sostenibilidad, y aunque aún se pueden mejorar algunos subindicadores, es el predio en la cuenca RUT (La Unión) que mejor comportamiento tiene en este indicador.

Tabla 48. Indicador A, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).

A.- Conservación propiedades biológicas del suelo								
Predio	Cultivo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Subtotal
La Colonia	Café	1	3	5	4	2	5	3.33
Sinaí	Lima Tahití	1	1	1	1	2	5	1.83
Rentería	Guayaba	1	1	1	2	1	5	1.83
Villa Carol	Vid	1	1	1	1	2	5	1.83
Lusitania	Maíz	2	1	1	2	1	1	1.33
El Jigual	Papaya	2	1	1	1	1	3	1.50
La Rivera	Ají	3	1	5	1	3	1	2.33
San Juanito	Yuca	2	1	5	1	1	2	2.00
Villa María	Vid	1	1	4	1	2	5	2.33
Terra Nova	Guayaba	1	1	3	1	1	5	2.00

En el resto de predios las prácticas realizadas en este indicador se categorizaron como de baja sostenibilidad ambiental, es el caso de los predios San Juanito (Yuca), Terra Nova (Guayaba), Villa María (Vid) y La Rivera (Ají); pero aún más preocupante sería la situación en los cinco predios donde las prácticas en este indicador reciben la categorización de muy baja sostenibilidad, es el caso de Lusitania (Maíz), El Jigual (Papaya), Sinaí (Lima Tahití), Rentería (Guayaba) y Villa Carol (Vid); entre estos últimos destaca el caso del predio Lusitania, el cual obtuvo un rango de 1 en cuatro de los seis subindicadores, y no se destacó en los otros dos, entre las prácticas que se realizan en este predio se encuentran el monocultivo, no aplicar materia orgánica, manejar las arvenses solo con herbicidas e implementar cultivos transitorios, las cuales generan una alta presión sobre la vida del suelo y por consiguiente en los ciclo biogeoquímicos asociados a esta, resultando en un deterioro paulatino de la capacidad del suelo para soportar la producción agrícola.

6.7.2. Conservación de las Propiedades Fisicoquímicas del Suelo

En la Tabla 49 se puede observar los rangos obtenidos por subindicador y la categorización para el indicador por predio; esta información permite inferir que las prácticas realizadas en los predios La Colonia, Sinaí y Villa María, donde se manejan cultivos de Café, Lima Tahití y Vid, respectivamente, se pueden catalogar como de buena sostenibilidad ambiental, destacando como los predios de la cuenca RUT (La Unión), que mejor comportamiento tienen en este indicador. Las prácticas desarrolladas en predio Rentería, donde se encuentra establecido un cultivo de Guayaba, se pueden catalogar como de aceptable sostenibilidad.

Tabla 49. Indicador B, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).

B. Conservación propiedades fisicoquímicas del suelo					
Predio	Cultivo	B1	B2	B3	Subtotal
La Colonia	Café	4	5	4	4.33
Sinaí	Lima Tahití	4	5	4	4.33
Rentería	Guayaba	4	5	1	3.33
Villa Carol	Vid	1	1	1	1.00
Lusitania	Maíz	1	4	2	2.33
El Jigual	Papaya	1	2	2	1.67
La Rivera	Ají	1	1	1	1.00
San Juanito	Yuca	1	1	1	1.00
Villa María	Vid	4	5	2	3.67
Terra Nova	Guayaba	1	2	1	1.33

Por otro lado, las prácticas realizadas en el predio Lusitania (Maíz), se categorizaron como de baja sostenibilidad ambiental; mientras que en los predios San Juanito (Yuca), La Rivera (Ají), Villa Carol (Vid) y El Jigual (Papaya), las prácticas se categorizan realizadas se categorizaron como de muy baja sostenibilidad ambiental; entre estos últimos, se amplía información sobre el predio San Juanito (Yuca), en el cual se realiza una labranza con maquinaria pesada muy agresiva, que consiste en voltear el suelo en sus primeros 30-60 cm, para luego acumular grandes volúmenes del mismo y hacer camas en las que sembrar el cultivo, estas labores rompen la estructura del suelo, lo que aunado a establecer el cultivo a favor de la pendiente, aunque muy baja (0-7%), también permite la pérdida por erosión.

6.7.3. Riesgo de Degradación del Suelo

Para este indicador se tuvieron en cuenta algunos de los principales riesgos de degradación del suelo de acuerdo con los informes de la FAO, como lo son: erosión, compactación, acidificación, contaminación, salinización y desequilibrio de nutrientes (deficiencia y exceso de nutrientes). En la Tabla 50, se presenta la categorización obtenida para este indicador y los rangos de cada subindicador por predio. Destacan las prácticas realizadas en los predios Rentería (Guayaba), Terra Nova (Guayaba), San Juanito (Yuca) y La Colonia (Café), categorizadas como de buena sostenibilidad, es decir, que, en el largo plazo, si se continúan realizando de esta forma podrían no tener un impacto amplio en la capacidad del suelo para soportar los sistemas productivos agrícolas. Las prácticas realizadas en el predio La Rivera (Ají), fueron catalogadas como de aceptable sostenibilidad, las principales falencias en este predio se concentran en que se realizan mecanizaciones continuas (entre 3 a 6 meses), generando riesgos relacionados con la erosión, y que los plaguicidas se aplican muy periódicamente lo que podría generar riesgos de contaminación del suelo, fuentes de aguas subterráneas y superficiales.

Tabla 50. Indicador C, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).

C. Riesgo de degradación del suelo								
Predio	Cultivo	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Subtotal
La Colonia	Café	2	5	1	3	5	5	3.50
Sinaí	Lima Tahití	2	4	1	1	5	4	2.83
Rentería	Guayaba	5	4	3	5	5	2	4.00
Villa Carol	Vid	4	3	1	3	5	1	2.83
Lusitania	Maíz	5	1	3	1	1	4	2.50
El Jigal	Papaya	5	3	3	1	3	1	2.67
La Rivera	Ají	5	3	3	5	1	2	3.17
San Juanito	Yuca	5	3	3	5	2	4	3.67
Villa María	Vid	4	3	1	1	5	1	2.50
Terra Nova	Guayaba	4	3	4	5	5	2	3.83

Aunque en este indicador no se encontraron predios cuyas practicas se categorizaran como de muy baja sostenibilidad ambiental, cinco predios si realizan prácticas que generaron una categorización como de baja sostenibilidad, es el caso de Lusitania (Maíz), Villa María (Vid), El Jigal (Papaya), Villa Carol (Vid) y Sinaí (Lima Tahití); por ejemplo, en el predio Lusitania, se presentan riesgos asociados con una cobertura vegetal baja durante varios meses al año, correspondientes a los periodos entre cosecha, siembra y crecimiento de la planta (Maíz), lo que deja el suelo expuesto a la erosión eólica e hídrica, además de la perdida de carbono orgánico del suelo, además, aunque cuenta con análisis de suelos y asistencia técnica no se aplican enmiendas correcticas, lo que impide la disponibilidad de nutrientes para las plantas, lo que asociado a una alta periodicidad de la mecanización (cada 3 a 6 meses), genera un alto riesgo de degradación del suelo, en este caso erosión.

6.7.4. Manejo de la Biodiversidad

En la Tabla 51 se observan los rangos por subindicador y la categorización obtenida en el indicador por cada predio; esta información permite inferir que las prácticas realizadas en todos los predios seleccionados como estudio de caso se encuentran por debajo de lo aceptable en cuanto a la sostenibilidad ambiental, es decir, que el total de los predios realizan prácticas que generarían un impacto negativo a largo plazo debido al manejo de la biodiversidad, especialmente con lo relacionado a una baja diversidad del sistema productivo, lo que le transmite vulnerabilidad contra plagas y enfermedades, o incluso eventos climáticos extremos, lo que se acentúa aún más debido a una posible baja calidad de las semillas sembradas; además, el manejo implementado para la gestión de las plagas puede provocar que estas creen resistencia, lo que puede implicar aumento de las dosis aplicadas o la imposibilidad de contrarrestarlas y provocar el cambio por cultivos que éstas no afecten.

Tabla 51. Indicador D, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).

D. Manejo de la biodiversidad						
Predio	Cultivo	D1	D2	D3	Subtotal	
La Colonia	Café	2	1	5		2.67
Sinaí	Lima Tahití	1	1	2		1.33
Rentería	Guayaba	1	1	3		1.67
Villa Carol	Vid	1	1	4		2.00
Lusitania	Maíz	2	1	5		2.67
El Jigual	Papaya	1	1	3		1.67
La Rivera	Ají	1	2	5		2.67
San Juanito	Yuca	1	1	3		1.67
Villa María	Vid	1	1	4		2.00
Terra Nova	Guayaba	1	2	3		2.00

6.7.5. Adaptación al Cambio Climático

En la Tabla 52 se puede observar los rangos por subindicador y la categorización establecida para el indicador por predio; destacan principalmente que la máxima categoría para las prácticas en este indicador es una aceptable sostenibilidad, alcanzada por los predios Rentería (Guayaba), Lusitania (Maíz), La Rivera (Ají) y San Juanito (Yuca), entre los que destaca el uso de sistema de riego localizado de alta frecuencia, y la posibilidad de acceso a infraestructura para acceder al agua que utilizan para regar sus cultivos, entre ellas el propio distrito de riego RUT o a cuerpos de agua cercanos como pozos o aljibes; en algunos de estos predios también destaca el uso de sistemas para el monitoreo de información agrometeorológica, que les permite generar estrategias para enfrentar eventos extremos (Lusitania, La Rivera y San Juanito). Ninguno de los predios realiza cosecha de agua, práctica extendida bajo el actual contexto de variabilidad y cambio climático, lo que genera una amplia debilidad que debe ser subsanada en el corto plazo.

Tabla 52. Indicador E, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).

E. Adaptación al cambio climático						
Predio	Cultivo	E1	E2	E3	E4	Subtotal
La Colonia	Café	1	1	1	1	1.00
Sinaí	Lima Tahití	1	1	1	1	1.00
Rentería	Guayaba	1	5	5	1	3.00
Villa Carol	Vid	1	4	5	1	2.75
Lusitania	Maíz	1	5	4	4	3.50
El Jigual	Papaya	1	5	4	1	2.75
La Rivera	Ají	1	4	5	4	3.50
San Juanito	Yuca	1	4	5	4	3.50
Villa María	Vid	1	4	5	1	2.75
Terra Nova	Guayaba	1	4	5	1	2.75

Por otro lado, los predios La Colonia (Café) y Sinaí (Lima Tahití), presentan una enorme debilidad en este indicador, pues todos los rangos de los subindicadores se valoraron en 1, y por consiguiente obtuvieron una valoración de muy baja sostenibilidad de las prácticas, la cual tiene como explicación el que no poseen infraestructura para acceder a agua que le permita regar sus cultivos, y por tanto no poseen sistemas de riego, tampoco realizan cosecha de agua y no monitorean las condiciones agrometeorológicas de su región; son dependientes exclusivamente de las precipitaciones que son cada vez más impredecibles y no se ajustan a los registros históricos, causando, por ejemplo, que en el café ya no se presente una cosecha principal y un traviesa, y por el contrario, las cosechas sean durante todo el año pero con un rendimiento mucho menor.

6.7.6. Nivel de Asistencia Técnica

En la Tabla 53 se aprecian los rangos y la categorización obtenidos sobre el indicador Nivel de Asistencia Técnica. Destacan los predios La Rivera (Ají), y Terra Nova (Guayaba), que obtuvieron una categorización de alta sostenibilidad de acuerdo con los rangos obtenidos en cada subindicador, lo que se encuentra relacionado con accesos a análisis de aguas y suelos, asistencia técnica acorde a su sistema de producción y una formación relevante de los miembros o la persona a cargo del cultivo.

Tabla 53. Indicador F, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).

F. Nivel Asistencia Técnica					
Predio	Cultivo	F1	F2	F3	Subtotal
La Colonia	Café	2	4	2	2.67
Sinaí	Lima Tahití	1	1	2	1.33
Rentería	Guayaba	3	4	4	3.67
Villa Carol	Vid	2	4	4	3.33
Lusitania	Maíz	4	4	4	4.00
El Jigual	Papaya	3	4	4	3.67
La Rivera	Ají	4	5	5	4.67
San Juanito	Yuca	3	5	5	4.33
Villa María	Vid	2	2	2	2.00
Terra Nova	Guayaba	5	4	5	4.67

En cuanto a los predios que menor categorización obtuvieron en este indicador, fueron Sinaí (Lima Tahití) y Villa María (Vid); en particular, Sinaí, obtuvo esta categorización al no tener análisis de suelos, aguas, asistencia técnica o certificado de BPA y, además, las personas a cargo no poseen una alta y adecuada formación para el manejo de los cultivos establecidos en el predio.

6.7.7. Categorización Global de Sostenibilidad Ambiental

En la Tabla 54 se presenta la categorización final obtenida por cada indicador y el promedio para cada predio, así como el código de colores; todos los predios obtuvieron una categorización de baja sostenibilidad al promediar los indicadores; es importante mencionar que aunque en el indicador “Nivel Asistencia Técnica”, siete predios se ubicaron en la categoría de aceptable sostenibilidad o superior, lo que indicaría que de acuerdo a la asistencia técnica recibida las prácticas estarían alineadas con una sostenibilidad ambiental, al menos, aceptable en el resto de indicadores, sin embargo, esto no es así, debido a que las respuestas obtenidas y las prácticas implementadas buscan un aumento sustancial del rendimiento de los cultivos y por ende de las ganancias percibidas en contra de conservar a largo plazo la capacidad del suelo para soportar los sistemas agrícolas en ellos establecidos.

Por ejemplo, el predio Terra Nova, obtuvo una de las categorizaciones más altas en el indicador “Nivel Asistencia Técnica”, sin embargo, el comportamiento en los indicadores relacionados con conservar las propiedades biológicas, fisicoquímicas, generar una alta biodiversidad y adaptación al cambio climático fueron categorizados como de baja o muy baja sostenibilidad, lo que ilustra la afirmación anterior, en la cuenca RUT (La Unión), en la asistencia técnica brindada prima altamente la generación de rendimientos cada vez mayores sin generar prácticas que conserven o recuperen la capacidad del suelo para continuar brindando el servicio ecosistémico de soporte para la producción de alimentos.

Tabla 54. Indicador General, indicadores, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca RUT (La Unión).

Predio	Cultivo	A. Propiedades Biológicas Suelo	B. Propiedades Fisicoquímicas Suelo	C. Riesgo Degradación Suelo	D. Biodiversidad	E. Adaptación CC	F. Asistencia Técnica	Promedio
La Colonia	Café	3.33	4.33	3.50	2.67	1.00	2.67	2.92
Sinaí	Lima Tahití	1.83	4.33	2.83	1.33	1.00	1.33	2.11
Rentería	Guayaba	1.83	3.33	4.00	1.67	3.00	3.67	2.92
Villa Carol	Vid	1.83	1.00	2.83	2.00	2.75	3.33	2.29
Lusitania	Maíz	1.33	2.33	2.50	2.67	3.50	4.00	2.72
El Jigüal	Papaya	1.50	1.67	2.67	1.67	2.75	3.67	2.32
La Rivera	Ají	2.33	1.00	3.17	2.67	3.50	4.67	2.89
San Juanito	Yuca	2.00	1.00	3.67	1.67	3.50	4.33	2.69
Villa María	Vid	2.33	3.67	2.50	2.00	2.75	2.00	2.54
Terra Nova	Guayaba	2.00	1.33	3.83	2.00	2.75	4.67	2.76

Ya que todos predios presentan una alta susceptibilidad a largo plazo, donde los suelos utilizados para la producción de alimentos pierdan su capacidad, es necesario implementar prácticas que lo contrarresten, conserven y recuperen la calidad del suelo, generen mayores beneficios ambientales y reduzcan considerablemente la alta dependencia de insumos externos (plaguicidas, herbicidas, fertilizantes de síntesis química, entre otros).

A continuación, se presentan algunas graficas ilustrativas y comparativas entre grupos de los 10 predios seleccionados como estudios de caso. En la Figura 68, se realiza la comparación visual entre los predios La Colonia (Café), Sinaí (Lima Tahití) y Rentería (Guayaba), se puede observar que las prácticas implementadas en el predio La Colonia posee una mayor sostenibilidad ambiental sobre las propiedades biológicas y fisicoquímicas, que los otros dos predios, sin embargo, el predio Rentería, se encuentra mucho mejor valorado en cuanto a las prácticas de adaptación al cambio climático y asistencia técnica. Se observa un amplio margen de mejora o en definitiva imposibilidad de realizar una producción agrícola sostenible en el predio (Sinaí), dadas las condiciones en donde se desarrolla, una pendiente abrupta (19-40%).

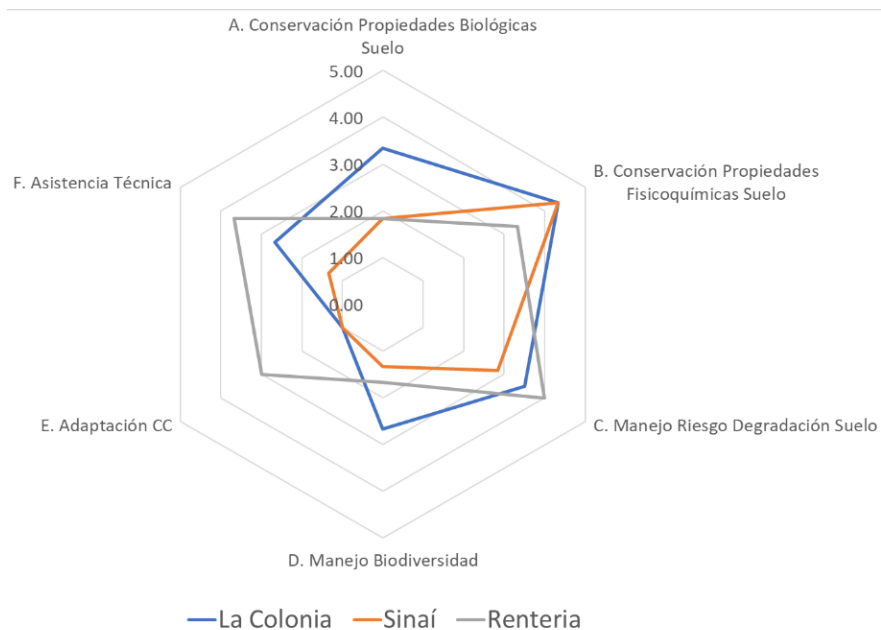


Figura 68. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: La Colonia, Sinaí y Rentería.

En la Figura 69, se realiza la comparación visual entre los predios Villa Carol (Vid), Lusitania (Maíz) y El Jigal (Papaya), los cuales tienen una categorización baja de sostenibilidad en las prácticas relacionadas con conservación de las propiedades biológicas y fisicoquímicas, y por debajo de los aceptable en el manejo del riesgo a la degradación del suelo, manejo de la biodiversidad en el sistema productivo; los tres predios parecen destacar en el nivel de asistencia técnica y un poco adaptación al cambio climático.

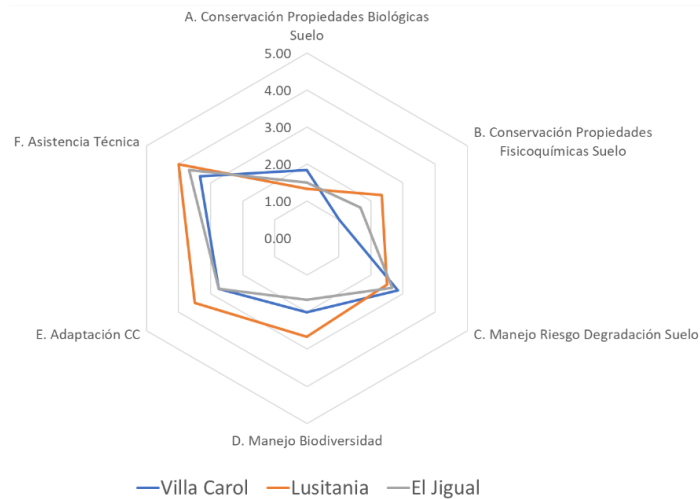


Figura 69. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: Villa Carol, Lusitania y El Jigal.

En la Figura 70, se realiza la comparación visual entre los predios La Rivera (Ají), San Juanito (Yuca), Villa María (Vid) y Terra Nova (Guayaba), destaca que los predios La Rivera, San Juanito y Terra Nova tienen un comportamiento muy similar en todos los indicadores, las prácticas implementadas se categorizan como de baja sostenibilidad en los indicadores de conservación de propiedades biológicas y fisicoquímicas y manejo de la biodiversidad en el sistema productivo, y destacan en las prácticas de adaptación al cambio climático, nivel de asistencia técnica y manejo del riesgo de la degradación del suelo. Mientras que el predio Villa María posee una categorización baja de baja sostenibilidad en las prácticas relacionadas con el nivel de asistencia técnica, manejo de la biodiversidad del sistema productivo y conservación de las propiedades biológicas del suelo y destaca en las prácticas que permiten la conservación de las propiedades fisicoquímicas.

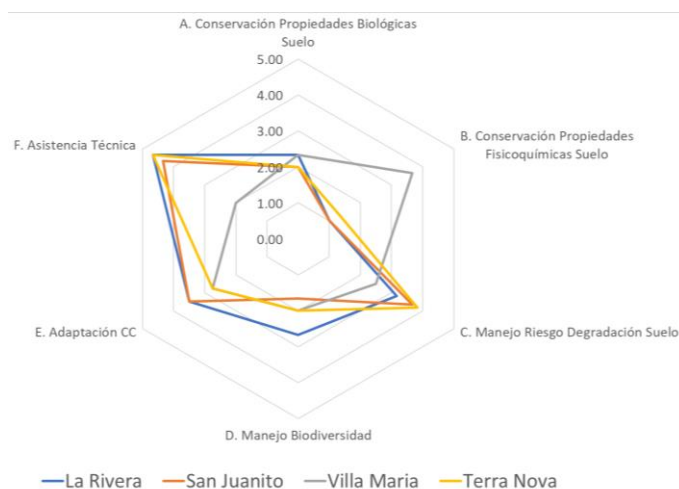


Figura 70. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: La Rivera, San Juanito, Villa María y Terra Nova.

6.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES CUENCA RUT (MUNICIPIO LA UNIÓN).

6.8.1. Conclusiones cuenca RUT (La Unión)

- La Cuenca RUT (La Unión), presenta un alto grado de tecnificación en el manejo de los cultivos, sin tener en cuenta la caña de azúcar, lo cual se encuentra relacionado con las áreas de cultivo ubicadas en la zona plana, que permite realizar gran parte de las labores de forma mecanizada, lo que favorece los rendimientos de los predios allí ubicados, sin embargo, somete al suelo a una serie de presiones que deben ser considerados para que la agricultura sea sostenible en el largo plazo.
- El suelo de la zona plana es un sistema frágil con riesgo de degradación por las prácticas productivas realizadas, se evidencia acumulación excesiva de magnesio (Mg), compactación de horizontes subsuperficiales, encharcamiento y pérdida de la estructura por exceso de laboreo.
- Los suelos agrícolas en la zona de ladera, debido a las pendientes pronunciadas, en algunos casos mayores al 10%, poseen un riesgo inminente de erosión superficial y de remoción en masa. La sostenibilidad de estos sistemas en el mediano plazo depende de la implementación de prácticas de producción que respondan a programas de manejo y conservación de suelos, que eviten dejar el suelo desnudo por periodos prolongados, reduciendo la velocidad del agua de escorrentía superficial y la acumulación de humedad en sitios puntuales.
- Las prácticas de producción observadas en la cuenca de RTU (La Unión), presentan riesgos relativos a la salud del suelo que dependen de la buena implementación de las mismas por parte de los agricultores, este riesgo se incrementa en la región, ya que no todos los productores tienen acceso a la asistencia técnica y se tiene una mínima adopción de certificación en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), lo que impide su monitoreo, estas circunstancias incrementan el riesgo de realizar malas prácticas de producción.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, en los suelos de la zona plana de la cuenca RUT se presentan deficiencias de nutrientes, especialmente de Ca y K, a causa de excesivos contenidos de Mg, que no se están corrigiendo debidamente mediante la aplicación de enmiendas en la preparación del terreno.
- En la zona de ladera de la cuenca RUT existe evidencia de que se está presentando acidificación y pérdida de bases, lo que tampoco se está corrigiendo en la preparación del terreno con adecuados planes de fertilización.

- Los resultados obtenidos permiten inferir que, en ciertas áreas de la cuenca, especialmente en la zona centro y sur occidental, los niveles de MO están bajos (<2%), o en el límite (2,10 a 2,18%), no se están desarrollando adecuados planes de abonamiento o la excesiva mecanización está degradando a una tasa más elevada la MO de lo que se repone con los aportes realizados.
- De acuerdo con el análisis de las propiedades físicas, gran parte de los suelos de la cuenca están presentando problemas por la baja lámina de agua aprovechable, aunado a conductividades hidráulicas lentas a muy lentas, lo cual puede generar problemas de encharcamientos, esto puede estar relacionado con los altos contenidos de Mg, que no se están corrigiendo durante la preparación del terreno. En este sentido, lo que sugiere la información de los análisis de suelos, es que el problema que se presenta en la cuenca es químico, y por tanto, no se debe tratar con excesivo laboreo y mecanización, como actualmente se viene enfrentando este inconveniente, puesto que los excesivos contenidos de Mg, provocan un fuerte adensamiento de las partículas del suelo, dificultando el transporte del agua y aire a través de los poros.
- El análisis de sostenibilidad permitió establecer, que en general, las prácticas que se realizan en la cuenca RUT (La Unión), poseen una baja sostenibilidad ambiental, por lo que, en el mediano y largo plazo, podrían reducir la capacidad del suelo para generar el servicio ecosistémico de aprovisionamiento de alimentos.
- Las prácticas que más presión generan al suelo se encuentran las relacionadas con los indicadores de conservación de las propiedades biológicas y manejo de la biodiversidad: a) baja o nula rotación de cultivos, b) baja diversidad de los cultivos debido a sistemas de producción que propenden por el monocultivo, c) aplicación de MO sin compostar o en las cantidades no apropiadas, lo que contribuye a la reducción del Carbono Orgánico del Suelo (COS), d) baja o nula adopción de prácticas de conservación de la biodiversidad del suelo, como incorporación al suelo de arvenses, residuos de cosecha, abonos verdes, organismos eficientes u hongos formadores de micorriza, y e) uso de herbicidas y plaguicidas que pueden tener una alta permanencia en el suelo.

6.8.2. Recomendaciones cuenca RUT (La Unión)

- Desarrollar un proceso de capacitación permanentemente, junto con las instituciones que hacen presencia en el territorio, universidades, centros de investigación y asociaciones de agricultores, entre otros, que permita unificar criterios y certificar a los asistentes técnicos de la región en prácticas de producción sostenibles.

-
- Desarrollar e implementar un programa de capacitación dirigido a los agricultores, empresas, asistentes técnicos, estudiantes, comercializadores y proveedores de las cadenas productivas de la región orientado a la conservación del suelo y el ambiente en general, donde se sensibilice acerca de los problemas generados al suelo por la adopción de malas prácticas de producción, como puede afectar el rendimiento de los cultivos, y las fortalezas de la ejecución de Buenas Prácticas Agrícolas.
 - Monitorear permanentemente la salud del suelo, pérdidas por erosión, salinización, compactación, acidificación, entre otras, con técnicas sencillas de campo que permitan registrar y evidenciar cómo evoluciona el suelo a través del tiempo.
 - Realizar evaluaciones de los suelos magnésicos en la zona plana de la cuenca, para establecer opciones de manejo y corrección que permitan recuperar la calidad del suelo y su capacidad productiva.
 - Implementar programas de manejo y conservación de suelos en la zona de ladera, que incluyan el monitoreo permanente de la pérdida de suelos por erosión y prácticas que reduzcan la velocidad del agua de escorrentía y así evitar su acción erosiva.

7. LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS PRIORIZADOS DE LA CUENCA DAGUA MUNICIPIO RESTREPO

7.1. CULTIVOS Y PREDIOS PRIORIZADOS CUENCA DAGUA MUNICIPIO RESTREPO

Para la priorización de cultivos y predios en la Cuenca Dagua (Restrepo) se tuvieron en cuenta los principales factores condicionantes y su relación con las diferentes prácticas agronómicas. En la Tabla 55, se presenta el análisis general del comportamiento de los factores condicionantes en la Cuenca Dagua Municipio Restrepo.

Tabla 55. Análisis de los factores condicionantes para la priorización de cultivos y predios en la cuenca Dagua (Restrepo).

Factor condicionante	Diagnóstico general
Tipo de pendiente	En la zona de producción agrícola del municipio de Restrepo predomina la pendiente muy inclinada (11-19%) y abrupta (19-40%), se presentan solo algunas áreas planas como es el caso de las riberas del río Bravo, todo el municipio se encuentra en las estribaciones de la cordillera occidental.
Altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)	La mayor parte de la producción agrícola en Restrepo se encuentra en la zona de clima medio, entre los 1.100 y 1.500 m.s.n.m. , franja en la que en el pasado se cultivaban amplias zonas de café, actualmente el área se ha reducido considerablemente para dar paso a otros cultivos más rentables como piña, plátano, lulo, entre otros.
Orden de suelo	Los órdenes de suelo predominantes en las áreas de producción agrícola son los andisoles , suelos de origen volcánico en el que predominan las alófanas, las cuales tienen la capacidad de retener altos volúmenes de humedad; en pendientes pronunciadas expuestas puede generarse erosión superficial y movimientos en masa; también tienen la capacidad de fijar fosfatos. En la zona suroriental, en los corregimientos de San Pablo y La Palma, se encuentran suelos del orden alfisoles , y zonas de inceptisoles intercalados en los corregimientos Aguamona y Río Grande; en los entisoles que aparecen en la zona sur del municipio no es común la presencia de cultivos.
Provincia de humedad	Casi todo el municipio se encuentra en la zona húmeda, fue en esta zona en donde se seleccionaron la mayor parte de los predios para los estudios de caso, sin embargo, dos estudios de caso se seleccionaron en la zona seca: El Placer, en la vereda El Aguacate, el cual maneja cultivo de tomate en casa de malla y en la vereda Río Grande, el predio Samarcanda, que maneja cultivos de maíz y hortalizas. Se tomó el predio El Porvenir, con cultivo de café asociado, que se encuentra en el límite de la zona húmeda y una pequeña franja muy húmeda en el corregimiento de Zabaletas.
Grado de tecnificación de los cultivos	En Restrepo los agricultores que tienen mayor tecnificación son los que se encuentran en la zona plana (0-7%) e inclinada (7-11%), que manejan cultivos de tomate, piña y hortalizas, los cuales usan labranza mecanizada y construyen camas, implementan riego por goteo, y maquinas

Factor condicionante	Diagnóstico general
	estacionarias para el manejo de plagas y enfermedades, además usan acolchados plásticos para el manejo de arvenses. Los agricultores de la zona de ladera, que se encuentran en pendientes desde muy inclinada (11-19%), abruptas (19-40%) y escarpadas (>40%), practican una agricultura tradicional con labranza mínima, aplicaciones manuales de fertilizantes y plaguicidas, además de control de arvenses en el que combinan el uso de guadaña con herbicidas.
Tipo de cultivo	Se encuentran cultivos permanentes como caña panelera, café, aguacate; semipermanentes como piña, plátano y lulo; transitorios como tomate, pimentón, hortalizas y maíz dulce en lotes individuales y también en asocio con frijol.
Principales cultivos	De acuerdo con los factores condicionantes en la cuenca Dagua (municipio Restrepo), los cultivos más representativos, son el plátano, café, piña, caña panelera, maíz, lulo, frijol y tomate. Esta información corresponde a lo reportado en las EVAs del año 2020 para el municipio de Restrepo. La priorización de cultivos se realizó teniendo en cuenta lo reportado en las EVAs del año 2020 para el municipio de Restrepo.

En la Tabla 56 y en la Figura 71 se observan las áreas de cultivo en la cuenca Dagua, municipio Restrepo. La línea de base se levantó mediante el estudio de caso de cada uno de los cultivos relacionados.

Tabla 56. Distribución de las áreas sembradas por cultivo en la cuenca Dagua (Restrepo). Fuente: (UMATA, 2020).

Cultivo	Área (ha)	Área (%)
Plátano	685.00	25%
Café	479.00	17%
Piña	470.00	17%
Caña Panelera	345.00	12%
Maíz	131.00	5%
Lulo	110.00	4%
Frijol	107.00	4%
Tomate	75.00	3%
Banano	75.00	3%
Otros	313.20	11%

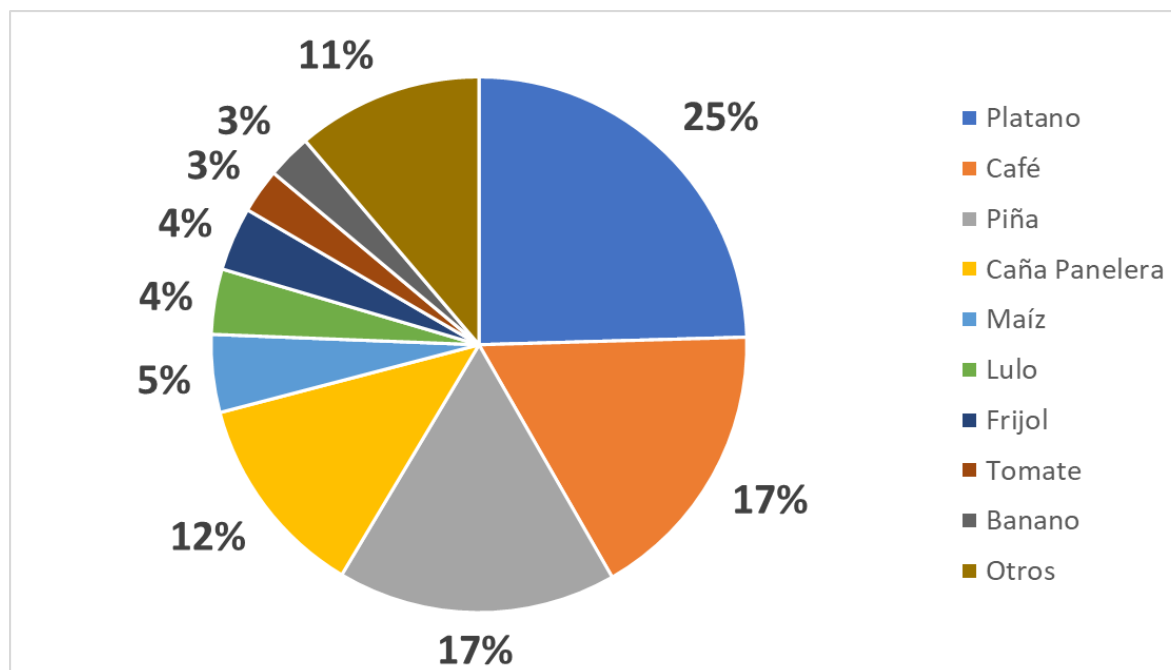


Figura 71. Distribución porcentual de cultivos agrícolas en la cuenca Dagua (Restrepo).

Los cultivos y predios que se incluyeron para el levantamiento de la línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo en la cuenca Dagua (municipio Restrepo) se presentan en la Tabla 57. Esta información resulto de gran relevancia para ser presentada a la UMATA del municipio de Restrepo, técnicos y profesionales agrícolas que ofrecen sus servicios en el área de los cuales se recibió importante apoyo para la preselección de predios, con el análisis e integración de los factores condicionantes considerados en este estudio.

Tabla 57. Cultivos y predios priorizados en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	Tipo de Cultivo	Grado de Tecnificación	Tipo de Pendiente	Altura (msnm)	Orden de Suelo	Provincia de Humedad
Villa Luz	Maíz asociado con Frijol	Transitorio	Tradicional	Abrupta	1493	Andisol	Seca
Miraflores	Piña	Semipermanente	Tecnificado	Inclinada	1466	Andisol	Seca
Julianandrea	Plátano y Banano	Semipermanente	Semitecnificado	Inclinada	1415	Andisol	Húmeda
Primavera	Lulo	Semipermanente	Tradicional	Muy Inclinada	1506	Andisol	Húmeda
La Antonia	Aguacate y Plátano	Permanente	Tradicional	Suavemente Inclinada	1450	Inceptisol	Húmeda
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	Transitorio	Tecnificado	Plana	1168	Inceptisol	Muy Seca
El Placer	Tomate Invernadero	Transitorio	Tecnificado	Plana	1371	Alfisol	Seca
El Descanso	Caña Panelera	Permanente	Tradicional	Abrupta	1450	Andisol	Muy Húmeda
El Porvenir	Café asociado con Plátano	Permanente	Tradicional	Muy Inclinada	1425	Inceptisol	Húmeda
La Caja	Pimentón Invernadero	Transitorio	Semitecnificado	Inclinada	1380	Andisol	Húmeda

El análisis realizado permitió seleccionar predios representativos de cultivos predominantes en la cuenca Dagua (municipio Restrepo). A continuación, se presenta la descripción general de algunos cultivos priorizados.

- **Plátano hartón:** Representa a las musáceas que tienen un área de siembra de 760 ha (685 plátano y 75 banano), que ocupan el 27% del área sembrada en el municipio; es manejado por agricultores tradicionales y semitecnificados, los cuales se encuentran formalmente asociados en organizaciones como Asoplatañares, la cual apoya los procesos de sus asociados a través de la comercialización y desarrollo de proyectos para la asistencia técnica.
- **Café en asocio con cítricos, plátano, entre otros:** Cuenta con 479 ha, junto a la piña, constituye el segundo renglón de producción del municipio; el área sembrada actual es el remanente de lo que antes era el cultivo más representativo de la región, producto de crisis cafeteras, proliferación de plagas y enfermedades, cediendo área a otros cultivos. El cultivo de café se encuentra regularmente asociado a plátano, banano, cítricos, guayaba, entre otros.
- **Piña (MD-2):** Con 470 ha, es el tercer cultivo en extensión del cruce cuenca/municipio, ocupa el 17% del área sembrada en el municipio y se constituye junto al plátano en el principal generador de recursos y empleos en la región; lo manejan agricultores semitecnificados, que usan labranza mecanizada, construyen camas y usan acolchado plástico para reducir el uso de herbicidas. Se cultiva en las zonas más secas del municipio, como en las veredas La Palma, Trespuertas y Calimita.
- **Caña Panelera:** Este cultivo ocupa 345 ha, representa el 12% del área cultivada en el municipio; se encuentra principalmente en la vereda San Salvador, en un cluster de producción que incluye uso de trapiches para la producción de panela, la cual comercializan los propios agricultores en el municipio de Restrepo y a través de comercializadores a Buenaventura y otros municipios.
- **Lulo:** Este frutal ocupa 110 ha del municipio, 4% del área sembrada en Restrepo, es muy apreciado por su rentabilidad y producción alcanzada en las condiciones agroecológicas de las zonas húmedas de la región.
- **Maíz tradicional asociado a fríjol:** Reúnen en total el 238 ha (131 ha de maíz y 107 ha de fríjol), representan el 9% del área sembrada en el municipio; lo manejan pequeños agricultores con técnicas tradicionales en áreas con pendientes abruptas (19-40%), en procesos de agricultura de subsistencia y para comercializar en el casco urbano.
- **Tomate - Pimentón:** El tomate junto con el pimentón representan a las hortalizas de la familia solanáceas, suman 132 ha (75 ha de tomate y 57 ha de pimentón), 5%

del total del área sembrada en el municipio, y comparten las mismas técnicas de cultivo, el área sembrada evoluciona constantemente debido a su buen mercado a nivel regional y nacional, por lo que la tendencia se inclina a la adopción de prácticas tecnificadas para aumentar el rendimiento; se cultivan especialmente en las áreas planas con pendientes inclinadas (7-11%), y cada vez más en “casas de malla”, para reducir el ataque de insectos y ácaros que impactan negativamente los rendimientos.

7.2. LINEA BASE SOBRE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE LA CUENCA DAGUA MUNICIPIO RESTREPO

La elaboración de la línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo de suelos en cultivos de la Cuenca Dagua (Restrepo), se consolidó a partir de información primaria proveniente de encuestas, entrevistas individuales a técnicos y profesionales agrícolas, y entrevistas a grupos de expertos de la región. El enfoque del análisis se presentó en la Figura 27.

7.2.1. Tipo de labranza

Labranza Convencional: Este sistema se usa en las áreas con pendientes muy inclinadas (11-19%) y abruptas (19-40%), donde en donde se suele producir piña y en pendientes suavemente inclinadas (0-7%), en las veredas de Rio Grande y el Aguacate en cultivos de hortalizas y maíz; se recurre a tractores de mediana potencia de 60 a 90 CV e implementos de mediano tamaño debido a la pendiente y a la extensión de los lotes. Se realiza descepado con rastras, subsolado con aperos de 3 ganchos a 60 cm de profundidad y rastrillos superficiales que alcanzan profundidades de 30 cm o menos (Figura 72).



Figura 72. Cultivos de piña en zona de ladera con labranza convencional mecanizada, cuenca Dagua (Restrepo).

Estas prácticas las áreas con pendientes pronunciadas (muy inclinadas o abruptas), pueden generar erosión superficial, remoción en masa, cárcavas y exposición de los horizontes subsuperficiales por lavado del horizonte A, especialmente en la producción de piña.

Labranza Mínima: Incluye el concepto de “*cero labranza*” y es el más usado en toda la región en los diferentes tipos de cultivo, como café, caña panelera, plátano, aguacate, entre otros. Consiste en hacer una aplicación de herbicida de amplio espectro (glifosato por ejemplo), y después se procede a hoyar a 40x40x40 cm, o menos si es café, se aplica cal dolomítica al suelo del hoyo en proporción de 120 a 200 g/planta; en la mayor parte de cultivos después de realizar esta práctica se siembran las plantas y se fertiliza con N:P:K, triple 15 o 10:30:10 dependiendo la condición del cultivo.

En la Tabla 58, se muestran los predios priorizados, cultivos y tipos de labranza en la cuenca Dagua. En los estudios de caso evaluados, el 70% de los predios realiza labranza mínima y el restante 30% labranza convencional.

Tabla 58. Tipo de labranza realizada en cada predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	Tipo de Labranza
Villaluz	Maíz asociado con Frijol	Mínima
Miraflores	Piña	Convencional
Julianadrea	Plátano y Banano	Mínima
Primavera	Lulo	Mínima
La Antonia	Aguacate	Mínima
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	Convencional
El Placer	Tomate Invernadero	Mínima
El Descanso	Caña Panelera	Mínima
El Porvenir	Café asociado con Plátano	Mínima
La Caja	Pimentón Invernadero	Convencional

7.2.2. Preparación del terreno para la siembra

- **Camas:** En los cultivos tecnificados como piña, tomate y pimentón, después de la labranza convencional, se realizan camas para evitar el encharcamiento en la zona de raíces. En el cultivo del plátano se hacen rayas en el centro de las calles para que sirvan de drenaje lo que puede denominarse como “semicamas” (Figura 73).



Figura 73. Camas construidas en casas de malla para la siembra de Tomate, cuenca Dagua (Restrepo).

- **Uso de Acolchado Plástico:** Se usa regularmente en cultivos de piña y en hortalizas sembradas a la intemperie (Figura 74).



Figura 74. Uso de acolchado plástico en cultivo de Piña, cuenca Dagua (Restrepo).

- **Casa de Malla:** Debido a que los cultivos de hortalizas, especialmente las solanáceas, como tomate, pimentón, ají, entre otros, son susceptibles a algunas plagas como ácaros, thrips, moscablanca y otras, se ha incrementado la construcción de casas de “malla anti thrips”, que mejoran sustancialmente la producción de los cultivos y reducen el uso de plaguicidas (Figura 75).



Figura 75. Casa de mallas implementadas para cultivo de Tomate, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Tabla 59, se muestran los predios priorizados, cultivos y el tipo de preparación de suelos que realizan. En los estudios de caso evaluados, el 40% realiza camas, el 30% siembra a nivel del suelo, 20% siembra en bateas y un 10% siembra en surcos.

Tabla 59. Tipo de sistema de siembra implementado en cada predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	Sistema de Siembra
Villaluz	Maíz asociado con Fríjol	Batea por planta
Miraflores	Piña	Camas
Julianadrea	Plátano y Banano	Batea por planta
Primavera	Lulo	A nivel del suelo
La Antonia	Aguacate	A nivel del suelo
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	Camas
El Placer	Tomate Invernadero	Camas
El Descanso	Caña Panelera	A nivel del suelo
El Porvenir	Café asociado con Plátano	Surcos
La Caja	Pimentón Invernadero	Camas

7.2.3. Manejo de arvenses

Los cultivos con acolchados plásticos reducen considerablemente el uso de herbicidas, sin embargo, se realizan plateos de forma manual y aplicación con bomba de espada de herbicidas de contacto y/o glufosinato de amonio para el manejo de arvenses en las calles descubiertas de plástico. En las casas de malla, así como al aire libre, el manejo de arvenses se realiza, dependiendo el cultivo, alternando el uso de herbicidas (Figura 76) y guadaña manual (Figura 77).



Figura 76. Contraste de manejo de arvenses en Lulo (se permiten) y Maíz (uso de herbicidas), cuenca Dagua (Restrepo).



Figura 77. Manejo de arvenses con guadaña, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Tabla 60, se presenta la información obtenida en cada uno de los predios que se seleccionaron como estudios de caso; el 30% de los predios realizan un manejo de arvenses con herbicidas y guadaña; se usan herbicidas y manejo manual en el 20% de los predios seleccionados; otro 20% usa solo manejo con herbicidas; el restante 30% se divide en 10% para cada una de las siguientes prácticas: manejo manual, mecanizado y manejo integrando uso de guadaña y manual.

Tabla 60. Tipo de manejo de arvenses en cada predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	Manejo de Arvenses
Villaluz	Maíz asociado con Fríjol	Herbicidas y guadaña
Miraflores	Piña	Herbicidas y manual
Julianadrea	Plátano y Banano	Herbicidas y manual
Primavera	Lulo	Guadaña y manual
La Antonia	Aguacate	Herbicidas y guadaña
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	Manual
El Placer	Tomate Invernadero	Mecanizado
El Descanso	Caña Panelera	Herbicidas
El Porvenir	Café asociado con Plátano	Herbicidas y guadaña
La Caja	Pimentón Invernadero	Herbicidas

En la Figura 78 se observa el número de insumos que contienen un mismo ingrediente activo. El ingrediente activo más utilizado en los herbicidas es el glifosato, utilizados en los predios seleccionados como estudios de caso en la cuenca Dagua (municipio Restrepo), es el glifosato, el cual se encuentra presente en cinco de los insumos mencionados, seguido del glufosinato de amonio (tres insumos), y el paraquat (dos insumos).

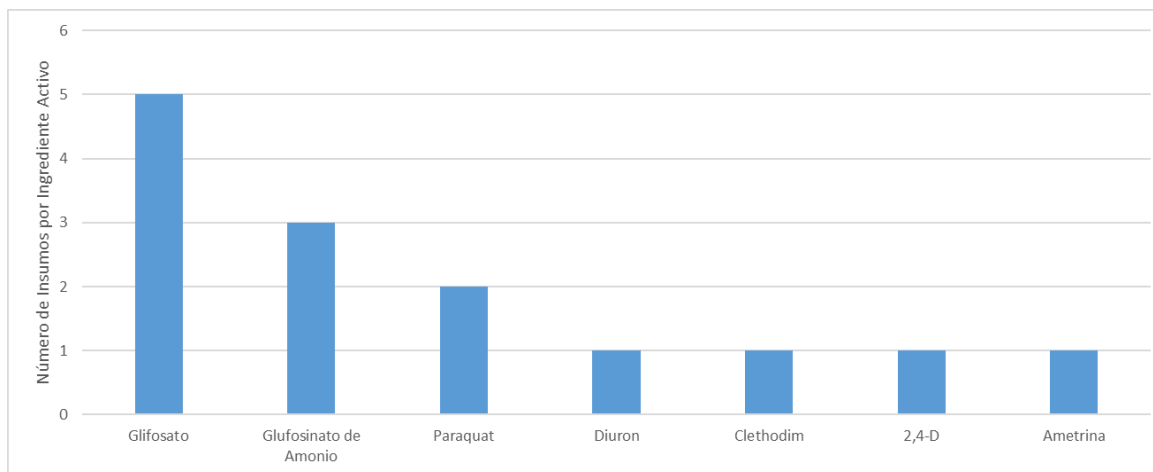


Figura 78. Ingredientes activos de herbicidas utilizados, cuenca Dagua (Restrepo).

7.2.4. Sistema de riego

En la mayor parte del municipio no se han instalado sistemas de riego, dependen exclusivamente de las precipitaciones para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos, las cuales se reportan, en promedio, de 4.200 mm/año, y en los andisoles las arcillas contribuyen a retener la humedad; el riego es más común en las zonas muy secas de los alfisoles y entisoles, en donde se hace agricultura como: Rio Grande y Aguacate donde se usa riego por aspersion y goteo (Figura 79 y 80). En piña se aplican fertilizantes al cogollo de la planta con bomba de espalda sin boquillas, aplicando en el proceso 50mm de agua por planta cada 15 días.



Figura 79. Sistema de riego por goteo de doble línea en Tomate, cuenca Dagua (Restrepo).



Figura 80. Sistema de riego por goteo en cultivo de Hortalizas y Maíz, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Tabla 61 se presenta el manejo el riego en cada uno de los predios que fueron seleccionados como estudios de caso. El 40% de los predios no cuenta con sistema de riego, lo cual los hace totalmente dependientes de la precipitación y por tanto para obtener altos rendimientos requieren que se presenten en las temporadas adecuadas y en la cantidad suficiente, lo que genera alta incertidumbre. El 30% de los predios

poseen sistemas de riego de alta frecuencia como es el caso del riego por goteo, lo que les da la capacidad para hacer un uso eficiente del recurso agua con el que cuentan, suministrarlo en las cantidades y los momentos requeridos por el cultivo y adaptarse a posibles eventos extremos donde la oferta hídrica pueda reducirse considerablemente. Un 20% de los predios usan riego por gravedad, el cual es muy ineficiente, aunque de bajo costo, y depende sustancialmente de una gran oferta hídrica, por lo que en temporadas en las que se presenten eventos extremos de bajas precipitaciones podría reducirse el rendimiento de los cultivos; solo un predio. El 10% del total, maneja riego por aspersión, el cual cuenta con una mayor eficiencia que el riego por gravedad, pero menor que la del riego por goteo, este sistema requiere aún de una oferta hídrica considerable debido a las altas presiones a las que trabaja, por lo que el cultivo podría verse comprometido si se presentan eventos extremos como bajas precipitaciones que limiten el caudal, sin embargo, el cultivo que se tiene establecido en este predio es piña, el cual se adapta mucho mejor que otras especies a temporadas de bajas precipitaciones.

Tabla 61. Tipo de sistema de riego utilizado en cada predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	Tipo de Riego
Villaluz	Maíz asociado con Frijol	Sin Riego
Miraflores	Piña	Aspersión
Julianadrea	Plátano y Banano	Sin Riego
Primavera	Lulo	Goteo
La Antonia	Aguacate	Gravedad
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	Goteo
El Placer	Tomate Invernadero	Goteo
El Descanso	Caña Panelera	Sin Riego
El Porvenir	Café asociado con Plátano	Sin Riego
La Caja	Pimentón Invernadero	Gravedad

7.2.5. Manejo de Plagas y Enfermedades

En los cultivos de solanáceas como lulo, tomate, pimentón y ají, que son muy susceptibles a plagas y enfermedades, se realizan más aplicaciones fitosanitarias, especialmente en las épocas de más altas precipitaciones, con una frecuencia de 2 veces por semana. En los cultivos de café, plátano, maíz y piña, que son menos susceptibles, se realizan aplicaciones de acuerdo con la incidencia de plagas y enfermedades, que pueden ser una por mes, o menos, por ejemplo, en café. En la Tabla 62 se encuentran los principales ingredientes activos de los fungicidas y bactericidas utilizados en los predios seleccionados como estudios de caso, destaca principalmente el Mancozeb que se encuentra en 11 de los fungicidas utilizados, seguido del Chlorothalonil (7 insumos), y el Azoxystrobin (5 insumos); en general los ingredientes activos se encuentran en la categoría toxicológica III y algunos en la II; en cuanto a la persistencia de los ingredientes activos en el suelo, el 22% se catalogan como no persistentes, el 17% con una persistencia extrema a media, el 11% con una persistencia media, extrema a ligera persistencia poseen 11% de los insumos mencionados, el resto de categorizaciones se presentan cada una en el 6% de los insumos (1 insumo por cada categoría).

Tabla 62. Ingredientes activos de fungicidas y bactericidas utilizados en la cuenca Dagua (Restrepo).

Ingrediente Activo	Insumos que lo contienen	Categoría Toxicológica	Persistencia en el Suelo
Mancozeb	11	III-II	No persistente
Chlorothalonil	7	II-III	Moderadamente Persistente
Azoxystrobin	5	III-II	No Persistente
Carbendazim	4	III-II	Ligeramente Persistente
Difenoconazole	4	III-II	Extrema a Mediana
Propiconazole	4	II-III	Extrema a Ligera
Azoxystrobin+Flutriafol	3	III-II	No Persistente + Extrema
Fosetil aluminio	3	III	No Persistente
Tebuconazole	3	II-III	Extrema a Mediana
Azoxystrobin+Difenoconazole	2	III-II	No Persistente + Extrema a Mediana
Epoxiconazole	2	III-II	Extrema a Mediana
Fludioxonil	2	III	Extrema a Ligera
Flutriafol	2	II-III	Extrema
Pyrimethanil	2	III	Alta a No Persistente
Thiabendazole	2	III	Extrema
Dimethomorph+Propamocarb	1	II	Alta a Mediana + Extrema a Ligera
Metalaxil+Oxicloruro de cobre	1	III	Alta a No Persistente + Extrema
Propineb	1	III	No Persistente

Como se observa en la Tabla 63, el ingrediente activo que más se encuentra en los insumos utilizados como insecticidas, acaricidas y nematocidas es el Imidacloprid (10 insumos), el cual tiene una categoría toxicológica II, pero una persistencia en el suelo de extrema a alta dependiendo de las condiciones edafoclimáticas presentes, lo que puede generar problemas de contaminación y pérdida de la calidad biológica del suelo, el segundo ingrediente activo más utilizado es el Clorpirifos, un insecticida que dependiendo del producto tiene una categoría toxicológica de III o II, y una persistencia en el suelo extrema a no persistente; el 19% de los insumos es no persistente en el suelo, pero el 38% de los insumos tiene al menos algún tipo de persistencia extrema en el suelo, afectando las comunidades de organismos que allí se encuentran, entre ellos destacan el Lufenuron, Imidacloprid, Thiamethoxam, Benzoato de Emamectina, Clorpirifos y Teflubenzuron.

Tabla 63. Ingredientes activos de insecticidas, acaricidas y nematocidas utilizados en la cuenca Dagua (Restrepo).

Ingrediente Activo	Insumos que lo contienen	Categoría Toxicológica	Persistencia en el Suelo
Imidacloprid	10	II	Extrema a Alta
Clorpirifos	9	III-II	Extrema a No Persistente
Lufenuron	6	III-II	Extrema
Abamectina	4	II	Mediana a No Persistente
Diflubenzuron	4	III	No Persistente
Metomil	4	IB-II	Ligera a No Persistente
Benzoato de emamectina	4	III	Extrema a Ligera
Lambda Cyhalotrina	3	IB-II	Alta a Ligera
Teflubenzuron	3	II-III	Extrema a No Persistente
Thiodicarb	3	IB-II	Mediana a No Persistente
Acefato	2	III	No Persistente
Malathion	2	III	No Persistente
Thiamethoxam	2	II	Extrema a Mediana
Cadusafos	1	III	Mediana
Cipermetrina	1	II	Alta a Mediana
Thiacloprid	1	II	Ligera a No Persistente

7.2.6. Fertilización

Los cultivos en zonas planas la fertilización se realiza con bomba estacionaria, la cual conduce, a través de tuberías, la mezcla de fertilizantes hasta el lote, allí se acoplan las mangueras con las que se distribuye a las camas de cultivo (Figura 81); esta es la situación que se presenta en los estudios de caso de la vereda Aguacate y Rio Grande. En piña se realiza la aplicación de 50 mm por cada riego junto con fertilizantes foliares.



Figura 81. Sistema de fertilización con bomba estacionaria y mangueras cultivo de Tomate, cuenca Dagua (Restrepo).

En los cultivos tradicionales de lulo, café, plátano se utiliza fertilización manual, a través de hoyos o en corona alrededor de las plantas y aplicando fertilizantes sólidos edáficos y abonos orgánicos (gallinaza y bovinaza), aunque alternan con fertilización líquida con bomba de espalda (Figura 82).

En la Tabla 64 se presenta el tipo de fertilización en cada uno de los predios seleccionados. Para la fertilización edáfica, el 70% de los predios la realiza de forma manual, ya sea al “voleo” o sobre el suelo cercano la planta. En cuanto a la fertilización foliar, se evidencia que el 20% de los predios no realiza esta práctica, bien por las dificultades al momento del crecimiento de la planta que dificultan el ingreso a los lotes, como en el caso de la caña panelera, o porque no es una práctica habitual en la agricultura tradicional, como es el caso de la caficultura; el 60% de los predios realizan esta práctica con bomba de espalda bien sea manual o con motor, lo que requiere de una alta carga de mano de obra para realizarla; solo el 20% realizan la práctica con estacionaria que reduce sustancialmente el uso de mano de obra aunque el costo de adopción de la práctica es mayor.



Figura 82. Gallinaza lista para ser llevada al lote del cultivo, cuenca Dagua (Restrepo).

Tabla 64. Forma de fertilización edáfica y foliar en cada predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	Forma de Fertilización Edáfica	Forma de Fertilización Foliar
Villaluz	Maíz asociado con Frijol	Manual	Bomba de espalda
Miraflores	Piña	Mecanizado	Bomba de espalda con motor
Julianadrea	Plátano y Banano	Manual	Bomba de Espalda
Primavera	Lulo	Manual	Bomba de Espalda
La Antonia	Aguacate	Manual	Bomba de espalda
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	Mecanizado	Estacionaria
El Placer	Tomate Invernadero	Mecanizado	Estacionaria
El Descanso	Caña Panelera	Manual	No Aplica
El Porvenir	Café asociado con Plátano	Manual	No Aplica
La Caja	Pimentón Invernadero	manual	Bomba de espalda

7.2.7. Cosecha

En general, la cosecha se realiza de forma manual, debido a las pendientes y al bajo grado de tecnificación de los cultivos (Figura 83 y 84).



Figura 83. Cosecha manual en Aguacate y Maíz dulce en zona de ladera, cuenca Dagua (Restrepo).



Figura 84. Lote en zona de ladera luego de la cosecha de Caña Panelera, cuenca Dagua (Restrepo).

7.2.8. Acompañamiento técnico y aseguramiento de la calidad en las labores

Esta es una región de una gran diversidad de cultivos con la capacidad para denominarse despensa agrícola del departamento y otros cercanos. Los agricultores manejan áreas medianas y pequeñas; no se encuentran grandes empresas productoras, pero se han desarrollado cultivos rentables como piña, tomate y pimentón en casa de malla, plátano y otras musáceas, por lo que en la zona hay una presencia constante de profesionales, técnicos y entidades que desarrollan proyectos de investigación y transferencia de tecnología, lo cual genera una dinámica de asistencia técnica a través de particulares y casas comerciales a un nivel medio, aunque no al nivel de asistencia técnica que se implementa en el valle geográfico del río Cauca.

En cuanto a certificaciones en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), el grado de adopción es mínimo, debido a que genera cargas laborales y económicas adicionales, debido a la gestión de documentos y adecuaciones que exige la norma, además, el mercado no lo exige, por lo que no existe la necesidad de implementación, lo que impide realizar el seguimiento y trazabilidad de las prácticas e insumos utilizados en el manejo de los cultivos.

En la Tabla 65 se presenta la información sobre certificación en BPA en cada uno de los predios seleccionados como estudios de caso, en la que se observa que ninguno maneja este tipo de certificación, lo que impide hacer seguimiento a las prácticas realizadas y entender cómo podrían afectar la salud del agroecosistema en general y la salud del suelo en específico. Esta es una de las grandes debilidades en esta cuenca, aunque refleja la dinámica de los pequeños y medianos agricultores de la región.

Tabla 65. Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas por predio seleccionado en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	Certificación BPA del ICA
Villaluz	Maíz asociado con Fríjol	No
Miraflores	Piña	No
Julianadrea	Plátano y Banano	No
Primavera	Lulo	No
La Antonia	Aguacate	No
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	No
El Placer	Tomate Invernadero	No
El Descanso	Caña Panelera	No
El Porvenir	Café asociado con Plátano	No
La Caja	Pimentón Invernadero	No

7.2.9. Resumen de prácticas agronómicas asociadas al manejo del cultivo

En las Tablas 66 a 72, se presenta el resumen de las prácticas agronómicas asociadas con el manejo y uso del suelo para los cultivos agrícolas priorizados en la cuenca Dagua (municipio Restrepo).

Tabla 66. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de plátano, cuenca Dagua (Restrepo).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	Representante de la familia de las musáceas, junto al banano y bananito. Este cultivo se produce en las zonas con pendientes pronunciadas (muy inclinadas a abruptas), de clima medio, alta precipitación y suelos andisoles; se usan técnicas tradicionales en el manejo de la producción, en ocasiones en monocultivo, pero frecuentemente en asocio con como café, cítricos y otros frutales. Se realiza labranza mínima, ahoyando en la estructura de siembra 0,4x0,4x0,4 m, se aplica cal dolomita, el resto del terreno se deja sin labrar. Se realiza un rayado en las calles entre los tabloncillos (2 surcos), de siembra para que sirvan de drenaje.
Manejo de arvenses	Se realiza plateo manual o químico, usando herbicidas de contacto y se utiliza una pantalla para no afectar las plantas, las prácticas de plátano son muy similares a las de café por su afinidad en el campo y el trabajo de extensión que realiza el comité de cafeteros en la región.
Riego	En las condiciones climáticas de la zona donde se cultiva el plátano, la precipitación y los suelos de arcillas alófanas que retienen la humedad, permiten a los agricultores continuar produciendo sin la adopción de costosos sistemas de riego, sin embargo, en ocasiones se realizan riegos suplementarios en momentos extremos, utilizando mangueras desde nacimientos o quebradas.
Manejo Plagas y Enfermedades	Es poco frecuente, se usan plásticos impregnados con fungicidas para cubrir el racimo de plátanos, se limitan las aplicaciones para microorganismos fungosos (como Sigatoka), y se usan cebos para el manejo del picudo; la aplicación de los plaguicidas se realiza con máquinas manuales y aguilonos largos que permiten alcanzar las axilas y las hojas de las plantas, se limita a una aplicación mensual, o menos, dependiendo de la intensidad de los problemas fitosanitarios.
Fertilización	Esta práctica se realiza con productos granulados con alto contenido de fósforo, debido a que estos suelos, por lo regular, los fijan y está poco disponible para ser tomado por las plantas; se aplican fórmulas como 10:30:10 o 13:26:6, que son fertilizantes compuestos de N:P:K; se complementa con cloruro de potasio, ya que el potasio es altamente requerido por las musáceas. Algunos realizan aplicación de insumos que contienen gran cantidad de elementos menores.
Cosecha	Se realiza manualmente, cortando los racimos y los tallos, este material vegetal se pica en el suelo y se le aplica cal para evitar que se transforme en foco de plagas como el picudo.

Tabla 67. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de piña MD-2, cuenca Dagua (Restrepo).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	Se realiza labranza convencional con maquinaria; debido a las pendientes dominantes (muy inclinadas y abruptas), y suelos muy frágiles por su capacidad para retener la humedad, sufrir de remociones en masa y erosión por escorrentía, es particularmente riesgosa esta forma de labranza; como la piña se cultiva principalmente en las zonas secas o semisecas y además se realiza la labranza en surcos con inclinación a favor de la pendiente para evitar encharcamiento, dada la susceptibilidad a <i>Phytophthora sp.</i> , lo que acentúa el riesgo a pesar de la práctica de acolchado plástico que se usa en la región.
Manejo de arvenses	Se usa la técnica de acolchado plástico, lo que reduce sustancialmente el uso de herbicidas; en las calles se aplican herbicidas como glifosato y/o diurón. Al despejar de arvenses las calles, aunado a la disposición de los surcos con inclinación a favor de la pendiente, incrementa el riesgo de presentar una alta escorrentía en temporadas de altas precipitaciones, causando cada vez mayor erosión en el suelo.
Riego y Fertilización	Esta práctica se realiza con una bomba de aspersión manual, ya que por la pendiente de la zona es difícil utilizar fumigadoras acopladas al tractor. Se aplican a cada planta unos 50mm de agua con una mezcla de fertilizantes, como se han plantado 55.000 plantas/ha, la aplicación en cada riego es de 2,8 m ³ que en época de bajas precipitaciones se realiza cada 15 días. Se utiliza agua de lluvia que se almacena en estanques o agua de acueducto. El cultivo de piña posee un metabolismo que ahorra agua y por eso en las zonas semisecas de Restrepo puede adaptarse al riego descrito.
Manejo Plagas y Enfermedades	En los estudios de caso. se utilizan bombas de espalda con motor para el manejo de plagas, como Thecla (<i>Strymon basilides</i> Geyer), que es una larva, Cochinilla harinosa (<i>Dysmicoccus brevipes</i> Cockerell) que es una escama, las cuales afectan la parte foliar de la piña, se usan insecticidas como Clorpirifos, Diazinon y Lambdacialotrina. Actualmente se presentan ataques de caracol africano (<i>Achatina fulica</i>), los cuales se recolectan y se eliminan aplicando cal para evitar propagación de parásitos peligrosos. Para los hongos <i>Phytophthora sp.</i> , y <i>Fusarium sp.</i> , que provocan pudrición de la raíz, se realizan aplicaciones al suelo con productos como mancozeb, metalaxil y Fosetil-Al. Las aplicaciones dependen de la aparición de las plagas y/o enfermedades, pero por lo regular se realizan cada 15 días o cada mes.
Cosecha	Es manual, se corta la piña y se saca de los lotes en canastillas plásticas que después se cargan en camionetas que van directo al mercado en restrepo y en otras ciudades cercanas. Los residuos de cosecha son acumulados fuera del lote para facilitar la preparación del terreno de la siguiente siembra.

Tabla 68. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Café asociado, cuenca Dagua (Restrepo).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	Se realiza labranza mínima, aplicando glifosato para el manejo de arvenses, para luego hacer un hoyado de 20x20x20 cm al tresbolillo en contra de la pendiente, al cual se le agrega cal dolomita y luego se procede a hacer una fertilización con triple 15. Se alternan surcos de plátano y de cítricos a los que se les aplican tratamientos de fertilización similares al café; por ser un sistema asociado de plantas de diferentes especies la proliferación de plagas y enfermedades es menor. El café al ser un cultivo permanente en el que se hace renovación de copa por soqueo, la labor de renovación y labranza es esporádica.
Manejo de arvenses	Se alterna guadaña manual y aplicaciones de herbicidas en parcheo para eliminar arvenses que puedan generar competencia o servir de hábitat para plagas y enfermedades, y se mantiene cobertura vegetal en las calles. Estas aplicaciones se realizan, entre otros, con glufosinato de amonio + gramoxone. Se realiza plateo alrededor de cada planta para que los fertilizantes y el agua sean aprovechados por la planta y evitar la competencia.
Riego	En esta zona de alta precipitación y suelos con arcillas alófanas, que retienen humedad, los sistemas de riego no son habituales, por lo general las precipitaciones suplen las necesidades hídricas de las plantas y la producción es altamente dependiente de estas en cuanto a la temporada en que se presenten y en el volumen que lo hagan.
Manejo Plagas y Enfermedades	El café se encuentra adaptado a las condiciones edafoclimáticas de esta área, por lo que no es habitual un alta proliferación de plagas y enfermedades, sin embargo, las más comunes son roya (causado por <i>Hemileia vastatrix</i>), chinche de la chamusquina del café (<i>Monalonion velezangeli</i>) y el minador del café (<i>Leucoptera coffeella</i>); el manejo de la roya se realiza con el sistema denominado “re-re”, el cual consiste en recoger los granos infestados y eliminarlos; para el chinche se realiza algunas aplicaciones en los focos de esta plaga dentro del cultivo, para evitar la adaptación y resistencia a los insumos. La aplicación que se hace cada mes o cada dos meses se hace con bomba de espalda manual o con motor de acuerdo con la disponibilidad.
Fertilización	Se hace al voleo o en corona, aplicando 1.350 kg/ha/año, dividida en dos o tres aplicaciones, se mezcla urea (610 kg), DAP (110 kg), KCL (430 kg), Kieserita (Mg y S, 200 kg).
Cosecha	Se realiza de manera manual, recolectando los frutos directamente de cada árbol.

Tabla 69. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Lulo, cuenca Dagua (Restrepo).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	Se hace labranza mínima, que en zonas de ladera como en la vereda Alto del Oso en Restrepo, consiste en sembrar el cultivo ahoyando en un trazado en triangulo en contra o de forma inclinada a favor de la pendiente, dejando mayor distancia entre calles para facilitar las labores. Se hacen hoyos de 40x40x40cm, y las distancias de siembra manejadas son de 3m entre surcos y 2 m entre plantas; cada hoyo se desinfecta con cal y el suelo con que se rellena el hoyo se mezcla con 4 kg de materia orgánica.
Manejo de arvenses	Los primeros 7 meses del cultivo es necesario realizar un control de arvenses, después que las plantas evitan el paso de luz solar al suelo, el control se reduce sustancialmente. Se usa control mecánico con guadaña en forma de “plateo” y parcheo con herbicidas de contacto y glufosinato de amonio. También se realiza el denominado “aporque”, que consiste en acumular tierra alrededor del tallo de la planta para evitar exposición de raíces y volcamiento.
Riego	En el cultivo evaluado como estudio de caso en la vereda Alto del Oso se aplica riego por goteo con agua de un nacimiento de la misma finca, esto es común en los cultivos semitecnificados de la zona, el riego se usa solo como suplemento en las épocas donde se presentan menos precipitaciones, ya que por estar en la zona húmeda del municipio se presentan lluvias gran parte del año.
Manejo Plagas y Enfermedades	El lulo es susceptible a problemas fitosanitarios que atacan el sistema radical como Marchitez (<i>Fusarium oxysporum</i>), que es causada por un hongo que inhabilita los suelos para la siembra de las especies susceptibles por muchos años, el control que se ha implementado es el injerto en lulo La Selva que es un material vegetal desarrollado por el ICA menos susceptible a este patógeno, de lo contrario es complejo su manejo; en los predios seleccionados como estudios de caso, no se realiza desinfección del calzado para el tránsito entre lotes o el de herramientas. Otro de los patógenos que proliferan en el suelo y que atacan al lulo son los nemátodos, que al igual que el hongo causante de la Marchitez, una vez que se establecen en el suelo su manejo es difícil por su gran resiliencia, lo que posibilita que permanezcan en el suelo durante años con pocos métodos de manejo eficientes, provocando el desplazamiento de los cultivos.
Fertilización	Debido a la alta demanda de nutrientes del lulo, se aplica cada dos meses un fertilizante compuesto (NPK) 10:30:10, en dosis de 200 g/planta y cada seis meses por cada planta 250g de cal dolomita, 30g de elementos menores, 30g de boro; también 5 kg de materia orgánica por planta, teniendo en cuenta que se manejan 1.923 plantas/ha.
Cosecha	La cosecha se hace manual en canastillas que se sacan a la carretera para que sean recogidas por el transporte.

Tabla 70. Resumen de prácticas agronómicas cultivo Caña Panelera, cuenca Dagua (Restrepo).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	Se realiza labranza mínima en surcos contra la pendiente, y en ellos se colocan las semillas (trozos de caña), las cuales se renuevan esporádicamente, por lo que el efecto de la labranza sobre el suelo es todavía menor; no se realiza rotación de cultivos.
Manejo de arvenses	Al usar un sistema de cosecha por lotes soqueando todo el cultivo, no hacen entresaques, en cada lote después de cosecha se presenta un periodo susceptible a la proliferación de arvenses mientras la caña cierra, durante el cual se usan herbicidas para arvenses de hoja ancha y arbustivas que son selectivos a gramíneas, como la caña de azúcar, se usan los herbicidas ametrina y 2-4-D, entre otros.
Riego	En la zona de San Salvador no se usa riego suplementario para la caña panelera debido a las constantes precipitaciones, a la naturaleza de sus suelos arcillosos que retienen la humedad y a la gran resistencia de la caña a periodos de bajas precipitaciones, que les permite a los agricultores manejar el cultivo en estas condiciones.
Manejo Plagas y Enfermedades	Este cultivo es muy resistente a las plagas y enfermedades, por lo que se hacen pocas aplicaciones, con el apoyo de Fedepanela y las tecnologías desarrolladas por Cenicaña los agricultores usan preferentemente control biológico, como avispas (<i>Trichogramma exiguum</i>) que se comercializan en la región para enfrentar a <i>Diatrea sp.</i> ; en caso de presentarse otras plagas y enfermedades aíslan la zona y hacen control químico específico en los focos; en general es un cultivo de muy poco uso de plaguicidas.
Fertilización	Se aplican hongos formadores de micorrizas para mejorar la extracción de fósforo por parte de la caña de azúcar ya que los suelos donde se encuentran plantadas tienden a retener el fósforo presente. La fertilización química se hace aplicando cal dolomita (dosis de 2.000 kg/ha), urea (dosis de 100 kg/ha), DAP (dosis de 150 kg/ha), KCl (dosis de 75 kg/ha), en dos aplicaciones, una a los 30 días posteriores al soqueo del lote y la otra a los 90 días del soqueo, la mitad de las dosis en cada aplicación, la cual se realiza de forma manual al voleo cerca de los tallos y se hace un aporque con azadón para cubrir el fertilizante y para evitar el volcamiento de la caña.
Cosecha	Se realiza de forma manual, cortando todas las plantas del lote y “soqueando”, se realiza la quema de los residuos de cosecha para prepararse para el siguiente ciclo de producción, como cada ciclo tarda 14 meses esta última práctica igual, por lo que el suelo podría recuperarse en este periodo, sin embargo, es necesario realizar muestreos que permitan evaluarlo.

Tabla 71. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Tomate, Pimentón y Ají en casa de malla, cuenca Dagua (Restrepo).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	Para la producción de estos cultivos se usan terrenos planos o con poca inclinación, donde se pueden establecer con algunas restricciones de labranza convencional con tractores y equipos de mediano tamaño; se hacen pases de rastra y se construyen camas a favor de la pendiente y se tienden cintas para riego por goteo. Las distancias de siembra están en 0,5m entre plantas y 1,6m entre hileras, con una densidad de siembra de 12.500 plantas/ha, aunque es variable de acuerdo con la variedad, a las condiciones de clima y del terreno.
Manejo de arvenses	Se realiza un estricto manejo de arvenses, especialmente de gramíneas con herbicidas como clethodim y gramoxone, se hace la aplicación con bomba de espalda con motor y boquillas de cortina con protector para evitar daños en las plantas cultivadas, su frecuencia depende del clima ya que en época de altas precipitaciones las arvenses emergen más rápidamente.
Riego	Se usa riego por goteo con dos cintas en cada cama y se calcula la cantidad de agua a aplicar con un método empírico denominado “prueba del puño”, el cual consiste en tomar un puñado de suelo y apretarlo, si goteo abundantemente se detiene el riego. No se usa el balance hídrico.
Manejo Plagas y Enfermedades	Es muy frecuente ya que este tipo de plantas de la familia solanáceas son muy susceptibles a los ataques de enfermedades, especialmente mildes vellosos muy agresivos y que exigen un control inmediato, por lo que se usan fungicidas preventivos como el mancoceb y sistémicos curativos como metalaxil, propamocarb, entre otros; en época de altas precipitaciones se realizan dos aplicaciones por semana. La aspersión se realiza con una bomba estacionaria ubicada en un área denominada por los agricultores como “de mezclas” y de ahí se conduce por tubería flexible o mangueras a las casas de malla y mediante hidrantes se acoplan las mangueras de fumigación.
Fertilización	Estas plantas son altamente demandantes de nutrientes para obtener una buena producción, se aplican los fertilizantes disueltos en agua usando la bomba estacionaria para llevarlo a cada lote y allí se aplica con mangueras sin boquilla en cada cama, con una frecuencia semanal o quincenal aplicando los elementos que necesita en cada etapa del ciclo, los cuales han sido recomendados por asistentes técnicos de las casas comerciales que los visitan, o algún asistente técnico particular.
Cosecha	Se hace de forma manual en cada planta, recogiendo los frutos en la medida que van entrando en punto de maduración, luego se sacan de la casa de malla para subirlos al vehículo que los transporta hasta el lugar de comercialización.

Tabla 72. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Hortalizas y Maíz, cuenca Dagua (Restrepo).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	En la vereda Río Grande en los límites con el municipio de La Cumbre, se encuentra la parte más baja de Restrepo a 1.100 msnm, es una zona plana a ligeramente inclinada, donde se practica agricultura tecnificada con labranza convencional, construcción de camas, y. A cielo abierto cultivan habichuela, frijol, maíz dulce, y en casa de malla solanáceas como tomate y pimentón.
Manejo de arvenses	En los cultivos a cielo abierto se aplican herbicidas con bomba de espalda y pantalla para evitar toxicidad en las plantas cultivadas; en la casa de malla el uso de herbicidas es más limitado y se usa especialmente en la preparación del terreno.
Riego	Riego por goteo, el agua la obtienen del Río Grande.
Manejo Plagas y Enfermedades	Aplicaciones de plaguicidas. También se usan insumos biológicos a base de microorganismos como <i>Bacillus subtilis</i> y se usan hongos formadores de micorrizas para aumentar el área de exploración de las raíces de los cultivos para transportar agua y elementos como P, Zn y Fe hasta las plantas, los cuales son solubilizados por microorganismos asociados a la micorrizosfera.
Fertilización	Fertilización líquida con maquina estacionaria.
Cosecha	Se hace de forma manual en cada planta, recogiendo los frutos en la medida que van entrando en punto de maduración, luego se sacan de la casa de malla para subirlos al vehículo que los transporta hasta el lugar de comercialización.

7.3. CAMPAÑAS DE MUESTREO DE SUELOS Y AGUAS CUENCA DAGUA MUNICIPIO RESTREPO

En los 10 predios priorizados (cultivos) en la Cuenca Dagua Municipio Restrepo se adelantaron campañas de muestreo de suelos (Tabla 73). Con el fin de establecer las propiedades físicas y químicos de los suelos agrícolas, se obtuvieron 30 muestras de suelo disturbado (3 muestras de suelo por cultivo en lotes diferentes) y 30 muestras de suelo no disturbado (cilindro biselado) para análisis físico; en los diez predios se tomaron muestras de agua para análisis químico durante la temporada de altas precipitaciones; se tomaron cinco muestras de agua adicionales durante la temporada de bajas precipitaciones (Tabla 74).

Tabla 73. Codificación muestras de suelo y agua tomadas en la cuenca Dagua (Restrepo).

Consecutivo Muestra Suelo	Coordenada X	Coordenada Y	Vereda	Finca	Altura (msnm)	Cultivo	Consecutivo Muestra Agua
PDAG-01	-76.51331	3.778671	Tres Puertas	Villaluz	1493	Maíz	PDAG-A-01
PDAG-02	-76.51359	3.778858					
PDAG-03	-76.51337	3.77828					
PDAG-04	-76.50902	3.780447	La Palma	Miraflores	1466	Piña	PDAG-A-02
PDAG-05	-76.50907	3.781331					
PDAG-06	-76.50961	3.779651					
PDAG-07	-76.49544	3.812362	El Porvenir	Julián Andrea	1415	Plátano	PDAG-A-03
PDAG-08	-76.49603	3.81335					
PDAG-09	-76.49727	3.814509					
PDAG-10	-76.4801	3.826827	Alto del Oso	Primavera	1506	Lulo	PDAG-A-04
PDAG-11	-76.47945	3.827674					
PDAG-12	-76.47965	3.828241					
PDAG-13	-76.52022	3.844805	Agua Mona	La Antonia	1450	Aguacate	PDAG-A-05
PDAG-14	-76.52117	3.845447					
PDAG-15	-76.5222	3.844991					
PDAG-16	-76.56847	3.749951	Rio Grande	Samarcanda	1168	Maíz	PDAG-A-06
PDAG-17	-76.57203	3.752784					
PDAG-18	-76.56348	3.754348					
PDAG-19	-76.54386	3.785962	Aguacate	El Placer	1371	Tomate	PDAG-A-07
PDAG-20	-76.54325	3.781523					
PDAG-21	-76.54305	3.782831					
PDAG-22	-76.5991	3.792094	San Salvador	El Descanso	1450	Caña Panelera	PDAG-A-08
PDAG-23	-76.59354	3.791132					
PDAG-24	-76.59418	3.788845					
PDAG-25	-76.61439	3.826081	La Belmira	El Porvenir	1425	Plátano	PDAG-A-09
PDAG-26	-76.61413	3.825577					
PDAG-27	-76.61465	3.825657					
PDAG-28	-76.53878	3.809997	San Pablo	La Caja	1380	Pimentón	PDAG-A-10
PDAG-29	-76.53923	3.81075					
PDAG-30	-76.53918	3.811698					

Tabla 74. Sitios de muestreo de aguas durante la temporada de bajas precipitaciones. Cuenca Dagua (Restrepo).

Consecutivo Muestra Agua	Coordenada X	Coordenada Y	Predio/Zona
PDAG-A-11	-76.53878	3.809997	La Caja
PDAG-A-12	-76.520216	3.844805	La Antonia Riachuelo
PDAG-A-13	-76.520216	3.844805	La Antonia Reservorio
PDAG-A-14	-76.520216	3.844805	La Antonia Río
PDAG-A-15	-76.568467	3.749951	Samarcanda Río

Los 10 predios donde se realizó el muestreo se encuentran en su mayoría en la zona de ladera (60%), y el resto en áreas con pendiente inclinada y plana, cada una con 20%; el 50% de los predios manejan cultivos semipermanentes, y el porcentaje restante se divide entre transitorio y permanente, con 30 y 20%, respectivamente; predominan los agroecosistemas en policultivo y monocultivo, cada uno con un 40% de los predios, y solo el 20% de estos manejan cultivos asociados. En cuanto al acceso a tecnología, el 50% de los predios se manejan de forma tradicional, y solo el 30% se clasifica como tecnificado; por otro lado, el 60% de los predios muestreados desarrollan sus actividades sobre andisoles, 30% sobre inceptisoles, y en alfisoles solo el 10%.

Los principales ordenes de suelo en el área de estudio son: alfisoles, andisoles, entisoles e inceptisoles. Esta información, junto a los cultivos principales relacionados en la cuenca, permitieron identificar cinco zonas a muestrear y seis cultivos a priorizar, relacionados a continuación (Figura 85):

- Zona 1: corregimientos La Palma, vereda Tres Puertas; cultivos priorizados: Piña y asociación de cultivos (maíz, frijol, aguacate, cítricos, entre otros).
- Zona 2: veredas Aguamona y Alto del Oso; cultivos priorizados: Plátano y lulo.
- Zona 3: veredas San Pablo y El Aguacate, cultivos priorizados: Piña y pimentón en invernadero.
- Zona 4: corregimiento San Salvador; cultivos priorizados: Caña panelera y tomate en invernadero.
- Zona 5: veredas Alto Zabaletas y Bajo Zabaletas; cultivos priorizados: Café asociado con plátano.

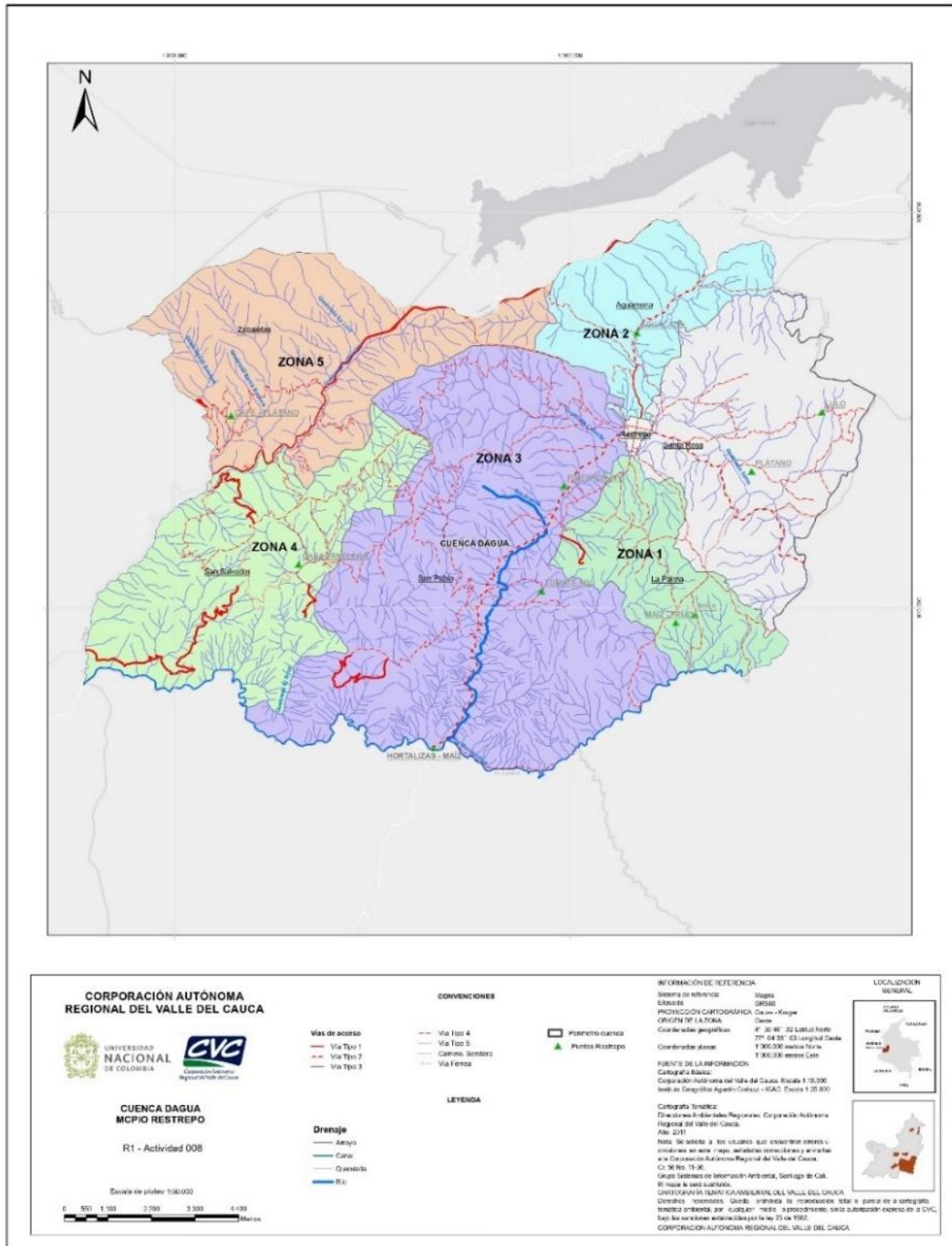


Figura 85. Zonas de muestreo identificadas en la cuenca Dagua (municipio Restrepo). Fuente: Elaboración equipo técnico del proyecto. Anexo 6.

7.4. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN LA CUENCA DAGUA- MUNICIPIO RESTREPO

De acuerdo con los resultados de los análisis de suelo de la cuenca Dagua (municipio de Restrepo), se logró establecer que hay seis zonas representativas con características diferenciales:

Zona del corregimiento de La Palma: Donde se presentan movimientos en masa, cárcavas, erosión superficial evidente correspondiente a las veredas La Palma, Tres Puertas y en donde se tomaron 2 estudios de caso, los predios Miraflores (Piña) y Villa Luz (Maíz asociado con frijol). Estos suelos presentan una reacción extremadamente ácida, pérdida de bases y exceso de hierro, no tienen presencia de aluminio, pero denotan degradación física por escorrentía, cárcavas y acidificación (degradación química) por pérdida de bases.

Zona del corregimiento de Santa Rosa: Donde se tomaron dos estudios de caso, los predios Julianandrea (Plátano) y Primavera (Lulo). Son suelos cafeteros de reacción ligeramente ácida, altos contenidos de materia orgánica, buena fertilidad, de textura franca, con alto contenido de bases Ca, Mg y K, presentan contenidos muy altos de hierro, cobre y zinc, el fósforo está disponible en buena cantidad.

Zona del corregimiento San Pablo: En el que en la parte media del corregimiento se tomó un el estudio de caso del predio La Caja (Pimentón en casa de malla) y en la parte de baja en la vereda El Aguacate, el predio El Placer (Tomate en casa de malla), los suelos encontrados en son francos arcillosos, de reacción ligeramente ácida, buen contenido de materia orgánica, altos contenidos de Ca, Mg y K, contenidos adecuados de fósforo y muy altos de hierro y cobre. En el corregimiento de San pablo en la parte baja, límite con el municipio La Cumbre y en la vereda Rio Grande, el predio Samarcanda (Hortalizas y Maíz), los suelos presentan reacción neutra, con buenos contenidos de materia orgánica, fosforo excesivamente alto, altos contenidos de bases intercambiables Ca, Mg y K, hierro y manganeso en cantidades adecuadas.

Zona del corregimiento de Aguamona: Al norte del municipio en límites con Calima Darién, se tomó el estudio de caso del predio La Antonia (Aguacate y Plátano), presenta suelos moderadamente ácidos, con adecuada materia orgánica, con muy alto hierro y cobre, bajos contenidos de fósforo y de textura franca a franco arcillosa.

Zona corregimiento San Salvador: En el predio El Descanso (Caña Panelera), presenta suelos neutros a ligeramente ácidos, de textura arcillosa, contenidos adecuados de materia orgánica, altos contenidos de calcio y magnesio, posibles deficiencias de potasio.

Zona corregimiento Zabaletas: En el nororiente en límites con el municipio de Loboguerrero en el corregimiento de Zabaletas, vereda la Belmira, se tomó el estudio

de caso del predio El Porvenir (Café asociado con Plátano y Cítricos), allí se presentan suelos moderadamente ácidos, ricos en materia orgánica, altos contenidos de Ca, Mg, K y S, buena fertilidad y contenidos muy altos de hierro con posibles deficiencias de fósforo.

La zona de ladera, que constituye más del 90% del área cultivada del municipio de Restrepo, solo el 13% de los suelos muestra dos presentan indicios de compactación, el 29% tienen conductividad hidráulica lenta a muy lenta, todos tienen una agregación media y el 50% presenta baja estabilidad estructural.

En la zona con pendiente inclinadas a plana: 5 de las 6 muestras presentan indicios de compactación, y baja estabilidad estructural, agregación media y son ligeramente estables a inestables.

Con relación a las propiedades químicas se realizó un análisis de varianza de un solo factor por cada variable evaluada en el análisis de suelo; el factor es el tipo de cultivo, el cual se refiere a cada uno de los cultivos establecidos en los predios evaluados (maíz, pimentón, caña panelera, tomate, plátano, aguacate, luco, café y piña).

7.4.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

Tal y como se observa en la Figura 86 y en la Tabla 75, el 40% de los predios presenta un pH moderadamente ácido (5,5 a 6,0), otro 40% presenta un pH ligeramente ácido (6,0-6,5), lo que puede dificultar la disponibilidad para las plantas de algunos nutrientes; un 10% de los predios presenta un pH extremadamente ácido (<5,0), cuya disponibilidad de nutrientes es limitada y por tanto se deben realizar correcciones y constantes aplicaciones de fertilizantes para suplirlo; solo en un predio (10%), Samarcanda (Maíz), se presenta un pH neutro, lo que presupone una buena disponibilidad de nutrientes para las plantas. En cuanto al análisis de varianza, se observa que el predio Miraflores (Piña), con el menor promedio, presenta diferencias significativas con el resto de los predios, la mayoría de los cuales presentan similitudes estadísticas entre sí, al menos los siete que se encuentran en el grupo C, solo se diferencian La Caja (Pimentón) y Samarcanda, aunque comparten el grupo A con dos predios que también se encuentran en el C, es el caso de El Placer (Tomate) y El Descanso (Caña Panelera).

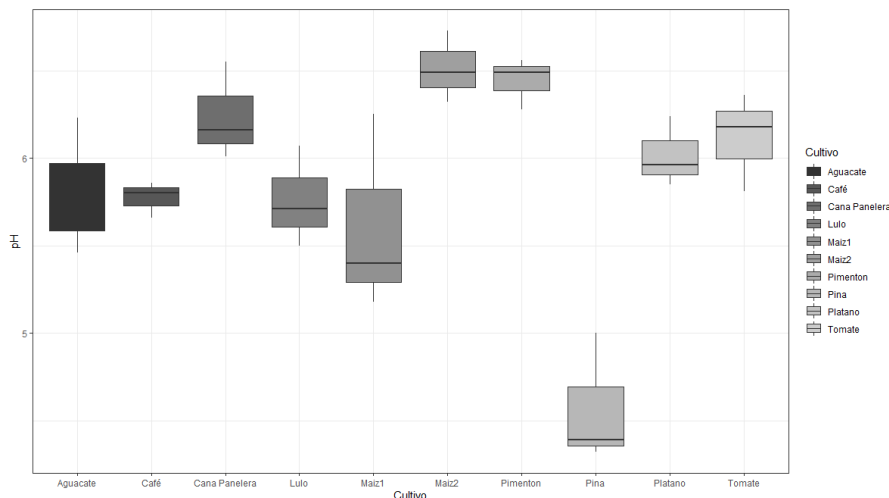


Figura 86. Potencial de Hidrogeno (pH), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

Tabla 75. pH, CE, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	pH	Int pH	G	CE (dS/m)	Int CE	G
Samarcanda	Maiz2	6.51	Neutro	a	0.61	Ninguna salinidad	ab
La Caja	Pimentón	6.44	Ligeramente acido	ab	0.51	Ninguna salinidad	bc
El Descanso	Caña Panelera	6.24	Ligeramente acido	abc	0.17	Ninguna salinidad	d
El Placer	Tomate	6.12	Ligeramente acido	abc	0.36	Ninguna salinidad	bc
Julianadrea	Plátano	6.02	Ligeramente acido	bc	0.43	Ninguna salinidad	bc
La Antonia	Aguacate	5.80	Moderadamente acido	c	0.38	Ninguna salinidad	bc
Primavera	Lulo	5.76	Moderadamente acido	c	0.42	Ninguna salinidad	bc
El Porvenir	Café	5.77	Moderadamente acido	c	0.33	Ninguna salinidad	bcd
Villa Luz	Maiz1	5.61	Moderadamente acido	c	0.24	Ninguna salinidad	cd
Miraflores	Piña	4.57	Extremadamente acido	d	0.90	Ninguna salinidad	a

*Int: Interpretación. G: Grupo.

7.4.2. Conductividad Eléctrica (CE)

Como se observa en la Figura 87 y en la anterior, se observa que en ninguno de los predios se presenta salinidad y se encuentran lejos de presentar al menos un nivel escaso (>2 dS/m); sin embargo, las medias y demás métricas estadísticas, sí que reflejan algunos similitudes y semejanzas, de acuerdo con el análisis de varianza, los predios se encuentran divididos en cuatro grupos (A, B, C y D); en el grupo C se encuentran la mayor parte, siete predios, algunos de los cuales comparten similitudes con otros grupos; el grupo A esta conformado por los dos predios con mayor promedio (Miraflores y Samarcanda); en el grupo D se ubicaron los de menor promedio (El Porvenir, Villa Luz y El Descanso).

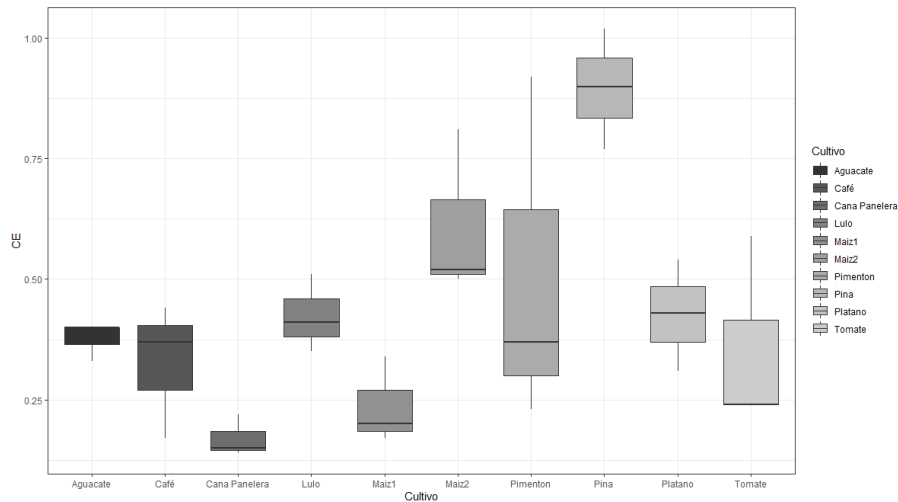


Figura 87. Conductividad Eléctrica (CE), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

7.4.3. Materia Orgánica (MO) y Carbono Orgánico (CO)

Como se observa en la Figura 88 y en la Tabla 76, los contenidos de MO en el suelo de los predios seleccionados como estudios de caso, se categorizaron en un 50% como medios, en un 30% como altos y en el restante 20% como bajos; situación similar se presenta con el CO (Figura 89); es importante destacar que los contenidos de MO y CO son más altos en aquellos predios en los que la cobertura vegetal es más prolongada durante todo el año, y más bajos en donde se implementan constantemente cultivos transitorios, cuya cobertura del suelo durante el año depende del crecimiento de la planta. En cuanto al análisis de varianza, se presenta cinco grupos, A, B, C, D y E, entre los que destacan los del grupo A y E, los primeros son los de mayor promedio, los tres predios con categorización de altos contenidos de MO, y el último los dos predios categorizados con bajos contenidos de MO; en el resto de los grupos se encuentran combinaciones de los diferentes predios.

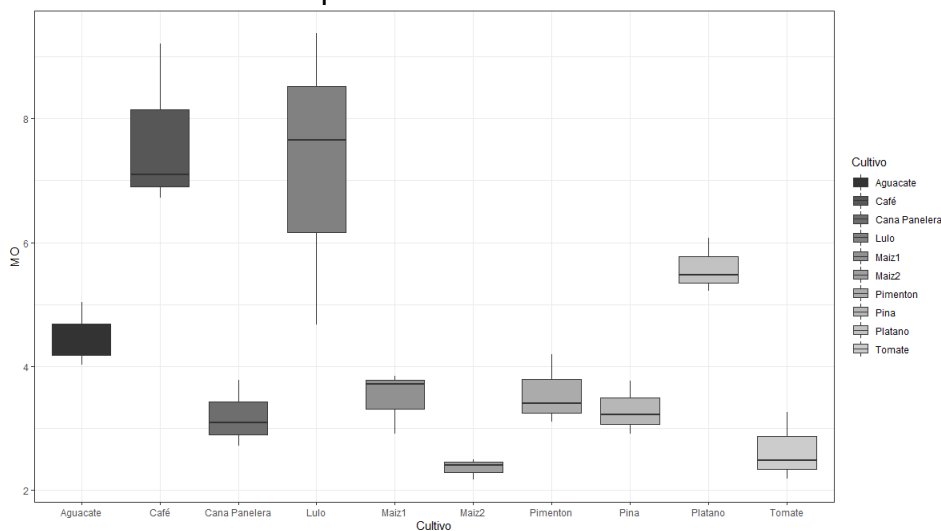


Figura 88. Materia Orgánica (MO), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

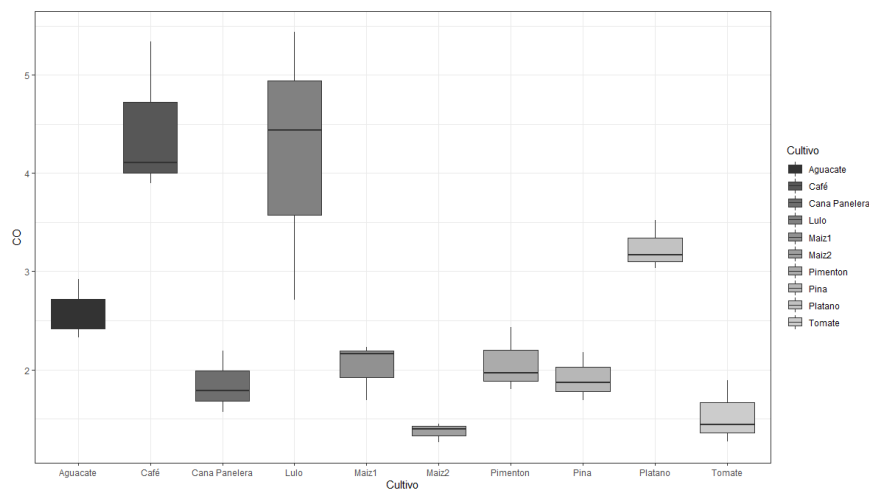


Figura 89. Carbono Orgánico (CO), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

Tabla 76. MO, CO, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	MO (g/100g)	Int MO	G	CO (g/100g)	G
El Porvenir	Café	7.67	Alta	a	4.45	a
Primavera	Lulo	7.23	Alta	a	4.20	a
Julianandrea	Plátano	5.59	Alta	ab	3.24	ab
La Antonia	Aguacate	4.46	Media	bc	2.59	bc
La Caja	Pimentón	3.56	Media	c	2.07	c
Villa Luz	Maiz1	3.49	Media	c	2.03	c
Miraflores	Piña	3.30	Media	cd	1.91	cd
El Descanso	Caña Panelera	3.19	Media	cd	1.85	cd
El Placer	Tomate	2.64	Baja	de	1.53	de
Samarcanda	Maiz2	2.36	Baja	e	1.37	e

*Int: Interpretación. G: Grupo.

7.4.4. Bases Intercambiables del Suelo (Ca, Mg, K y Na)

Como se observa en la Figura 90 y en la Tabla 77, los contenidos de Ca en los predios seleccionados son altos (>6 cmol/kg), excepto en el predio Miraflores (Piña), cuyos contenidos se categorizan como medios (3 a 6 cmol/kg); en cuanto al análisis de varianza, se conformaron tres grupos, A, B y C, en el primero de los cuales se encuentran los cuatro predios con mayor promedio, La Caja (Pimentón), Samarcanda (Maíz), Julianandrea (Plátano) y El Descanso (Caña Panelera); en el grupo B y C, se presentan diferentes combinaciones de predios, en el C se encuentran los cinco predios con menor promedio, es decir, aunque el predio Miraflores es el único con un contenido medio de Ca, desde el punto de vista estadístico es similar a otros cuatro predios: El Placer (Tomate), Primavera (Lulo), El Porvenir (Café) y Villa Luz (Maíz).

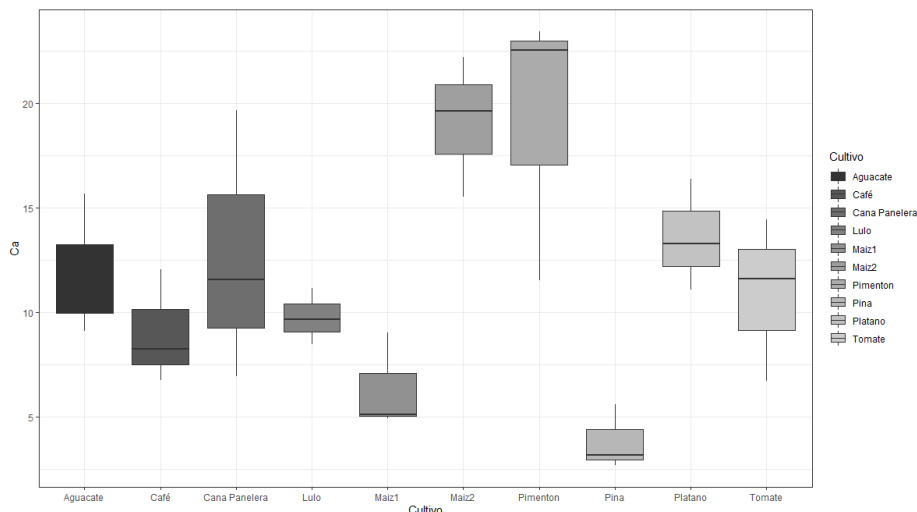


Figura 90. Contenido de Calcio (Ca), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

Tabla 77. Bases intercambiables del suelo, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	cmol/kg														
		Calcio			Magnesio			Potasio			Sodio			CICE		
		Ca	Int	G	Mg	Int	G	K	Int	G	Na	Int	G	CICE	Int	G
La Caja	Pimentón	19.18	Alto	a	6.72	Alto	ab	0.67	Alto	bcd	0.16	Bajo	bc	26.71	Alto	ab
Samarcanda	Maiz2	19.11	Alto	a	8.61	Alto	a	0.84	Alto	abc	0.24	Bajo	a	28.80	Alto	a
Julianandrea	Plátano	13.58	Alto	ab	3.25	Alto	bc	1.34	Alto	a	0.13	Bajo	c	18.26	Medio	abc
El Descanso	Caña Panelera	12.73	Alto	ab	6.05	Alto	abc	0.23	Medio	e	0.14	Bajo	c	19.14	Medio	abc
La Antonia	Aguacate	11.86	Alto	b	3.83	Alto	bc	0.68	Alto	bcd	0.13	Bajo	c	16.53	Medio	bc
El Placer	Tomate	10.91	Alto	bc	3.48	Alto	bc	0.47	Alto	cde	0.20	Bajo	ab	15.05	Medio	bcd
Primavera	Lulo	9.75	Alto	bc	1.90	Medio	de	1.26	Alto	ab	0.13	Bajo	c	13.01	Medio	cd
El Porvenir	Café	9.01	Alto	bc	2.83	Alto	cd	0.50	Alto	cde	0.13	Bajo	c	12.46	Medio	cd
Villa Luz	Maiz1	6.35	Alto	bc	2.65	Alto	cd	0.42	Alto	de	0.13	Bajo	c	9.63	Bajo	de
Miraflores	Piña	3.81	Medio	c	1.30	Bajo	e	0.53	Alto	cd	0.13	Bajo	c	6.65	Bajo	e

*Int: Interpretación. G: Grupo.

En la Figura 91 se observa el comportamiento en el contenido de Mg en cada uno de los predios; de la anterior se extrae que todos obtuvieron un alto contenido en este elemento (>2,5 cmol/kg), con excepción de Primavera con contenido categorizado como medio (1,5 a 2,5 cmol/kg) y Miraflores con un contenido bajo (<1,5 cmol/kg); se presentan cinco grupos: A, B, C, D y E; en el grupo E solo se encuentra el predio Miraflores, el de menor promedio y categorizado como con contenidos bajos; en el grupo A, se encuentran tres predios: La Caja, Samarcanda y El Descanso, los de mayor promedio; en los restantes grupos se encuentran combinaciones de predios.

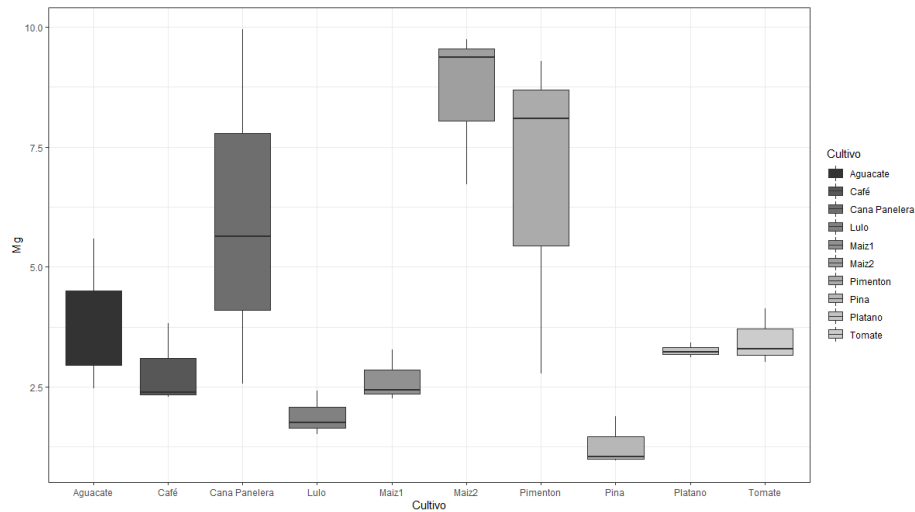


Figura 91. Contenido de Magnesio (Mg), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Figura 92, se presentan los contenidos de K para cada predio, destacan los predios Julianandrea (Plátano) y Primavera (Lulo), como los de mayor media, aunque con una variabilidad alta; de la Tabla 77 se extrae que todos los predios presentan altos contenidos de este elemento ($>0,4$ cmol/kg), excepto El Descanso (Caña Panelera), que presenta contenidos medios (0,2 a 0,4 cmol/kg); en el análisis de varianza se conformaron cinco grupos: A, B, C, D y E; en el grupo A se encuentran los tres predios con mayor promedio: Julianandrea (Plátano), Primavera (Lulo) y Samarcanda (Maíz); en el grupo E se encuentran los de menor promedio: El Porvenir (Café), El Placer (Tomate), Villa Luz (Maíz) y El Descanso (Caña Panelera).

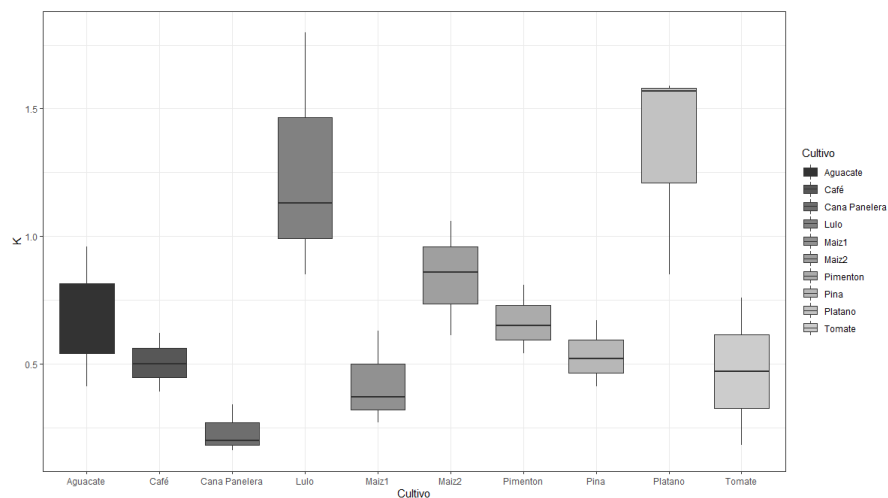


Figura 92. Contenido de Potasio (K), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

En cuanto al sodio (Na), en la Figura 93 y en la Tabla 77 se evidencia que todos los predios presentan bajos contenidos de este elemento, sin embargo, el análisis de

varianza se establecieron tres grupos: A, B y C; el grupo A se encuentran los de más alto promedio: Samarcanda (Maíz) y El Placer (Tomate); en el grupo b además de El Placer, también se encuentra La Caja (Pimentón); en el grupo C, además de La Caja, se encuentran el resto de los predios.

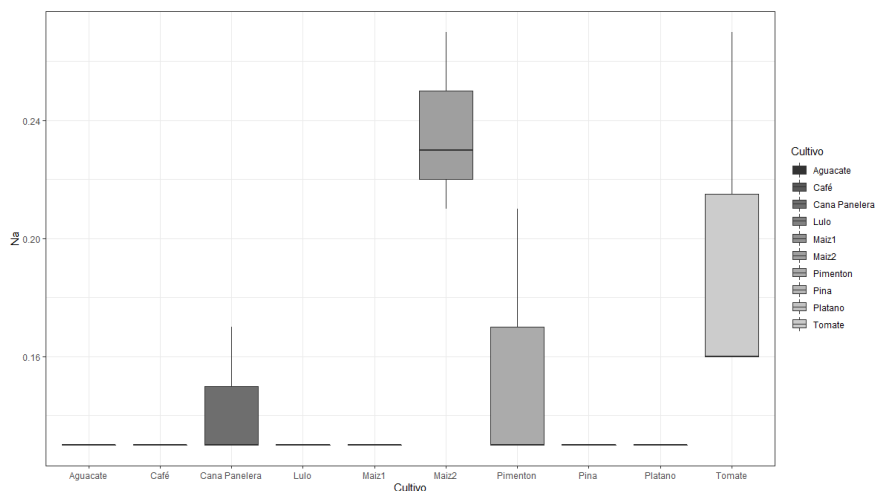


Figura 93. Contenido de Sodio (Na), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Figura 94 se presentan la CICE en cada predio; de la Tabla 77 se establece que el 60% de los predios presentan niveles medios (10-20cmol/kg); otro 20% presenta altos niveles (>20cmol/kg), los cuales son los predios: Samarcanda y La Caja; el restante 20% presenta niveles bajos (<10 cmol/kg), los predios son: Villa Luz y Miraflores. En el análisis de varianza destaca que estos dos últimos predios componen el grupo E, los de menor promedio; en el grupo A, se encuentran los de mayor promedio que además de estar compuesto por los dos predios con contenidos altos mencionados, también se encuentran Julianandrea y El Descanso. A diferencia de la MO cuyos mayores contenidos se encontraron en los predios que manejaban cultivos permanentes, la mayor CICE se encontró en predios con cultivos semipermanentes y transitorios.

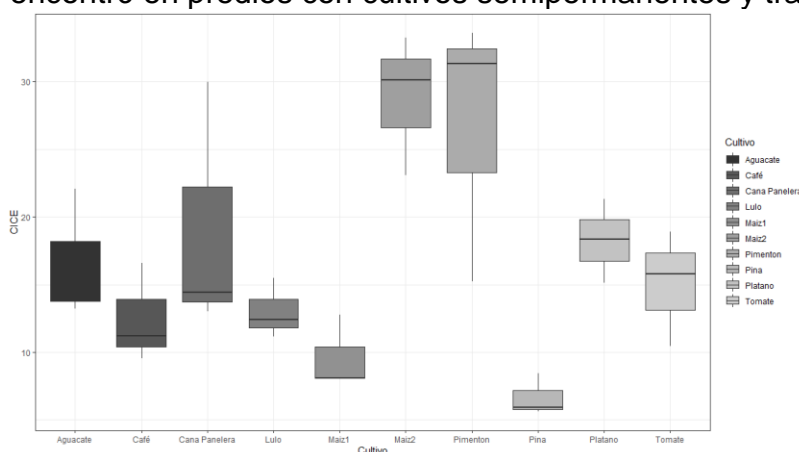


Figura 94. Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

7.4.5. Relaciones Entre Bases Intercambiables del Suelo

En cuanto a las relaciones entre bases, en la Figura 95 y la Tabla 78, en donde se aprecia que en todos los predios se presenta una relación ideal de Ca/Mg, excepto en el predio Primavera (Lulo), en el que ocurre una deficiencia de Mg; sin embargo, desde el punto de vista estadístico, este predio comparte similitudes con el predio Julianandrea, ambos dentro del grupo A; este último no presenta diferencias significativas con otros seis predios, que se encuentran dentro del grupo B; el grupo C se encuentra compuesto por los ocho predios con menor promedio en esta relación de bases.

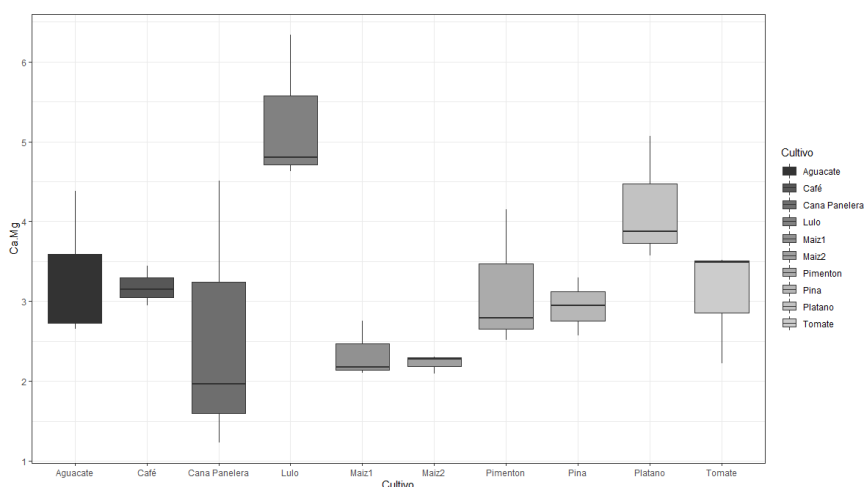


Figura 95. Relación Ca/Mg en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

Tabla 78. Relaciones entre bases intercambiables, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	Relación Ca/Mg			Relación Ca/K			Relación Mg/K			Relación Ca+Mg/K		
		Ca/Mg	Int	G	Ca/K	Int	G	Mg/K	Int	G	Ca+Mg /K	Int	G
Primavera	Lulo	5.26	Deficiencia Mg	a	8.22	Adecuado	de	1.59	Aceptable	e	9.81	Adecuado K	d
Julianandrea	Plátano	4.17	Ideal	ab	10.60	Adecuado	cde	2.62	Aceptable	cde	13.23	Adecuado K	cd
La Antonia	Aguacate	3.28	Ideal	bc	18.95	Adecuado	abc	6.42	Aceptable	bcd	25.37	Adecuado K	bc
El Porvenir	Café	3.18	Ideal	bc	17.74	Adecuado	abc	5.60	Aceptable	bcd	23.35	Adecuado K	bc
La Caja	Pimentón	3.15	Ideal	bc	30.69	Deficiencia K	ab	10.90	Aceptable	ab	41.59	Deficiencia K	ab
El Placer	Tomate	3.08	Ideal	bc	36.56	Deficiencia K	abc	11.23	Aceptable	ab	47.79	Deficiencia K	ab
Miraflores	Piña	2.94	Ideal	bc	6.98	Adecuado	e	2.40	Aceptable	de	9.38	Adecuado K	d
El Descanso	Caña Panelera	2.57	Ideal	bc	67.05	Deficiencia K	a	30.55	Deficiencia K	a	97.60	Deficiencia K	a
Villa Luz	Maiz1	2.35	Ideal	c	17.06	Adecuado	bcd	7.15	Aceptable	bc	24.21	Adecuado K	bc
Samarcanda	Maiz2	2.23	Ideal	c	23.06	Adecuado	abc	10.37	Aceptable	ab	33.43	Adecuado K	ab

*Int: Interpretación. G: Grupo.

Por otro lado, se observa en la Figura 96 y en la anterior, que el 70% de los predios presentan una relación Ca/K adecuada, con excepción de los predios La Caja, El Placer y El Descanso, en los que ocurre deficiencia de K. El análisis de varianza genero cinco grupos: A, B, C, D y E; en el grupo A se encuentran el 60% de los

predios, los tres con deficiencia de K, además de Samarcanda, El Porvenir y La Antonia; en el grupo E se encuentran los tres predios con menor promedio en la relación y los cuales presentan un nivel adecuado: Julianandrea, Primavera y Miraflores.

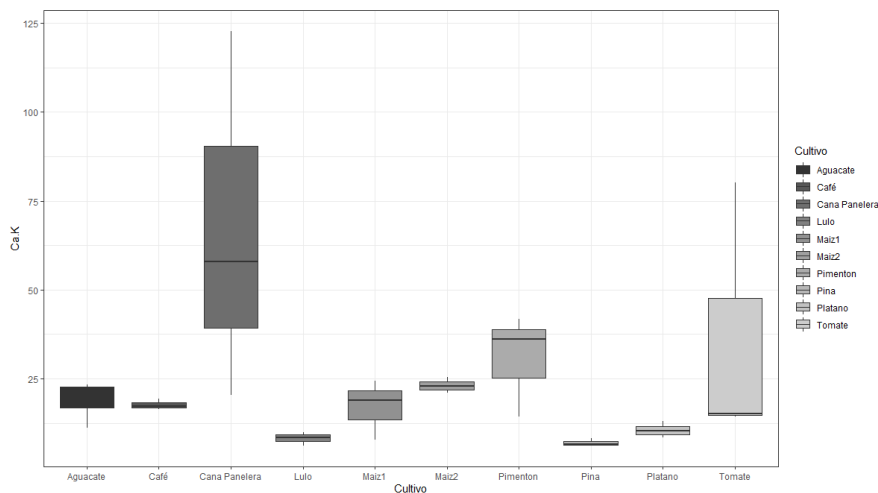


Figura 96. Relación Ca/K en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Figura 97 se observa la relación Mg/K, que de acuerdo con la Tabla 78 es aceptable en todos los predios, excepto en El Descanso, el cual presenta deficiencia de K; las diferencias significativas entre la relación Mg/K de cada predio genero cinco grupos: A, B, C, D y E; en el grupo A se encuentra El Descanso junto a otros tres predios, los cuales tienen el promedio más alto; por el contrario, en el grupo B se encuentran los tres predios con el menor promedio en esta relación.

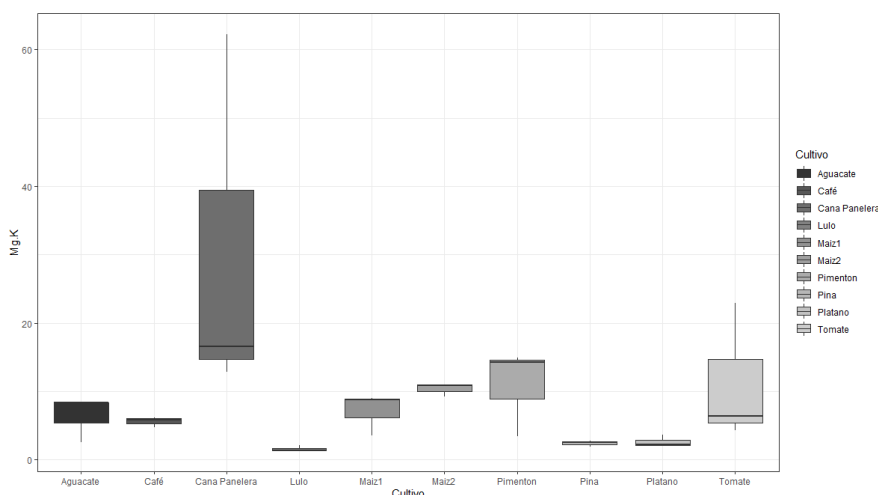


Figura 97. Relación Mg/K en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

Para la relación Ca+Mg/K se presenta la Figura 98; de la Tabla 78 se obtiene que en el 70% de los predios posee adecuados contenidos de K, y en el restante 30% se presenta deficiencia de K, estos predios son: El Descanso, La Caja y Samarcanda. El

análisis de varianza genero cuatro grupos: A, B, C y D; en el grupo A se encuentran los tres predios con deficiencia de K y el predio El Placer, es decir no hay diferencias significativas entre estos; en el grupo D se encuentran los predios con el menor promedio en esta relación: Julianandrea, Primavera y Miraflores, los cuales poseen un adecuado contenido de K en comparación con los de Ca y Mg.

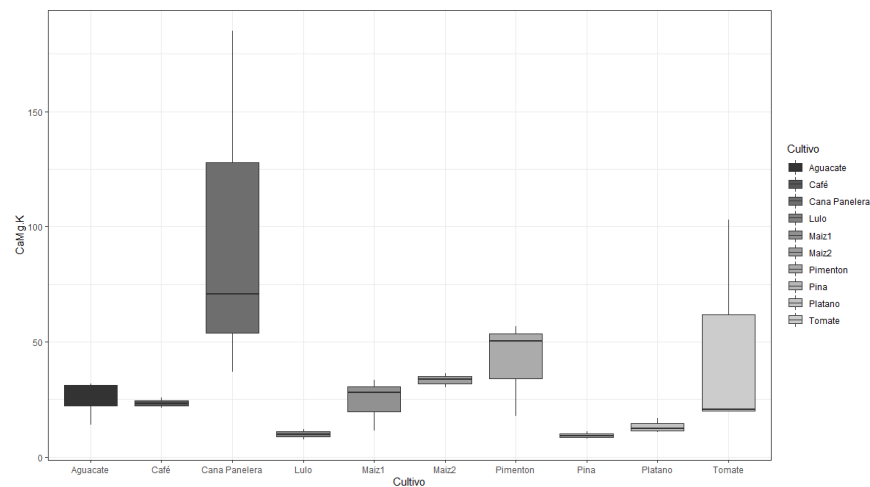


Figura 98. Relación Ca+Mg/K en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

7.4.6. Elementos Menores y Fósforo (P)

En la Figura 99 se presentan los contenidos de B en cada predio, destacan los predios Samarcanda (Maíz) y La Caja (Pimentón) como los de la media más alta; en la Tabla 79 se aprecia que el 70% de los predios poseen un contenido medio de este micronutriente (0,2 a 0,4 mg/kg), el restante 30% posee contenidos altos (>0,4 mg/kg). De acuerdo con el análisis de varianza, se generaron cuatro grupos: A, B, C y D, en cada uno de los cuales no se presenta diferencias significativas; en el grupo A se encuentran los tres predios con mayor promedio en este micronutriente, destacan que se manejan cultivos transitorios; en el grupo D se encuentran siete predios, los de menor promedio, no parecen presentarse alguna diferencia espacial o por tipo de cultivo, pues en este grupo se encuentran cultivos permanentes, semipermanentes y transitorios.

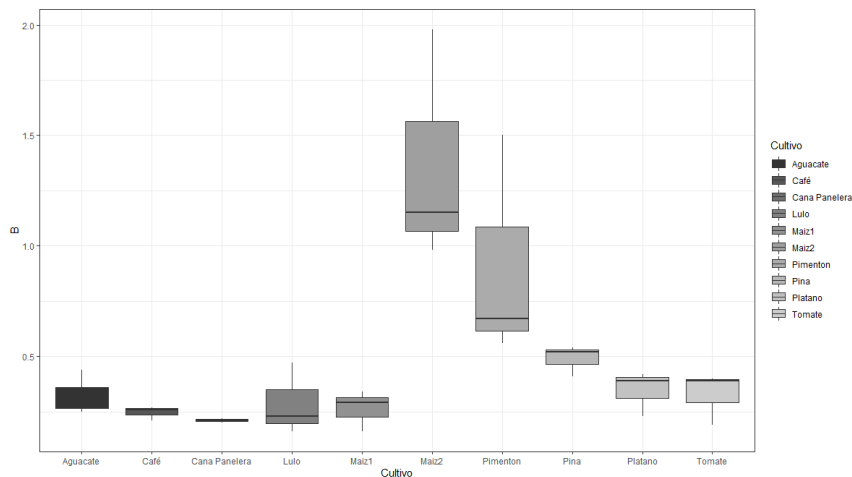


Figura 99. Contenidos de Boro (B), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

Tabla 79. Elementos menores, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	(mg/kg)																	
		Boro			Hierro			Cobre			Manganeso			Zinc			Fosforo		
		B	Int	G	Fe	Int	G	Cu	Int	G	Mn	Int	G	Zn	Int	G	P	Int	G
Samarcanda	Maíz2	1.37	Alto	a	54.70	Alto	d	15.84	Alto	a	4.16	Bajo	de	5.51	Alto	a	711.98	Muy Alto	a
La Caja	Pimentón	0.91	Alto	ab	61.24	Alto	d	5.75	Alto	abc	5.55	Medio	d	4.97	Alto	ab	16.90	Alto	b
Miraflores	Pina	0.49	Alto	abc	230.53	Alto	a	5.75	Alto	bc	42.13	Alto	a	4.91	Alto	ab	25.48	Muy Alto	b
Julianandrea	Plátano	0.35	Medio	bcd	101.73	Alto	bcd	3.79	Alto	bc	5.70	Medio	cd	5.03	Alto	ab	21.70	Muy Alto	b
La Antonia	Aguacate	0.32	Medio	bcd	157.46	Alto	ab	8.64	Alto	ab	13.53	Alto	ab	4.23	Alto	abc	6.24	Bajo	cd
El Placer	Tomate	0.33	Medio	cd	112.17	Alto	bcd	7.71	Alto	abc	5.96	Medio	d	2.05	Medio	cd	15.78	Alto	b
El Porvenir	Café	0.25	Medio	cd	195.16	Alto	ab	3.18	Alto	c	3.06	Bajo	e	2.76	Medio	bcd	9.47	Normal	bc
Villa Luz	Maíz1	0.26	Medio	cd	204.40	Alto	ab	6.38	Alto	abc	11.91	Alto	bc	3.15	Alto	abcd	3.72	Bajo	d
Primavera	Lulo	0.29	Medio	cd	116.66	Alto	abc	5.35	Alto	bc	7.33	Medio	bcd	4.27	Alto	abc	8.98	Normal	bc
El Descanso	Caña Panelera	0.21	Medio	d	68.75	Alto	cd	3.50	Alto	c	6.64	Medio	bcd	1.21	Bajo	d	2.07	Bajo	d

*Int: Interpretación. G: Grupo.

En cuanto a los contenidos de Fe, en la Figura 100 se observa que los de mayor promedio son los predios: Miraflores, Villa Luz y El Porvenir; de la Tabla anterior se extrae que todos los predios poseen altos contenidos de este elemento (>50mg/kg). El análisis de varianza genera cuatro grupos: A, B, C y D; los predios que solo pertenecen al grupo D son los dos de menor promedio: La Caja y Samarcanda, en ambos se manejan cultivos transitorios; el predio que solo pertenece al grupo A es el de mayor promedio y en el cual se maneja un cultivo semipermanente; en el resto de los grupos se presentan combinaciones de predios, con cultivos permanentes, semipermanentes y transitorios, tampoco parece existir diferencias de tipo espacial.

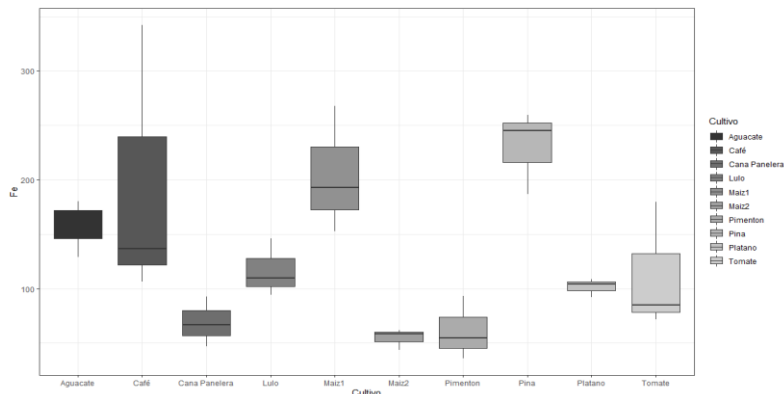


Figura 100. Contenidos de Hierro (Fe), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Figura 101 se encuentran los contenidos de Cu en cada predio, destaca el predio Samarcanda con el mayor promedio; de acuerdo con la Tabla 79, todos los predios presentan un alto contenido de este micronutriente (>3mg/kg). En el análisis de varianza se generaron tres grupos: A, B y C; en el grupo C, se encuentran los predios con menor promedio, los que solo pertenecen al grupo C, se destaca que manejan cultivos permanentes (Café y Caña Panelera); en el grupo A se encuentran los de mayor promedio, el predio que solo se encuentra en este grupo se destaca por manejar cultivos transitorios, además, se encuentra en la zona más baja del municipio de Restrepo y sobre inceptisoles.

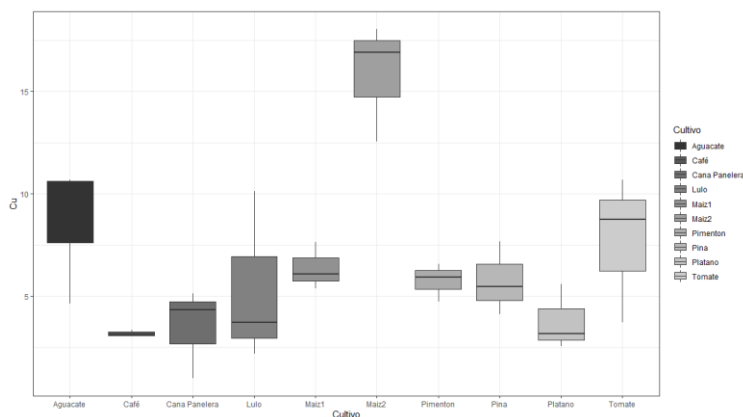


Figura 101. Contenidos de Cobre (Cu), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Figura 102 se observan los contenidos de Mn en los predios seleccionados, destaca el predio Miraflores como el de mayor promedio; de acuerdo con la Tabla 79, los contenidos del 50% de los predios son categorizados como medios (5 a 10mg/kg), 30% presentan contenidos altos (>10mg/kg), y el restante 20% tiene contenidos bajos (<5mg/kg). El análisis de varianza genero cinco grupos: A, B, C, D y E; en el grupo A se encuentran los predios con mayor promedio, el predio que solo se encuentra en este grupo, Miraflores, maneja un cultivo semipermanente (Piña); entre los dos predios que se encuentran en el grupo E, el que solo se encuentra en este grupo, El Porvenir, maneja un cultivo permanente (Café).

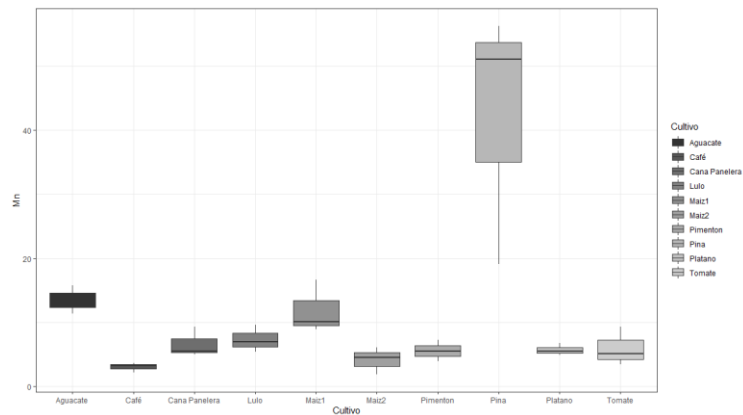


Figura 102. Contenidos de Manganeso (Mn), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Figura 103 se encuentran los contenidos de Zn en los predios seleccionados, se presentan similitudes en los contenidos de al menos seis predios: Samarcanda, Juliandrea, La Caja, Miraflores, Primavera y La Antonia; de acuerdo con la Tabla 79, en el 70% de los predios se presentan altos contenidos del micronutriente (>3mg/kg), el 20% de los predios tienen contenidos medios (1,5 a 3mg/kg) y el 10% restante posee un contenido bajo (<1,5mg/kg). El análisis de varianza genero cuatro grupos: A, B, C y D; en el grupo A se encuentran los del promedio más alto, el predio que solo pertenece a este grupo, Samarcanda, maneja cultivos transitorios (Maíz); en el grupo D se encuentran los predios con menor promedio, el predio que solo se encuentra en este grupo, El Descanso, es también el predio con bajos contenidos en este elemento, en el cual se manejan cultivos permanentes (Caña Panelera).

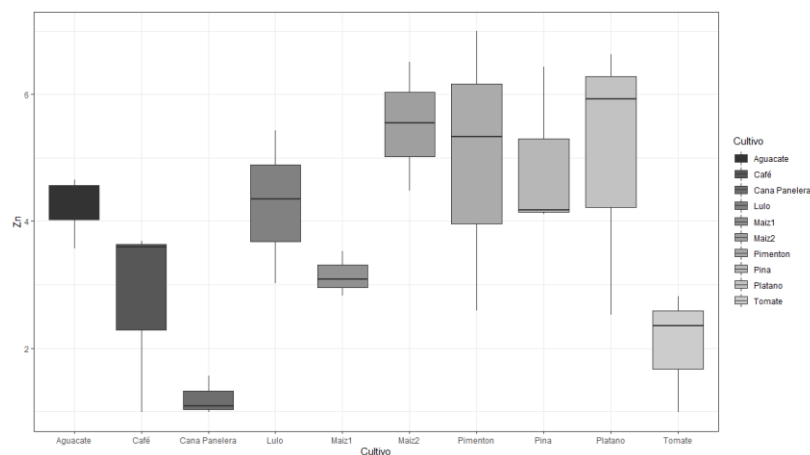


Figura 103. Contenidos de Zinc (Zn), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Figura 104 se presentan los contenidos de P en cada predio seleccionado, destaca el predio Samarcanda por el contenido inusualmente alto; de acuerdo con la Tabla 79, en el 50% de los predios se presentan altos o muy altos contenidos de este elemento (13 a 21 y >21mg/kg, respectivamente), otro 30% presenta bajos contenidos (<8mg/kg) y el restante 20% posee contenidos normales (8 a 13mg/kg). El análisis de

varianza genero cuatro grupos: A, B, C y D; en el grupo A solo se encuentra el predio Samarcanda por sus inusuales contenidos, en él se manejan cultivos transitorios bajo un sistema tecnificado, estos valores pueden estar relacionados con una reciente aplicación de insumos que contienen este elemento o por una lectura errada en el laboratorio; en el grupo D se encuentran los predios con el menor promedio de este elementos, los que presentan bajos contenidos: La Antonia, Villa Luz y El Descanso, en los cuales se manejan cultivos permanentes y transitorios, en sistemas tradicionales.

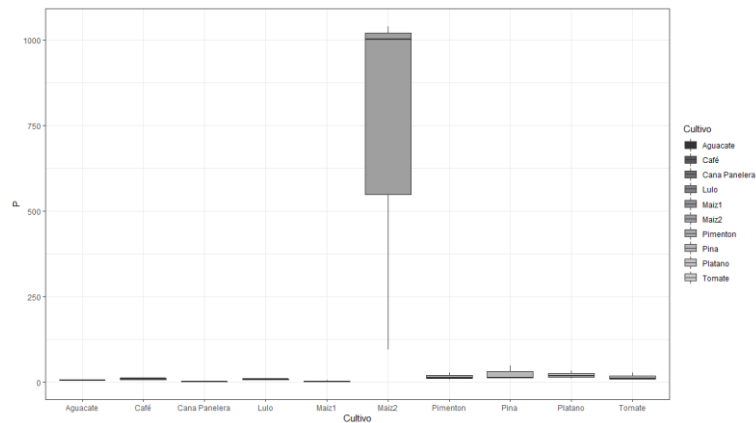


Figura 104. Contenidos de Fosforo (P), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

7.4.7. Propiedades Físicas del Suelo

En la Figura 105 se presentan los resultados de Da en cada predio, destaca que el predio Samarcanda presenta la más alta ($1,55\text{g/cm}^3$), mientras que el predio Julianandrea la más baja ($0,84\text{g/cm}^3$). De acuerdo con la Tabla 80, todos los predios presentan una Da relacionada con suelos de textura fina ($<1,4\text{g/cm}^3$), con excepción del predio Samarcanda, el cual presenta una densidad aparente relacionada con suelos de texturas medias ($1,4$ a $1,6\text{g/cm}^3$). En cuanto al análisis de varianza, se generaron cuatro grupos: A, B, C y D; en el grupo A se encuentra el predio Samarcanda y El Placer, ambos donde se manejan cultivos transitorios; en el grupo D se encuentran predios donde se manejan cultivos permanentes y semipermanentes: La Antonia, Primavera, El Porvenir y Julianandrea; lo anterior puede explicarse debido a la mayor mecanización que se realiza en los predios correspondientes al grupo A en comparación con los del grupo D, en los que se realiza labranza mínima; la mecanización con maquinaria pesada y las labores que se realizan de paso de rastra, surcado y construcción de camas ejerce una gran presión sobre la estructura del suelo, lo que favorece su destrucción y por tanto pérdida de porosidad por donde se mueve el agua y el aire del suelo, contribuyendo a su compactación, y sería una probable explicación a la mayor densidad aparente encontrada en estos suelos.

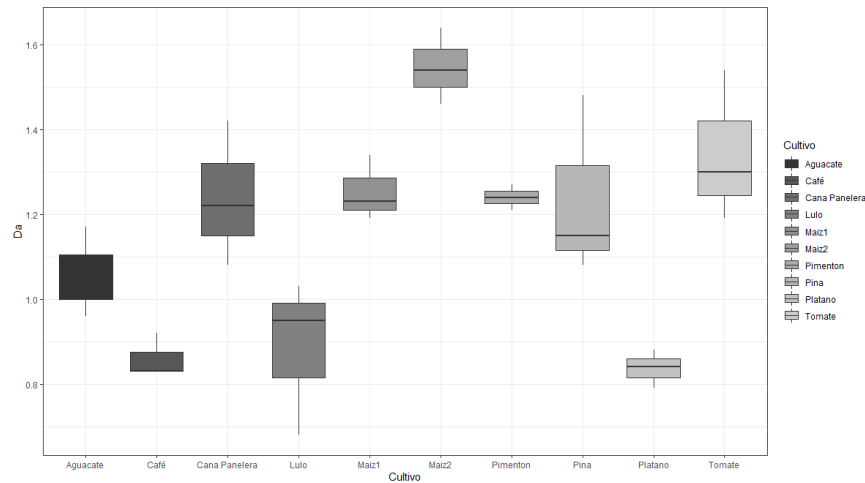


Figura 105. Densidad Aparente (Da), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

Tabla 80. Propiedades físicas del suelo, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	Densidad Aparente (g/cm ³)			Agua Aprovechable (mm)			Conductividad Hidráulica (cm/h)			Diámetro Medio Ponderado (mm)		
		Da	Int	G	AA	Int	G	CH	Int	G	DMP	Int	G
Samarcanda	Maiz2	1.55	Media	a	12.59	Bajo	ab	2.78	Moderada	ab	0.95	Ligeramente Estable	c
El Placer	Tomate	1.34	Fina	ab	14.53	Bajo	ab	1.11	Moderadamente Lenta	abc	1.44	Ligeramente Estable	bc
Villa Luz	Maiz1	1.25	Fina	bc	17.47	Bajo	a	1.14	Moderadamente Lenta	bc	2.38	Moderadamente Estable	ab
El Descanso	Caña Panelera	1.24	Fina	bc	11.38	Bajo	abc	2.44	Moderada	ab	2.01	Moderadamente Estable	ab
La Caja	Pimentón	1.24	Fina	bc	9.60	Bajo	abcd	2.57	Moderada	ab	1.61	Moderadamente Estable	abc
Miraflores	Piña	1.24	Fina	bc	15.01	Bajo	ab	0.07	Muy Lenta	c	1.67	Moderadamente Estable	abc
La Antonia	Aguacate	1.06	Fina	cd	7.48	Bajo	bcd	0.47	Lenta	abc	2.53	Moderadamente Estable	a
Primavera	Lulo	0.89	Fina	d	6.18	Bajo	cd	1.90	Moderada	ab	2.25	Moderadamente Estable	ab
El Porvenir	Café	0.86	Fina	d	11.80	Bajo	abcd	3.84	Moderada	a	2.29	Moderadamente Estable	ab
Julianandrea	Plátano	0.84	Fina	d	5.99	Bajo	d	1.49	Moderadamente Lenta	abc	1.83	Moderadamente Estable	abc

*Int: Interpretación. G: Grupo.

En la Figura 106 se presentan los resultados obtenidos sobre Agua Aprovechable (AA), calculados a partir de los análisis físicos realizados en laboratorio sobre la Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP); para ello se ingresaron a la formula siguiente:

$$\left(\frac{CC - PMP}{100}\right) * Da * Pr$$

Donde, como se menciona en el párrafo anterior, Da se refiere a la densidad aparente del suelo y Pr a la profundidad de raíces, la cual se estimó en 300mm (30 cm). Dado lo anterior, Tabla 80, destaca que en todos los predios se presenta un bajo nivel de agua aprovechable relacionado principalmente con que el porcentaje de humedad retenida en PMP y CC se encuentran muy próximos (0,33 bares CC y 15 bares PMP).

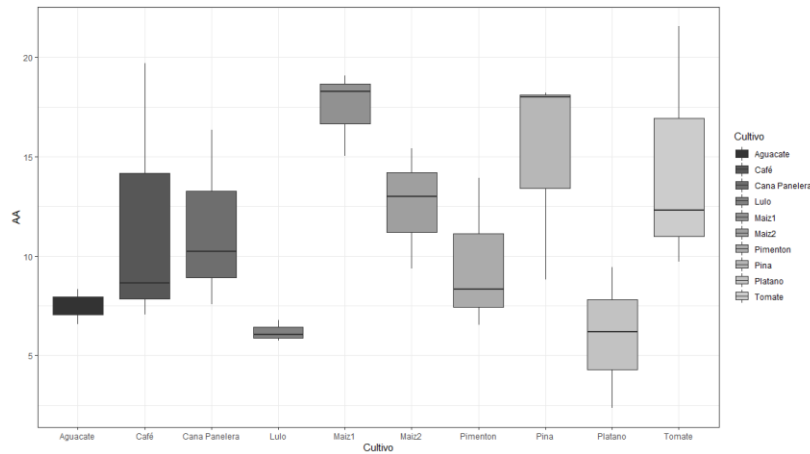


Figura 106. Lámina de Agua Aprovechable (AA), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Figura 107 se observan los resultados de Conductividad Hidráulica (CH), destaca principalmente el predio Miraflores, el cual presenta el promedio más bajo en esta variable; en la Tabla 80 se observa que el 50% de los predios presentan una CH moderada (1,6 a 5 cm/h), un 30% presenta una CH moderadamente lenta (0,5 a 1,6 cm/h), el restante 20% presentan CH Lenta y Muy Lenta (0,1 a 0,5 y <0,1 cm/h, respectivamente). El análisis de varianza genero tres grupos: A, B y C; en el grupo A se encuentran los ocho predios con mayor promedio; en el grupo C se encuentran los cinco predios con menor promedio, entre ellos Miraflores, el cual presenta una CH Muy Lenta. Esta información es relevante ya que en Miraflores se realiza una mecanización pesada, con actividades que generan una alta presión sobre el suelo como rastra, surcado y construcción de camas, lo que puede explicar el resultado obtenido.

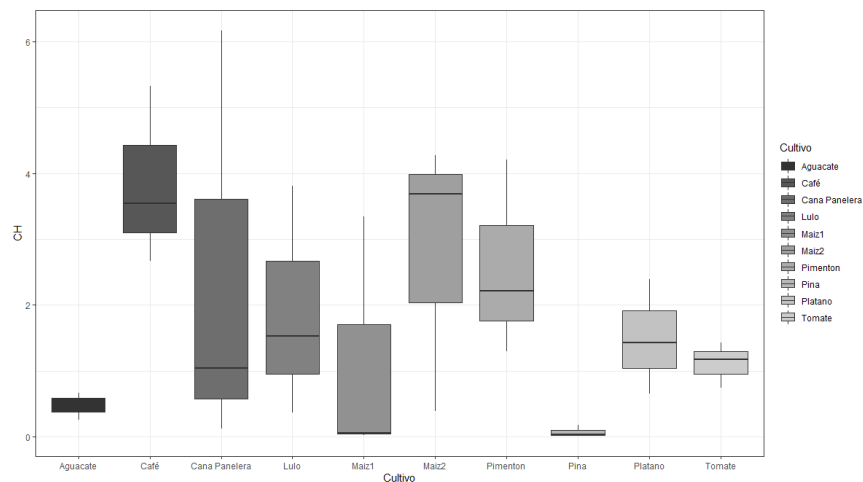


Figura 107. Conductividad Hidráulica-K (CH), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

En la Figura 108 se encuentran los resultados obtenidos sobre estabilidad estructural del suelo, relacionados al Diámetro Medio Ponderado (DMP), destaca que el promedio más alto lo obtuvo el predio La Antonia (Aguacate), y el más bajo el predio Samarcanda

(Maíz); de acuerdo con la Tabla 80, el 80% de los predios presentan una moderada estabilidad (1,5 a 3 mm), el restante 20% presenta una ligera estabilidad (0,5 a 1,5 mm). El predio Miraflores que fue el que presentó la CH más baja, sin embargo, presenta una estabilidad estructural moderada, lo que puede generar dudas en cuanto a los resultados obtenidos en la CH, debido a que el DMP define que tan distribuidos se encuentran los agregados del suelo, y la categorización obtenida permite inferir que los agregados de mayor tamaño aún se conservan y, por tanto, también su capacidad para permitir el movimiento de agua y aire. El análisis de varianza generó tres grupos: A, B y C; en el grupo C se encuentran los dos predios categorizados como ligeramente estables, y tres moderadamente estables, de mayor a menor promedio: Julianandrea, Miraflores, La Caja, El Placer y Samarcanda.

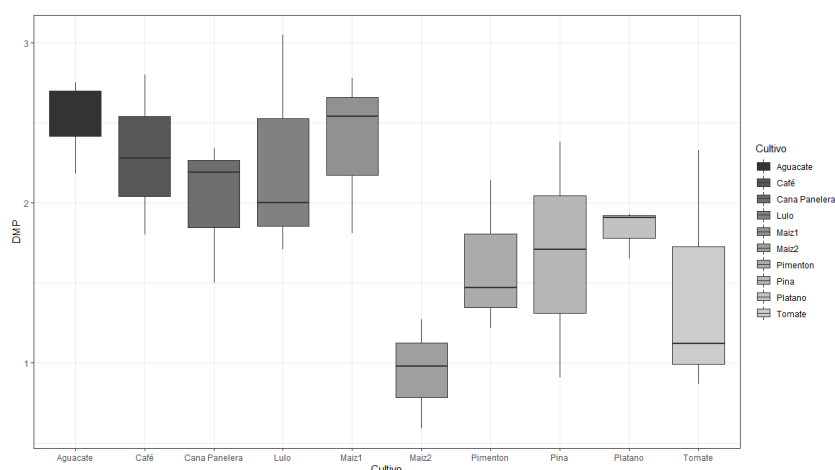


Figura 108. Diámetro Medio Ponderado (DMP), en los predios evaluados, cuenca Dagua (Restrepo).

7.5. RIESGOS SOBRE LA SALUD DEL SUELO EN LA CUENCA DAGUA - RESTREPO

7.5.1. Riesgos sobre la Salud del Suelo: Cuenca Dagua (Restrepo)

Degradación por acidificación de suelos: Por pérdida de bases intercambiables en los suelos del corregimiento La Palma, especialmente donde se encuentran cultivos de Piña MD-2, lo que está generando una baja fertilidad del suelo y colocando en riesgo su sostenibilidad. Ya que se presentan arcillas alófanas y arcillas tipo 1:1, es necesario realizar correcciones de suelo con materiales encalantes (cal agrícola o dolomita, roca fosfórica, entre otros).

Erosión superficial y movimiento en masa: En áreas muy extensas del corregimiento de La Palma y San Pablo, como en las veredas Tres Puertas y El Aguacate, se presentan cárcavas en los suelos, en los que se aprecian diferentes colores: rojizos, ocres y amarillos, que denotan la fuerte erosión superficial que va dejando sobre la superficie las capas inferiores del suelo, el cual se desplaza a los

cañones más cercanos, dejando una alta acumulación de suelo en el fondo de estos. Se debe monitorear especialmente los cultivos de piña dado su forma de labranza convencional a favor de la pendiente.

7.5.2. Promoción de la Conservación y Restauración de la Salud del Suelo en la Cuenca Dagua - Municipio Restrepo

Transferencia de tecnología sobre manejo de prácticas, técnicas y tecnologías existentes para conservar y recuperar la salud del suelo: Dirigida en primer lugar a los profesionales y técnicos que prestan asistencia técnica en la región, quienes tienen la responsabilidad directa de hacer recomendaciones adecuadas, que contribuyan en general a la salud del ambiente y específicamente sobre el factor suelo. Generando una acreditación a los profesionales y técnicos que demuestren su conocimiento en el tema. En segundo lugar, a los agricultores, estudiantes y trabajadores del campo que permita implementar una red de actores capacitados en el manejo sostenible del suelo y el ambiente, que permita el control social sobre las prácticas de cultivo. Incluye las técnicas sencillas de monitoreo de pérdida de suelo por erosión superficial, nivel freático, salinización, infiltración de campo, entre otras.

Exigencia de la Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA): Todos los agricultores, tanto empresariales tecnificados, como pequeños agricultores tradicionales deben certificarse en BPA por el ICA, para garantizar la posibilidad de “control externo” mediante el monitoreo y la “trazabilidad” de sus prácticas, técnicas y tecnologías usadas en cada ciclo productivo y así tener la posibilidad de corregir a tiempo las malas prácticas que estén afectando al ambiente, que generen inocuidad y propendan por la salud del trabajador y consumidores.

Investigaciones sobre el manejo del suelo para evitar la degradación:

- Evaluación de “curvas de enclamiento”, especialmente en los suelos extremadamente ácidos de los corregimientos de La Palma y San Pablo para obtener las dosis necesarias que eviten la degradación por acidificación del suelo.
- Técnicas de preparación y manejo de suelos en zonas de ladera, que eviten el encharcamiento mediante el uso de bateas que debido a los excesos de Fe y Mn pueden reducirse y causar fitotoxicidad. Tampoco permitir la acidificación por pérdida de bases mediante un enclado en bajas dosis, pero frecuente.
- Estudios sobre Nemátodos, Fusarium, *Phytophthora* y Sinfilidos en los suelos, para evitar su proliferación en las zonas de cultivo de especies susceptibles como las solanáceas.

7.6. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA PARA RIEGO EN LA CUENCA DAGUA

7.6.1. Restricciones de uso del agua para riego: Salinidad

En la Tabla 81 se presentan los datos sobre CE y TDS que pueden utilizarse para valorar el grado de restricción del agua utilizada para riego en cuanto a la salinidad; se observa que en ninguna de las áreas se presentan restricciones de uso para ninguna de las fuentes: Lagos, pozos, acequias, ríos, riachuelos, reservorios o canales.

Tabla 81. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Dagua: Salinidad.

Área	Procedencia	CE (dS/m)	Interpretación CE	TDS (mg/l)	Interpretación TDS
Primavera	LAGO	0.09	Ninguna	64.04	Ninguna
El Placer	POZO	0.09	Ninguna	65.56	Ninguna
El Descanso	ASEQUIA	0.08	Ninguna	57.36	Ninguna
Juliandrea	RESERVORIO	0.06	Ninguna	41.72	Ninguna
El Porvenir	POZO	0.12	Ninguna	84.43	Ninguna
Samarcanda-Lluvia	RÍO	0.12	Ninguna	81.93	Ninguna
La Antonia-Lluvia	RESERVORIO	0.18	Ninguna	128.41	Ninguna
La Caja-Lluvia	LAGO	0.18	Ninguna	129.4	Ninguna
Villa Luz	CANAL	0.11	Ninguna	79.09	Ninguna
Miraflores	CANAL	0.11	Ninguna	76.56	Ninguna
La Caja-Seca	LAGO	0.19	Ninguna	132.1	Ninguna
La Antonia-Riachuelo-Seca	RIACHUELO	0.14	Ninguna	99.75	Ninguna
La Antonia-Reservorio-Seca	RESERVORIO	0.01	Ninguna	4.7	Ninguna
La Antonia-Rio-Seca	RÍO	0.12	Ninguna	81.76	Ninguna
Samarcanda-Seca	RÍO	0.19	Ninguna	134.6	Ninguna

7.6.2. Restricciones de uso del agua para riego: Permeabilidad (efecto sobre la infiltración)

En cuanto a las restricciones sobre la permeabilidad del suelo, como se observa en la Tabla 82, en el 100% de las áreas muestreadas se evidencia una alta restricción del agua para ser usada en el riego, debido a la RAS y la CE (RAS de 0 a 3 mg/l y CE <0,2 dS/m), lo que puede afectar en el largo plazo la capacidad de infiltración del agua en el suelo; todas las fuentes de agua se ven afectadas por esta restricción: Lagos, pozos, acequias, reservorios, ríos, riachuelos y canales; se deben realizar prácticas que contribuyan a reducir el impacto del uso de esta agua para riego, entre las que destacan caudales bajos, utilizar balance hídrico, monitorear constantemente el suelo, entre otras.

Tabla 82. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Dagua: Permeabilidad.

Área	Procedencia	RAS (mg/l)	CE (dS/m)	Interpretación
Primavera	LAGO	0.24	0.09	Alta
El Placer	POZO	0.3	0.09	Alta
El Descanso	ASEQUIA	0.3	0.08	Alta
Juliandrea	RESERVORIO	0.25	0.06	Alta
El Porvenir	POZO	0.27	0.12	Alta
Samarcanda	RÍO	0.32	0.12	Alta
La Antonia	RESERVORIO	0.54	0.18	Alta
La Caja	LAGO	0.34	0.18	Alta
Villa Luz	CANAL	0.26	0.11	Alta
Miraflores	CANAL	0.27	0.11	Alta
La Caja_Seca	LAGO	0.41	0.19	Alta
La Antonia_Riachuelo_Seca	RIACHUELO	0.36	0.14	Alta
La Antonia_Reservorio_Seca	RESERVORIO	0.64	0.01	Alta
La Antonia_Rio_Seca	RÍO	0.31	0.12	Alta
Samarcanda_Rio_Seca	RÍO	0.3	0.19	Alta
Primavera	LAGO	0.24	0.09	Alta

7.6.3. Restricciones de uso del agua para riego: Cationes

En la Tabla 83 se presentan los contenidos de cationes en cada área muestreada: Ca⁺, Mg⁺, K⁺ y Na⁺; no se evidencia ninguna restricción, todas las muestras obtuvieron contenidos normales para aguas utilizadas en riego.

Tabla 83. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Dagua: Cationes.

Área	Procedencia	Ca (meq/l)	Int Ca	Mg (meq/l)	Int Mg	K (meq/l)	Int K	Na (meq/l)	Int Na
Primavera	LAGO	0.3	Normal	0.24	Normal	0.06	Normal	0.12	Normal
El Placer	POZO	0.35	Normal	0.28	Normal	0.02	Normal	0.17	Normal
El Descanso	ASEQUIA	0.29	Normal	0.26	Normal	0.02	Normal	0.16	Normal
Juliandrea	RESERVORIO	0.25	Normal	0.18	Normal	0.03	Normal	0.11	Normal
El Porvenir	POZO	0.5	Normal	0.34	Normal	0.02	Normal	0.17	Normal
Samarcanda	RÍO	0.41	Normal	0.29	Normal	0.12	Normal	0.19	Normal
La Antonia	RESERVORIO	0.48	Normal	0.55	Normal	0.03	Normal	0.39	Normal
La Caja	LAGO	0.57	Normal	0.54	Normal	0.09	Normal	0.26	Normal
Villa Luz	CANAL	0.43	Normal	0.3	Normal	0.02	Normal	0.16	Normal
Miraflores	CANAL	0.38	Normal	0.3	Normal	0.02	Normal	0.16	Normal
La Caja_Seca	LAGO	0.63	Normal	0.71	Normal	0.09	Normal	0.33	Normal
La Antonia_Riachuelo_Seca	RIACHUELO	0.52	Normal	0.46	Normal	0.09	Normal	0.25	Normal
La Antonia_Reservorio_Seca	RESERVORIO	0.47	Normal	0.58	Normal	0.09	Normal	0.46	Normal
La Antonia_Rio_Seca	RÍO	0.39	Normal	0.36	Normal	0.09	Normal	0.19	Normal
Samarcanda_Rio_Seca	RÍO	0.21	Normal	0.11	Normal	0.09	Normal	0.12	Normal

7.6.4. Restricciones de uso del agua para riego: Aniones

En la Tabla 84 se presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras tomadas para: bicarbonatos (HCO_3^-), cloruros (Cl^-), sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$) y fosfatos (PO_4^{\equiv}); todas las muestras se encuentran dentro de los rangos considerados normales para el agua con uso agrícola para riego, por tanto, no presentan ningún tipo de restricción.

Tabla 84. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Dagua: Aniones.

Área	Procedencia	HCO_3^- (meq/l)	Int HCO_3^-	Cl^- (meq/l)	Int Cl^-	$\text{SO}_4^{=}$ (meq/l)	Int $\text{SO}_4^{=}$	PO_4^{\equiv} (meq/l)	Int PO_4^{\equiv}
Primavera	LAGO	0.77	Normal	0.13	Normal	0.12	Normal	0.19	Normal
El Placer	POZO	1.05	Normal	0.1	Normal	0.13	Normal	0.19	Normal
El Descanso	ASEQUIA	0.75	Normal	0.09	Normal	0.12	Normal	0.19	Normal
Juliandrea	RESERVORIO	0.57	Normal	0.08	Normal	0.18	Normal	0.19	Normal
El Porvenir	POZO	0.93	Normal	0.09	Normal	0.6	Normal	0.19	Normal
Samarcanda	RÍO	0.96	Normal	0.11	Normal	1.24	Normal	0.19	Normal
La Antonia	RESERVORIO	1.57	Normal	0.31	Normal	0.14	Normal	0.19	Normal
La Caja	LAGO	1.66	Normal	0.23	Normal	0.48	Normal	0.19	Normal
Villa Luz	CANAL	1.14	Normal	0.15	Normal	0.15	Normal	0.19	Normal
Miraflores	CANAL	1.3	Normal	0.07	Normal	0.18	Normal	0.19	Normal
La Caja_Seca	LAGO	1.92	Normal	0.2	Normal	0.86	Normal	0.06	Normal
La Antonia_Riachuelo_Seca	RIACHUELO	1.73	Normal	0.3	Normal	0.63	Normal	0.03	Normal
La Antonia_Reservorio_Seca	RESERVORIO	2.01	Normal	0.5	Normal	0.59	Normal	0.02	Normal
La Antonia_Rio_Seca	RÍO	1.48	Normal	0.15	Normal	0.57	Normal	0.03	Normal
Samarcanda_Rio_Seca	RÍO	1.78	Normal	0.2	Normal	0.77	Normal	0.04	Normal

7.6.5. Restricciones de uso del agua para riego: pH, elementos menores y dureza

En la Tabla 85, se presentan los datos obtenidos en cuanto la dureza, pH, contenidos de B y Fe; en general no se presentan restricciones para ninguna de las variables en ninguna de las áreas muestreadas, con excepción en los contenidos de Fe en los predios Julianandrea y Samarcanda, muestras tomadas durante la temporada de altas precipitaciones, en un reservorio y en el río Grande, respectivamente, que presentan ambos altos contenidos de Fe (<1,5 mg/l), y por tanto restricciones para este elemento.

Tabla 85. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Dagua: pH, elementos menores y dureza.

Área	Procedencia	Dureza (mg/l)	Int Dureza	pH	Int pH	B (mg/l)	Int B	Fe (mg/l)	Int Fe
Primavera	LAGO	27.15	Normal	6.94	Normal	0.03	Normal	1.1	Normal
El Placer	POZO	31.73	Normal	7.77	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal
El Descanso	ASEQUIA	27.74	Normal	7.58	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal
Juliandrea	RESERVORIO	21.5	Normal	7.33	Normal	0.03	Normal	2.75	Alta
El Porvenir	POZO	41.75	Normal	7.12	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal
Samarcanda	RÍO	34.73	Normal	7.1	Normal	0.03	Normal	9.98	Alta
La Antonia	RESERVORIO	51.34	Normal	6.95	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal

Área	Procedencia	Dureza (mg/l)	Int Dureza	pH	Int pH	B (mg/l)	Int B	Fe (mg/l)	Int Fe
La Caja	LAGO	55.47	Normal	6.96	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal
Villa Luz	CANAL	36.79	Normal	7.82	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal
Miraflores	CANAL	34.44	Normal	7.85	Normal	0.03	Normal	0.49	Normal
La Caja_Seca	LAGO	67.04	Normal	7.86	Normal	0.2	Normal	0.49	Normal
La Antonia_Riachuelo_Seca	RIACHUELO	49.21	Normal	7.52	Normal	0.09	Normal	0.49	Normal
La Antonia_Reservorio_Seca	RESERVORIO	52.53	Normal	7.07	Normal	0.09	Normal	0.49	Normal
La Antonia_Rio_Seca	RÍO	37.34	Normal	7.51	Normal	0.06	Normal	0.49	Normal
Samarcanda_Rio_Seca	RÍO	16.05	Normal	7.57	Normal	0.06	Normal	0.49	Normal

7.7. ANÁLISIS SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DEL SUELO CUENCA DAGUA (MUNICIPIO RESTREPO).

Con la información obtenida de las encuestas por cada predio, se procedió a realizar la valoración con los rangos establecidos para cada subindicador y así generar el valor promedio por indicador.

7.7.1. Conservación de las Propiedades Biológicas del Suelo

En la Tabla 86 se observa la categorización para el indicador A, Conservación de las Propiedades Biológicas del Suelo, así como los rangos de cada subindicador. De acuerdo con esta información, se puede inferir que las prácticas realizadas el predio Julianandrea donde se maneja un cultivo de Plátano asociado con Banano y manejado de forma semitecnificada, se puede catalogar como de aceptable sostenibilidad ambiental, aunque se deben mejorar algunos subindicadores, especialmente los relacionados con A1 (rotación de cultivos) y A2 (diversificación de cultivos), es el predio en la cuenca Dagua (Restrepo) que mejor comportamiento tiene en este indicador.

Tabla 86. Indicador A, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).

A. Conservación Propiedades Biológicas del Suelo								
Predio	Cultivo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Subtotal
Villa Luz	Maíz asociado con Frijol	1	3	1	4	2	1	2.00
Miraflores	Piña	1	1	5	2	2	3	2.33
Julianandrea	Plátano y Banano	1	1	5	3	5	3	3.00
Primavera	Lulo	2	1	4	1	5	3	2.67
La Antonia	Aguacate	1	1	3	2	2	5	2.33
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	4	1	1	3	5	1	2.50
El Placer	Tomate Invernadero	2	1	1	2	5	1	2.00
El Descanso	Caña Panelera	1	1	1	3	1	4	1.83
El Porvenir	Café asociado con Plátano	1	4	1	4	2	4	2.67
La Caja	Pimentón Invernadero	1	1	5	2	1	1	1.83

En los predios restantes las prácticas realizadas en este indicador se categorizaron como baja y muy baja sostenibilidad ambiental; los predios de esta última categorización, La Caja (Pimentón), El Descanso (Caña Panelera), El Placer (Tomate) y Villa Luz (Maíz), deben implementar estrategias que permitan en el mediano plazo generar cambios en sus sistemas productivos que aumenten la sostenibilidad ambiental del suelo, especialmente enfocadas en los subindicadores A1, A2, A3 y A6, que son en los que menos valoración se obtuvo en los cuatro predios.

7.7.2. Conservación de las Propiedades Fisicoquímicas del Suelo

En la Tabla 87 se puede observar los rangos obtenidos por subindicador y la categorización para el indicador por predio; esta información permite inferir que las prácticas realizadas en los predios Villa Luz (Maíz) y El Descanso (Caña Panelera), se pueden catalogar como de buena sostenibilidad ambiental; también se encuentran los predios Primavera (Lulo), La Antonia (Aguacate), Julianandrea (Plátano) y El Porvenir (Café), que han sido catalogados como de alta sostenibilidad ambiental en este indicador; estos seis predios destacan como los de mejor comportamiento de la cuenca Dagua (Restrepo), en este indicador.

Tabla 87. Indicador B, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).

B. Conservación propiedades Fisicoquímicas del Suelo					
Predio	Cultivo	B1	B2	B3	Subtotal
Villa Luz	Maíz asociado con Frijol	5	5	2	4.00
Miraflores	Piña	1	1	2	1.33
Julianandrea	Plátano y Banano	5	5	4	4.67
Primavera	Lulo	5	5	5	5.00
La Antonia	Aguacate	5	5	5	5.00
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	1	1	1	1.00
El Placer	Tomate Invernadero	1	1	4	2.00
El Descanso	Caña Panelera	5	5	2	4.00
El Porvenir	Café asociado con Plátano	5	5	4	4.67
La Caja	Pimentón Invernadero	1	1	1	1.00

Por otro lado, las prácticas realizadas en los predios La Caja (Pimentón), Samarcanda (Maíz), Miraflores (Piña) y El Placer (Tomate), se categorizaron como de muy baja sostenibilidad ambiental; entre estos últimos, se amplía información sobre el predio Samarcanda (Maíz), en el cual se realiza una labranza con maquinaria pesada, que consiste en voltear el suelo en sus primeros 30-60 cm, para luego acumular grandes volúmenes del mismo y construir camas en las que sembrar el cultivo, estas labores rompen la estructura del suelo, lo que aunado a establecer el cultivo a favor de la pendiente (aunque muy baja de 0-7%), contribuye a la pérdida de suelo por erosión.

7.7.3. Riesgo de Degradación del Suelo

Para este indicador se tuvieron en cuenta algunos de los principales riesgos de degradación del suelo de acuerdo con los informes de la FAO, como lo son: erosión, compactación, acidificación, contaminación, salinización y desequilibrio de nutrientes (deficiencia y exceso de nutrientes). En la Tabla 88, se presenta la categorización obtenida para este indicador y los rangos de cada subindicador por predio. Destacan las prácticas realizadas en los predios La Antonia (Aguacate) y Julianandrea (Plátano), categorizadas como de buena sostenibilidad, es decir, que, en el largo plazo, si se continúan realizando de esta forma podrían evitar impactos en la capacidad del suelo para soportar los sistemas productivos agrícolas. Las prácticas realizadas en los predios El Descanso (Caña Panelera), El Porvenir (Café), Villa Luz (Maíz) y Primavera (Lulo), fueron catalogadas como de aceptable sostenibilidad, las principales falencias en estos predios se relacionan con la pendiente predominante en los predios (C1), generando riesgos relacionados con la erosión, baja prevención de la salinización (C3), y uso técnico de enmiendas (C4), que se relaciona con la prevención de acidificación del suelo.

Tabla 88. Indicador C, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).

C. Riesgo de degradación del suelo								
Predio	Cultivo	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Subtotal
Villa Luz	Maíz asociado con Fríjol	2	3	3	5	1	5	3.17
Miraflores	Piña	4	1	2	1	3	3	2.33
Julianandrea	Plátano y Banano	4	4	2	5	3	4	3.67
Primavera	Lulo	3	3	3	5	3	1	3.00
La Antonia	Aguacate	5	3	4	5	5	4	4.33
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	5	3	3	3	1	2	2.83
El Placer	Tomate Invernadero	5	1	3	3	1	2	2.50
El Descanso	Caña Panelera	2	4	3	1	5	5	3.33
El Porvenir	Café asociado con Plátano	3	4	1	1	5	5	3.17
La Caja	Pimentón Invernadero	4	1	1	2	1	2	1.83

Por otro lado, los predios categorizados como baja sostenibilidad: Samarcanda (Maíz), El Placer (Tomate) y Miraflores (Piña), y el predio categorizado como de muy baja sostenibilidad La Caja (Pimentón); este último destaca principalmente por: a) baja cobertura del suelo durante gran parte del año (C2), entre el periodo correspondiente a cosecha, siembra y crecimiento de la planta, lo que deja el suelo expuesto a la erosión eólica e hídrica, además de la pérdida de carbono orgánico del suelo, b) baja capacidad para prevenir la salinización (C3), no se tienen en cuenta el balance hídrico, análisis de agua y suelo, y c) alta periodicidad de la labranza (C5, entre 3 a 6 meses).

7.7.4. Manejo de la Biodiversidad

En la Tabla 89 se observan los rangos por subindicador y la categorización obtenida en el indicador por predio; esta información permite inferir que las prácticas realizadas en todos los predios seleccionados como estudio de caso se encuentran por debajo de lo aceptable en cuanto a la sostenibilidad ambiental, es decir, el total de los predios realizan prácticas que generan una gran presión a largo plazo (impacto negativo), debido al manejo de la biodiversidad, especialmente con lo relacionado a una baja biodiversidad, pocas variedades de la misma especie, en este caso, todos los predios manejan una sola variedad del cultivo que manejan, lo que puede generar vulnerabilidad contra plagas y enfermedades, o incluso eventos climáticos extremos, lo que se acentúa aún más debido al uso de plaguicidas como principal forma de manejo de plagas y enfermedades, reduciendo los enemigos naturales y creando la posibilidad de que organismos y microorganismos generen resistencia, lo que implica el aumento de las dosis o la imposibilidad de contrarrestarlas, provocando el desplazamiento de los cultivos.

Tabla 89. Indicador D, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).

D. Manejo de la biodiversidad					
Predio	Cultivo	D1	D2	D3	Subtotal
Villa Luz	Maíz asociado con Frijol	1	1	4	2.00
Miraflores	Piña	1	1	4	2.00
Julianandrea	Plátano y Banano	1	3	3	2.33
Primavera	Lulo	1	1	3	1.67
La Antonia	Aguacate	1	1	5	2.33
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	1	1	3	1.67
El Placer	Tomate Invernadero	1	1	5	2.33
El Descanso	Caña Panelera	1	3	4	2.67
El Porvenir	Café asociado con Plátano	1	1	5	2.33
La Caja	Pimentón Invernadero	1	2	5	2.67

7.7.5. Adaptación al Cambio Climático

En la Tabla 90 se puede observar los rangos por subindicador y la categorización establecida para el indicador por predio; esta información permite inferir que las prácticas realizadas en todos los predios seleccionados como estudio de caso se encuentran por debajo de lo aceptable en cuanto a la sostenibilidad ambiental; los predios con la sostenibilidad ambiental muy baja son: La Antonia (Aguacate), Villa Luz (Maíz), Julianandrea (Plátano), El Descanso (Caña Panelera) y El Porvenir (Café); en estos predios destacan principalmente que no se cosecha agua para el uso en el sistema productivo (E1), la mayoría no cuenta con infraestructura de riego (E2), o sistemas de riego (E3), y no realizan monitoreo de variables edafoclimáticas (E4); lo cual genera vulnerabilidad bajo el actual contexto de variabilidad y cambio climático,

debido a la dependencia exclusiva de las precipitaciones que son cada vez más impredecibles y no se ajustan a los registros históricos, causando, retrasos en las temporadas de cosecha y bajos rendimientos.

Tabla 90. Indicador E, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).

E. Adaptación al cambio climático						
Predio	Cultivo	E1	E2	E3	E4	Subtotal
Villa Luz	Maíz asociado con Fríjol	1	1	1	1	1.00
Miraflores	Piña	3	2	4	1	2.50
Julianandrea	Plátano y Banano	1	1	1	1	1.00
Primavera	Lulo	1	4	5	1	2.75
La Antonia	Aguacate	1	4	2	1	2.00
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	1	4	5	1	2.75
El Placer	Tomate Invernadero	1	4	5	1	2.75
El Descanso	Caña Panelera	1	1	1	1	1.00
El Porvenir	Café asociado con Plátano	1	1	1	1	1.00
La Caja	Pimentón Invernadero	1	4	5	1	2.75

7.7.6. Nivel de Asistencia Técnica

En la Tabla 91 se aprecian los rangos y la categorización obtenidos sobre el indicador Nivel de Asistencia Técnica. Destaca el predio La Antonia (Aguacate), con la máxima calificación por subindicador y, por tanto, una alta sostenibilidad ambiental en el indicador, relacionado con uso de análisis de aguas y suelos, asistencia técnica y certificación en BPA (F1), además, asistencia idónea para el sistema productivo (F2), y que quien maneja el cultivo posee altos conocimientos técnicos (F3); algunos predios presentan una sostenibilidad ambiental aceptable, como: Villa Luz (Maíz), Samarcanda (Maíz) y El Descanso (Caña Panelera), en estos predios destaca principalmente una buena asistencia técnica acorde al sistema productivo (F2) y uso de algunos análisis (bien sea de suelos o aguas), en conjunto con la asistencia técnica (F1), aunque presentan algunas falencias en la formación de quien maneja el cultivo, aunque principalmente relacionada con que son predios con manejo tradicional, los propietarios son quienes manejan el cultivo.

En cuanto a los predios que menor categorización obtuvieron en este indicador, se encuentran: Miraflores (Piña), Julianandrea (Plátano), El Porvenir (Café) y La Caja (Pimentón), que tienen falencias principalmente con la asistencia técnica que reciben, la cual es nula o inadecuada para sus sistemas productivos (F2), o el bajo acceso a análisis de suelo, agua, certificaciones o asistencia técnica (F1).

Tabla 91. Indicador F, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).

F. Nivel Asistencia Técnica					
Predio	Cultivo	F1	F2	F3	Subtotal
Villa Luz	Maíz asociado con Fríjol	3	4	2	3.00
Miraflores	Piña	2	1	2	1.67
Julianandrea	Plátano y Banano	2	1	2	1.67
Primavera	Lulo	3	3	2	2.67
La Antonia	Aguacate	5	5	5	5.00
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	3	4	2	3.00
El Placer	Tomate Invernadero	3	3	2	2.67
El Descanso	Caña Panelera	3	4	2	3.00
El Porvenir	Café asociado con Plátano	1	1	2	1.33
La Caja	Pimentón Invernadero	1	1	2	1.33

7.7.7. Categorización Global de Sostenibilidad Ambiental

En la Tabla 92 se presenta la categorización final obtenida por cada indicador y el promedio para cada predio, así como el código de colores; todos los predios obtuvieron una categorización de baja a muy baja sostenibilidad al promediar los indicadores, con excepción del predio La Antonia (Aguacate), el cual obtuvo una calificación de aceptable sostenibilidad, destacando principalmente en los indicadores conservación propiedades fisicoquímicas (B), asistencia técnica (F) y manejo riesgo degradación del suelo (C), en los que obtuvo calificaciones de alta y buena sostenibilidad ambiental; presento falencias principalmente en la adaptación al cambio climático (E), donde obtuvo una calificación de muy baja sostenibilidad.

Tabla 92. Indicador General, indicadores, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Dagua (Restrepo).

Predio	Cultivo	A. Propiedades Biológicas Suelo	B. Propiedades Físicoquímicas Suelo	C. Riesgo Degradación Suelo	D. Biodiversidad	E. Adaptación CC	F. Asistencia Técnica	Promedio
Villa Luz	Maíz asociado con Fríjol	2.00	4.00	3.17	2.00	1.00	3.00	2.53
Miraflores	Piña	2.33	1.33	2.33	2.00	2.50	1.67	2.03
Julianandrea	Plátano y Banano	3.00	4.67	3.67	2.33	1.00	1.67	2.72
Primavera	Lulo	2.67	5.00	3.00	1.67	2.75	2.67	2.96
La Antonia	Aguacate	2.33	5.00	4.33	2.33	2.00	5.00	3.50
Samarcanda	Hortalizas y Maíz	2.50	1.00	2.83	1.67	2.75	3.00	2.29
El Placer	Tomate Invernadero	2.00	2.00	2.50	2.33	2.75	2.67	2.38
El Descanso	Caña Panelera	1.83	4.00	3.33	2.67	1.00	3.00	2.64
El Porvenir	Café asociado con Plátano	2.67	4.67	3.17	2.33	1.00	1.33	2.53
La Caja	Pimentón Invernadero	1.83	1.00	1.83	2.67	2.75	1.33	1.90

El indicador de mayor debilidad en todos los predios fue el de adaptación al cambio climático (E), el 50% de los predios obtuvieron una calificación de muy baja sostenibilidad; seguido del indicador de biodiversidad (D), donde el 40% de los predios obtuvo una muy baja sostenibilidad y el restante 60% de baja sostenibilidad; el indicador de propiedades biológicas del suelo (A), también mostró gran debilidad, pues

el 40% de los predios presentaron muy baja sostenibilidad y otro 50% baja sostenibilidad; y por último asistencia técnica (F), en el que 40% de los predios presentaron muy baja sostenibilidad y 20% baja sostenibilidad.

Entre los predios con la menor calificación global se encuentran: Miraflores (Piña) y La Caja (Pimentón), categorizados como con muy baja sostenibilidad ambiental; en ninguno de los indicadores obtuvieron al menos una sostenibilidad aceptable. La Caja, por ejemplo, en cuatro de los seis indicadores obtuvo una calificación de muy baja sostenibilidad y en los restantes dos, baja sostenibilidad; la mayor debilidad la presentó en el indicador conservación propiedades fisicoquímicas del suelo (B), obteniendo la peor calificación posible (1,00), seguido de la asistencia técnica (F). En el predio Miraflores, tres de los seis indicadores se calificaron como de muy baja sostenibilidad, y los restantes tres con baja sostenibilidad; el comportamiento fue similar al predio La Caja, la peor calificación la obtuvo en el indicador conservación de las propiedades fisicoquímicas del suelo (B), seguido de la asistencia técnica (F).

Aunque en esta cuenca el nivel de asistencia técnica es menor que en el RUT, parece alinearse con lo establecido allí, el indicador “Nivel Asistencia Técnica” (F), en cuatro predios se estableció, como mínimo, en aceptable, sin embargo, los indicadores relacionados con conservar las propiedades biológicas (A), fisicoquímicas (B), manejar los procesos de degradación del suelo (C), generar una alta biodiversidad (D) y adaptación al cambio climático (E), fueron calificados, en su mayoría, como de baja a muy baja sostenibilidad, lo que ilustra que en la asistencia técnica brindada prima la generación de rendimientos sobre la conservación y/o recuperación de la capacidad del suelo para brindar el servicio ecosistémico de soporte para la producción de alimentos. Aclarado lo anterior, ya que el 90% de los predios presentan una alta susceptibilidad a que en el largo plazo los suelos utilizados para la producción de alimentos pierdan esta capacidad, es necesario implementar estrategias que lo contrarresten, conserven y recuperen la calidad del suelo, generen mayores beneficios ambientales y reduzcan considerablemente la alta dependencia de insumos externos (plaguicidas, herbicidas, fertilizantes de síntesis química, entre otros).

A continuación, se presentan algunas figuras que permiten ilustrar los indicadores y compararlos entre predios. En la Figura 109, se realiza la comparación entre los predios Villa Luz (Maíz), Miraflores (Piña) y Julianandrea (Plátano); se observa que las prácticas implementadas en el predio Julianandrea permiten conservar las propiedades biológicas y fisicoquímicas, y manejar los riesgos de degradación del suelo mejor que en los otros dos predios; sin embargo, este mismo predio se comporta de manera similar o peor en cuanto al manejo de la biodiversidad, la adaptación al cambio climático o la asistencia técnica, es decir, realizan prácticas de una baja sostenibilidad ambiental en estos tres indicadores.

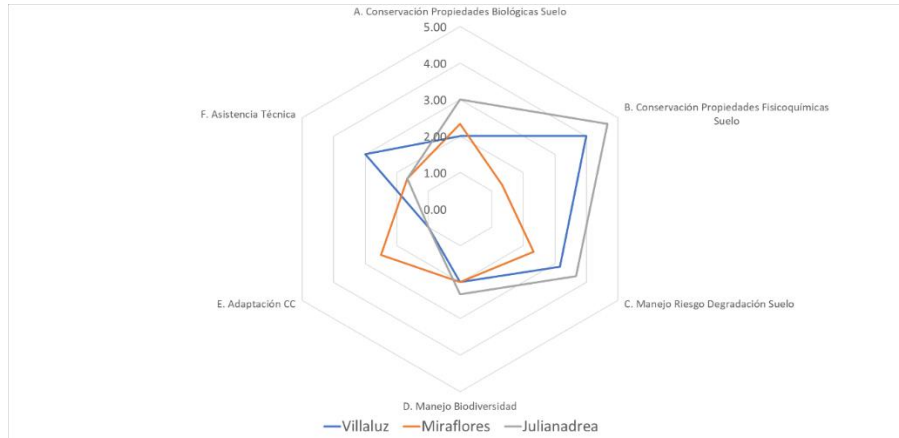


Figura 109. Gráfica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: Villa Luz, Miraflores y Juliandrea.

En la Figura 110, se realiza la comparación entre los predios Primavera (Lulo), La Antonia (Aguacate) y Samarcanda (Maíz); destaca La Antonia sobre los otros dos predios, en cuanto a las prácticas realizadas para conservar las propiedades físicoquímicas del suelo, el manejo de la degradación del suelo y la asistencia técnica; mientras que se presenta un comportamiento similar en los tres predios en prácticas que generan baja sostenibilidad ambiental en cuanto no conservan las propiedades biológicas del suelo, se realiza un manejo deficiente de la biodiversidad y no se practica una eficiente adaptación al cambio climático.

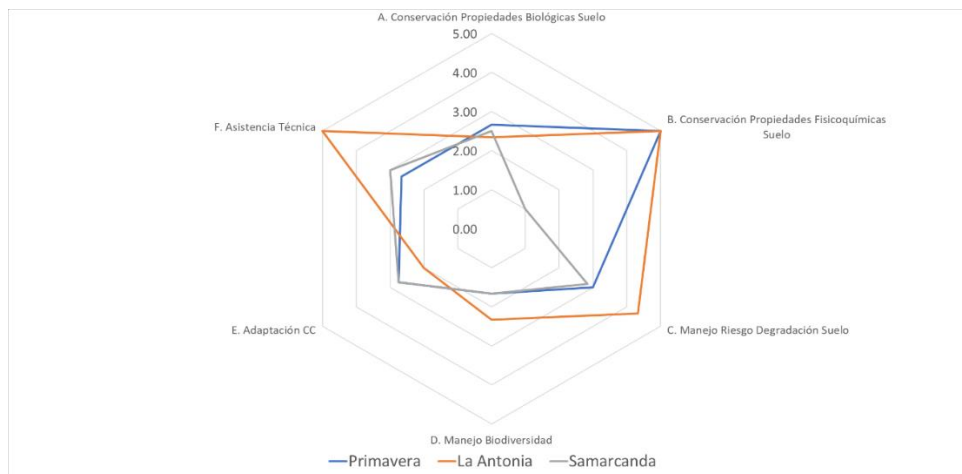


Figura 110. Gráfica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: Primavera, La Antonia y Samarcanda.

En la Figura 111, se realiza la comparación entre los predios El Placer (Tomate), El Descanso (Caña Panelera), El Porvenir (Café) y La Caja (Pimentón); destaca El Porvenir en las prácticas para conservar las propiedades físicoquímicas del suelo; sin embargo, en el resto de los indicadores, las prácticas de todos los predios reflejan una baja sostenibilidad ambiental y como mucho una calificación de aceptable. Se evidencia que en La Caja se deben implementar estrategias para mejorar en todos los

indicadores. En estos cuatro predios el indicador más débil es la adaptación al cambio climático (E), por lo que es relevante implementar estrategias que mitiguen esta falencia, especialmente aquellas relacionadas con la infraestructura de acceso al recurso hídrico, manejo de herramientas que permitan el monitoreo de las variables agroclimáticas, y la implementación de sistemas de riego de alta frecuencia que utilicen en algún porcentaje agua lluvia almacenada durante las temporadas de altas precipitaciones.

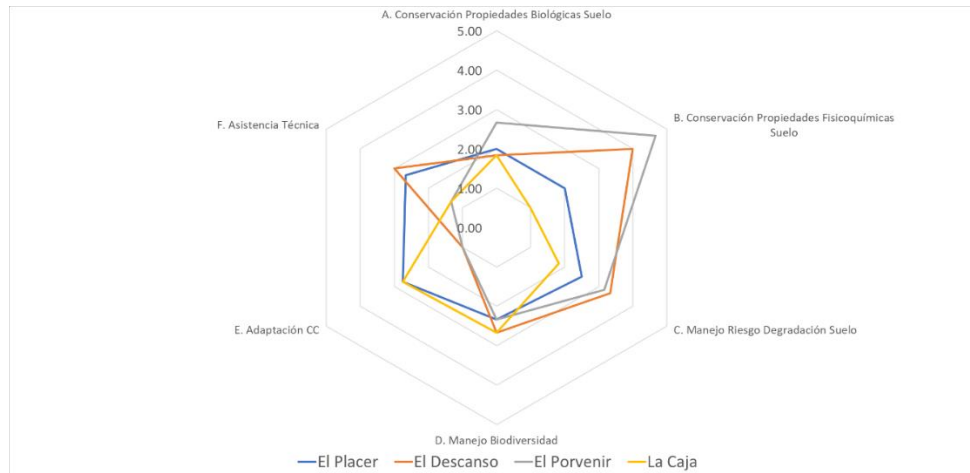


Figura 111. Gráfica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: El Placer, El Descanso, El Porvenir y La Caja.

7.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES CUENCA DAGUA (MUNICIPIO RESTREPO).

7.8.1. Conclusiones cuenca Dagua (Restrepo)

- Existen una amplia área del municipio, especialmente en los corregimientos de La Palma, San Pablo, El Aguacate y Aguamona, donde los suelos agrícolas presentan evidencia de fuerte erosión, movimientos en masa, cárcavas remontantes, y dado que en esta área se están desarrollando actividades agrícolas intensivas como cultivos de piña, especialmente las prácticas de laboreo mecanizado y profundo, que incrementan sustancialmente el riesgo de degradación. Los suelos han ido perdiendo sus primeros horizontes, requieren de acciones inmediatas para detener este proceso y evitar un mayor desastre ambiental y social. Además, en esta zona se presenta una tendencia a la degradación del suelo por acidificación, lo que puede afectar la fertilidad.
- Los suelos de los corregimientos San Salvador, Zabaletas, Alto del Oso y Santa Rosa, son suelos profundos y bien estructurados, donde se han venido implementando cultivos de plátano, lulo, café asociado con frutales, caña panelera, entre otros. En estos suelos se realiza un tipo de agricultura menos

intensivo, que permite conservar el recurso, reduciendo los riesgos de degradación.

- En la zona más plana y con pendientes menos pronunciadas como en las vegas del río Grande, se practica una agricultura tecnificada con labranza mecanizada, aunque con menos riesgo de erosión superficial, se debe realizar bajo criterios técnicos dado el tipo de suelo (vertisoles), que son de textura pesada y tienden a compactarse por el peso de la maquinaria, generando capas endurecidas subsuperficiales y acumulando elementos en las arcillas como el magnesio y/o sodio que afectan su estructura.
- La situación de riesgo debido a la adopción de prácticas productivas poco idóneas se acentúa, debido a que los productores no cuentan con asistencia técnica especializada y no tienen certificaciones que permitan hacer un monitoreo de estas, como la certificación en Buenas Prácticas Agrícolas y/o Global GAP.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, en algunos de los predios de la cuenca se presentan deficiencias de nutrientes, especialmente de K y en algunos casos de Mg, a causa de excesivos contenidos de Ca, que no se están corrigiendo debidamente mediante la aplicación de enmiendas en la preparación del terreno.
- Los análisis evidencian que algunos suelos presentan pH ácidos, y en algunas áreas, especialmente en el corregimiento La Palma, problemas con la acidez intercambiable, lo que en el mediano y largo plazo podría provocar pérdida de bases, en este sentido las prácticas de corrección de suelos son primordiales, pero en el momento no son prioritarias en la zona, no realizan importantes procesos que contribuyan a mitigarlo en la preparación del terreno, lo que en perspectiva permite inferir que no se desarrollan adecuados planes de fertilización.
- Los resultados obtenidos indican que, en ciertas áreas de la cuenca, especialmente en la zona sur occidental, en los corregimientos La Palma, San Pablo y San Salvador, los niveles de MO son bajos (<3%), o en el límite (3,19 a 3,49%), por lo que o no se están desarrollando adecuados planes de abonamiento o el excesivo laboreo está degradando en una proporción más elevada la MO de lo que se repone con el abonado.
- De acuerdo con los datos analizados para las propiedades físicas del suelo indican que en todos los predios los suelos presentan problemas por la baja lámina de agua aprovechable, lo que aunado en algunas zonas a conductividades hidráulicas muy lentas, lentas y moderadamente lentas, permite inferir problemas para que el agua circule por los poros del suelo libremente, lo que puede generar encharcamientos, y puede ser evidencia de una pérdida de estructura causada por las prácticas agrícolas.
- En predios de la zona sur occidental de la cuenca se presentan una ligera estabilidad de agregados (0,5 a 1,5 mm), pero otros predios en esta misma área se catalogan como moderadamente estables (1,5 a 3 mm), pero se encuentran cerca del límite (1,61 a 1,67 mm). En estos predios se realizan las labores de

mecanización más agresivas, dado que se construyen camas de siembra, lo que requiere profundizar con los aperos a unos 30-60 cm, voltear el suelo y romper su estructura.

- El análisis de sostenibilidad permitió establecer, que las prácticas que se realizan en la cuenca Dagua (Restrepo), poseen desde muy baja a baja sostenibilidad ambiental, por lo que, en el mediano y largo plazo, podrían reducir la capacidad del suelo para generar el servicio ecosistémico de aprovisionamiento de alimentos.
- Entre las prácticas que más presión generar al suelo en esta cuenca, se encuentran las relacionadas con los indicadores de asistencia técnica, conservación de las propiedades biológicas y adaptación al cambio climático, que están relacionadas con: a) baja o nula rotación de cultivos, b) baja diversidad de los cultivos debido a sistemas de producción en monocultivo, c) no se aplica MO, la que se aplica es sin compostar o en una dosis baja, lo que contribuye a la reducción del Carbono Orgánico del Suelo (COS), d) baja adopción de prácticas de conservación de la biodiversidad del suelo, como incorporación de arvenses, residuos de cosecha, abonos verdes, organismos eficientes u hongos formadores de micorriza, e) uso de herbicidas y plaguicidas que pueden tener una alta permanencia en el suelo, f) no implementan sistemas de riego, cosecha de agua y no poseen acceso a información agroclimática, y g) asistencia técnica nula o que debe adaptar a sus sistemas productivos.

7.8.2. Recomendaciones cuenca Dagua (Restrepo)

- Realizar intervenciones urgentes en la zona afectada por la degradación del suelo con énfasis, en el cultivo de la piña, para evaluar y mejorar las prácticas de producción que permitan reducir sustancialmente, en el corto plazo, la erosión provocada, evitando que el problema se agudice, mitigando problemas ambientales y sociales debido a la pérdida de la capacidad productiva del suelo.
- Desarrollar e implementar un programa de sensibilización en el municipio de Restrepo sobre la importancia del cuidado del suelo, que se imparta a profesionales del agro, agricultores, estudiantes, instituciones gubernamentales, entre otros, para crear conciencia colectiva de los problemas actuales y las acciones que pueden mitigarlos, y de esta forma contribuir a instalar una red de actores que haga control sobre las prácticas de producción desarrolladas en la región.
- Facilitar el proceso de certificación en Buenas Prácticas Agrícolas en todo el municipio, aún en los cultivos menos intensivos con el suelo, con el objetivo de lograr que los agricultores se sumen directamente al cuidado del ambiente en general y en particular a conservar y recuperar la calidad del suelo.
- Generar un programa de capacitación para asistentes técnicos de la región en “manejo, conservación y recuperación de suelos en zona de ladera”, que permita crear una red de profesionales que impulsen proyectos, iniciativas, estrategias y programas en torno a reducir el riesgo de degradación del suelo.

8. LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS PRIORIZADOS DE LA CUENCA CALI - MUNICIPIO CALI

8.1. CULTIVOS Y PREDIOS PRIORIZADOS CUENCA CALI - MUNICIPIO CALI

Para la priorización de cultivos y predios en la Cuenca Cali (Cali), se tuvieron en cuenta los principales factores condicionantes y su relación con las diferentes prácticas agronómicas. En la Tabla 93, se presenta el análisis general del comportamiento de los factores condicionantes en la cuenca Cali, municipio Cali.

Tabla 93. Análisis de los factores condicionantes para la priorización de cultivos y predios en la cuenca Cali (Cali).

Factor condicionante	Diagnóstico general
Tipo de pendiente	La zona rural del municipio de Cali, en la parte que corresponde a la cuenca del río Cali, se encuentra en las estribaciones de la cordillera Occidental, desde el casco urbano de la ciudad al oriente, la cuenca del río Meléndez y el parque Los Farallones al sur occidente, el municipio de La Cumbre al occidente y el municipio de Yumbo al norte. En la zona de ladera, la más amplia en la cuenca, se presentan diferentes tipos de pendiente, pero predominan las áreas con pendientes abruptas (19-40%) y escarpadas (>40%) . Una pequeña área en las riberas del río Cali, al final de la cuenca, predominan las zonas planas a suavemente inclinadas (0-7%), e inclinadas (7 a 11%) , en esta zona se práctica una agricultura semitecnificada.
Altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)	La agricultura de esta cuenca en el municipio de Cali se desarrolla principalmente desde los 1.500 hasta los 2.000 m.s.n.m. , donde inicia el parque Los Farallones; en esta franja se seleccionaron estudios de caso a diferentes alturas; de la zona plana en la ribera del Río Cali, se seleccionó un estudio de caso a 950 m.s.n.m.
Orden de suelo	Los órdenes predominantes en este cruce cuenca/municipio son los inceptisoles y los entisoles , con una pequeña franja de andisoles en los límites con el Parque Natural Los Farallones de Cali, y otra área reducida de vertisoles en la zona plana en la ribera del río Cali. La actividad agrícola se desarrolla principalmente en los inceptisoles que ocupan una gran parte de los corregimientos de Felidia, La Leonera, Pichinde, La Elvira, y en menor proporción, en los entisoles de estos corregimientos y de La castilla y El Saladito.
Provincia de humedad	El área con mayor desarrollo de actividades agrícolas en esta región coincide con la zona húmeda, la cual presenta alta precipitación, alrededor de los 1.700 mm/año, colindando con el sector muy húmedo del Parque Natural Los Farallones de Cali. Se presenta también un área seca en el extremo nororiental de la cuenca, que incluye parte del piedemonte en los corregimientos de Montebello y Golondrinas y parte de la zona plana en límites con el municipio de Yumbo. Por esta razón se seleccionaron el 80% de los predios para los estudios de caso en la zona húmeda, 10% en los límites con la zona muy húmeda y el 10% restante en la zona plana cerca al río Cali.
Grado de tecnificación de los cultivos	En general se practica la agricultura tradicional con tendencia hacia el uso de prácticas más sostenibles, agricultura limpia la cual implica el uso de plaguicidas de bajo nivel de toxicidad y en algunos casos agricultura orgánica; en su mayor proporción son parcelas pequeñas menores a 3 ha, en las cuales se presentan lluvias durante gran parte del año, cuentan con nacimientos de agua y están rodeados por exuberantes bosques naturales que contribuyen a esta tendencia. Se

Factor condicionante	Diagnóstico general
	encuentran empresas con cultivos de café manejados de forma orgánica en la zona de Pichindé que desarrollan procesos de certificación orgánica para la exportación. El cultivo del café tradicional se conserva en asocio con otros cultivos, aunque se ha reducido considerablemente, cediendo área en la región a otros cultivos, como hortalizas, que aprovechan la posibilidad de mercado en la ciudad de Cali y adoptan prácticas tecnificadas , entre las que destacan: uso de motocultores, semillas certificadas, insumos para la fertilización y el control fitosanitario. En la zona plana se practica una agricultura más tecnificada con labranza mecanizada convencional, construcción de camas, uso ocasional de acolchado plástico, uso intensivo de insumos fertilizantes y plaguicidas que aplican con bomba estacionaria.
Tipo de cultivo	Se presentan en la región monocultivos de cultivos transitorios como hortalizas, permanentes de café y semipermanentes en la zona plana de maracuyá y papaya; es más frecuente el establecimiento de policultivos y cultivos asociados que mezclan cultivos transitorios con permanentes y semipermanentes como aromáticas con frutales, café, plátano, yuca, entre otros.
Principales cultivos	De acuerdo con los factores condicionantes en la cuenca Cali (municipio Cali), los cultivos más representativos son: café, cítricos, hortalizas (incluye lechuga, cilantro, tomate, arveja, habichuela, perejil, zanahoria, repollo, acelga, pimentón, ahuyama, ají, cebolla de rama, entre otros), frutales (incluye guayaba, aguacate, mora, tomate de árbol, mango, entre otros), plátano, aromáticas, entre otros. Esta información corresponde a lo reportado en las EVAs del año 2020 para el municipio de Cali.

En la Tabla 94 y Figura 112 se presentan las áreas de cultivo en la cuenca Cali, municipio Cali. La línea de base se levantó mediante el estudio de caso de cada uno de los cultivos relacionados.

Tabla 94. Distribución de las áreas sembradas por cultivo en la cuenca Cali (Cali).

Cultivo	Área (ha)	Área (%)
Café	646	72%
Cítricos	59	7%
Hortalizas	63	7%
Frutales	45	5%
Plátano	33	4%
Plantas Aromáticas	22	2%
Fríjol	18	2%
Otros	11.6	1%

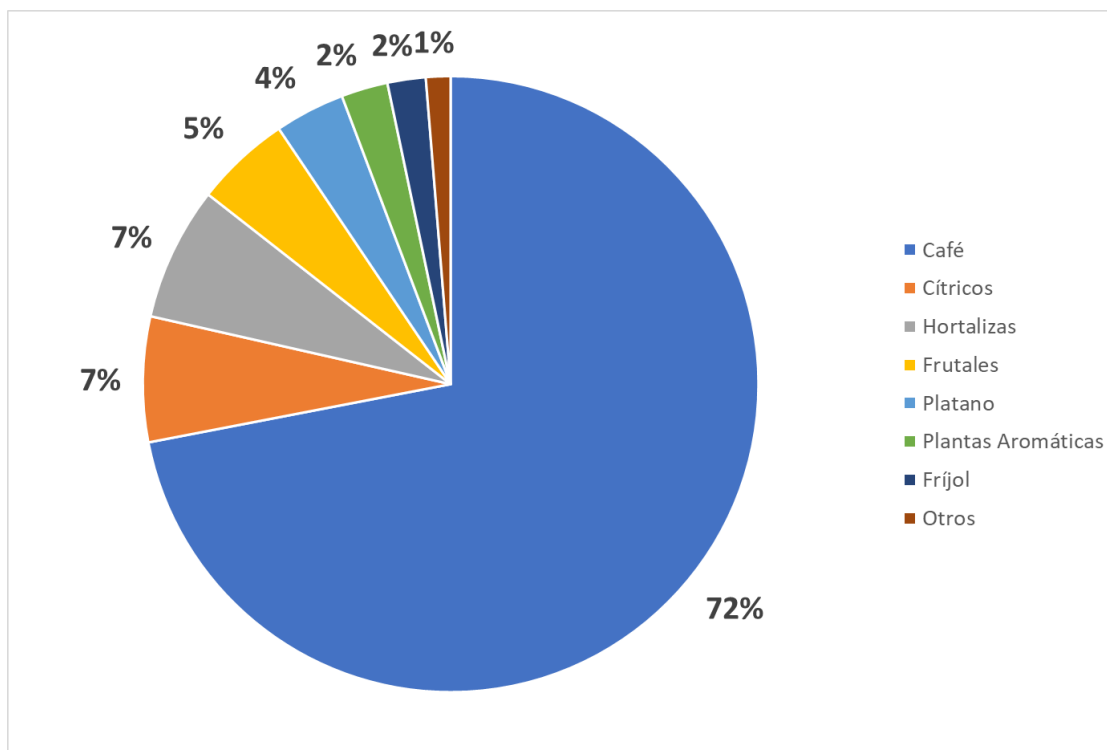


Figura 112. Distribución porcentual de cultivos agrícolas en la cuenca Cali (Cali).

Los cultivos y predios que se incluyeron para el levantamiento de la línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo en la cuenca Cali (municipio Cali) se presentan en la Tabla 95. Esta información resulto de gran importancia para ser presentada a técnicos y profesionales agrícolas que ofrecen sus servicios en el área de los cuales se recibió importante apoyo para la preselección de predios, con el análisis e integración de los factores condicionantes considerados en este estudio.

El análisis realizado permitió seleccionar predios representativos de cultivos predominantes en la cuenca Cali (municipio Cali). A continuación, se presenta la descripción general de algunos cultivos priorizados.

- **Café:** Con 646 ha reportadas, representa el 72% del área sembrada en el municipio sin tener en cuenta la caña de azúcar, constituye el mayor cultivo de la región, en su mayoría se encuentra distribuido en pequeños predios y asociado a cultivos de pancoger, plátano, otros frutales, yuca y hortalizas. Se incluyó en el estudio la mayor productora de la región “La Inmaculada” que cuenta con 7 ha de monocultivo que se encuentra en el corregimiento Pichindé – La Leonera.

Tabla 95. Cultivos y predios seleccionados como estudios de caso en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	Tipo de Cultivo	Grado de Tecnificación	Tipo de Pendiente	Altura (msnm)	Orden de Suelo	Provincia de Humedad
El Caney	Maracuyá	Semipermanente	Tecnificado	Plana	950	Vertisol	Seco
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	Transitorio	Tradicional	Muy Inclinada	1672	Entisol	Húmedo
La Palma	Aromáticas, Hortalizas y Frutales	Transitorio	Tradicional	Abrupta	1695	Entisol	Húmedo
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	Transitorio	Semitecnificado	Muy Inclinada	2008	Inceptisol	Húmedo
La Esperanza	Hortalizas	Transitorio	Semitecnificado	Muy Inclinada	1968	Inceptisol	Húmedo
Los Yarumos	Aromáticas y Hortalizas	Transitorio	Semitecnificado	Abrupta	1981	Andisol	Húmedo
San Joaquín	Hortalizas, Archuca y Fríjol	Transitorio	Tradicional	Abrupta	1922	Inceptisol	Muy Húmedo
Reino de Ramanha	Aromáticas, Hortalizas y Frutales	Transitorio	Tradicional	Muy Inclinada	1669	Inceptisol	Húmedo
Las Nubes	Café	Permanente	Semitecnificado	Muy Inclinada	1862	Inceptisol	Húmedo
Los Guamos	Aromáticas, Hortalizas y Frutales	Transitorio	Semitecnificado	Abrupta	1893	Inceptisol	Húmedo

- **Cultivos Asociados y Policultivos:** Se tienen 195 ha de este tipo de cultivos constituyéndose en el segundo renglón de cobertura agrícola en esta cuenca; se componen de pequeños lotes de cultivo en una misma área (policultivos), o cultivos intercalados entre los lotes de producción (cultivos asociados), que incluyen: aromáticas (yerbabuena, romero y albahaca), frutales (plátano, cítricos, aguacate, guayaba y tomate de árbol), pancoger (yuca, maíz, frijol y hortalizas), en áreas menores a 5 ha, y muy comúnmente menores a 2 ha, uso de tecnología tradicional y con una tendencia hacia cultivos orgánicos, que aprovecha el abundante suministro de agua por parte de las precipitaciones, nacimientos y quebradas.
- **Hortalizas:** Son 63 ha en las que se siembran una amplia gama de cultivos hortícolas, los cuales aprovechan el agua de los nacimientos y las quebradas, así como la abundancia de precipitaciones en esta región, rica también en bosques naturales, para producir hortalizas que son muy apreciadas en mercados de Cali y poblaciones cercanas; entre ellos se encuentra: cilantro, habichuela, lechuga, repollo, acelga, tomate, acelga, perejil, pimentón, zanahoria, ají, cebolla de rama, entre otros.
- **Otros cultivos menores:**

Maracuyá: junto con la papaya, son los cultivos de la zona plana seca de la cuenca del río Cali y constituyen las muestras sobre agricultura tecnificada de monocultivo en la cuenca, razón por la cual se seleccionaron como uno de los estudios de caso con el objetivo de complementar los escenarios de producción en la cuenca Cali.

8.2. LINEA BASE SOBRE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE LA CUENCA CALI - MUNICIPIO CALI

La elaboración de la línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo de suelos en cultivos de la Cuenca Cali Municipio Cali, se consolidó a partir de información primaria proveniente de encuestas, entrevistas individuales a técnicos y profesionales agrícolas, y entrevistas a grupos de expertos de la región. El enfoque del análisis se presentó en la Figura 27.

8.2.1. Tipo de labranza

Labranza mínima: Es el tipo de labranza más utilizado en la zona de ladera de Cali, en su mayor parte es labranza cero, que consiste en eliminar las arvenses en el lote que se va a plantar bien sea con herbicidas o con herramientas manuales (azadón principalmente) y proceder a hacer un hoyo de 40x40x40cm (Figura 113).

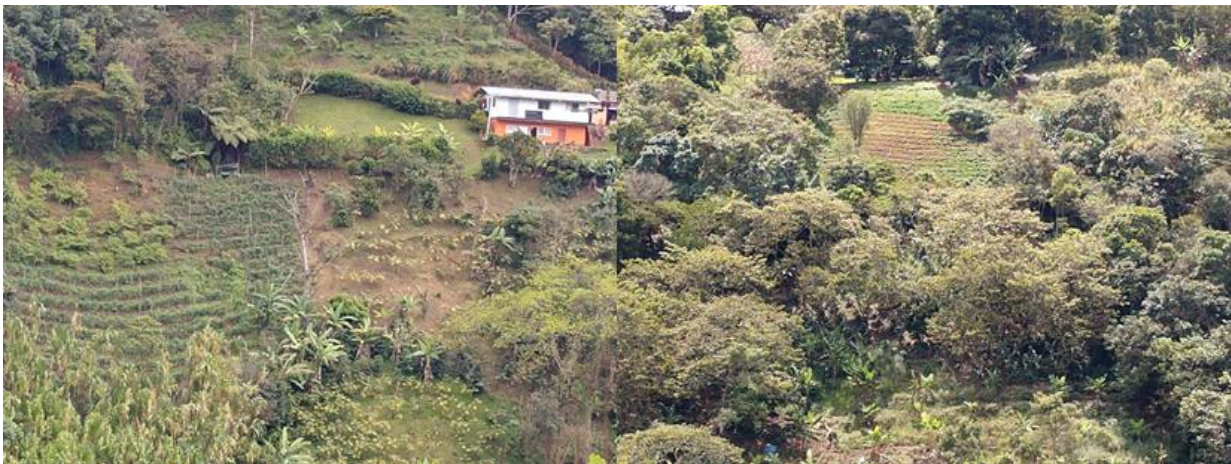


Figura 113. Labranza mínima en zona de ladera, cuenca Cali (Cali).

Labranza convencional: En una franja de la zona plana en la ribera del río Cali, se observan algunos predios en los que se producen cultivos de forma tecnificada, como: maracuyá, papaya y ají tabasco; realizan labranza mecanizada con tractores, rastras y subsolador, hacen varios pases cruzados hasta lograr romper la estructura del suelo, luego construyen camas y ponen cintas de riego por goteo; en ocasiones utilizan acolchados plásticos para cubrir las camas y así manejar las arvenses reduciendo considerablemente el uso de herbicidas (Figura 114).



Figura 114. Labranza convencional mecanizada cultivo de maracuyá y motocultor, cuenca Cali (Cali).

En la Tabla 96, se presenta el tipo de labranza que se utiliza en cada predio y los cultivos que manejan. En los estudios de caso evaluados, el 90% de los predios realiza labranza mínima, y el restante 10% labranza convencional, tal y como esta descrita en los párrafos anteriores.

Tabla 96. Tipo de labranza realizada en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	Tipo de Labranza
El Caney	Maracuyá	Convencional
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	Mínima
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	Mínima
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	Mínima
La Esperanza	Hortalizas	Mínima
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	Mínima
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Frijol	Mínima
Reino de Ramanha	Cítricos, Aromáticas y Hortalizas	Mínima
Las Nubes	Café	Mínima
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	Mínima

8.2.2. Preparación del terreno para la siembra

- **Hoyado y Siembra:** Se realiza un hoyo de 40x40x40cm, desinfectarlo con cal, al que luego se aplica materia orgánica para dejar listo el sitio de siembra de cada planta. Los agricultores que manejan hortalizas han empezado a adoptar prácticas con mayor tecnificación, y usan un motocultor para hacer surcos en el suelo, por lo regular en contra de la pendiente (Figura 115).



Figura 115. Cultivo de café asociado con frutales, sembrado mediante ahoyado, cuenca Cali (Cali).

- **Camas:** En la zona plana en los cultivos de maracuyá, papaya y ají tabasco, después de la labranza se procede a realizar camas (sobre las que se siembra el cultivo), a través diversos implementos. Es el caso del predio El Caney, esta labor se realiza utilizando una zanjadora para acumular un alto volumen de suelo sobre las líneas de siembra, posteriormente se pasa una barra niveladora sobre el suelo para conformar la cama. Esta labor se realiza para evitar que los suelos se encharquen en la zona de raíces y provoquen enfermedades o ahogamiento de las plantas (Figura 116).



Figura 116. Cultivo de Maracuyá sembrado en camas, cuenca Cali (Cali).

En la Tabla 97, se presenta la información del tipo de preparación del terreno por predio y los cultivos que manejan. En los predios seleccionados como estudios de caso, el 30% siembra a nivel del suelo, otro 30% siembra en surcos, un 30% siembra en bateas por planta y el restante 10% construye camas para sembrar sobre ellas.

Tabla 97. Tipo de sistema de siembra implementado en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	Sistema de Siembra
El Caney	Maracuyá	Camas
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	Batea por Planta
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	Batea por Planta
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	A Nivel del Suelo
La Esperanza	Hortalizas	Surcos
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	A Nivel del Suelo
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Frijol	A Nivel del Suelo
Reino de Ramanha	Cítricos, Aromáticas y Hortalizas	Batea por Planta
Las Nubes	Café	Surcos
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	Surcos

8.2.3. Manejo de arvenses

En general, en la región existe una tendencia a la producción más sostenible (producción limpia y orgánica). En este sentido, el uso de herbicidas es restringido, en dosis necesarias y de baja toxicidad, y ya que los lotes de cultivo no son extensos, se realiza manejo manual con herramientas (azadón y machete, principalmente), en algunos casos, con guadaña que alternan con uso de herbicidas en las zonas prioritarias (“parqueo”); entre los herbicidas que utilizan se encuentran: paraquat. En la zona plana de Arroyohondo, en el predio El Caney, se manejan con herbicidas como paraquat, glufosinato de amonio, entre otros (Figura 117).



Figura 117. Manejo de arvenses en la zona de ladera cultivo de aromáticas, cuenca Cali (Cali).

En la Tabla 98, se presenta la información obtenida en cada uno de los predios que se seleccionaron como estudios de caso; el 80% de los predios realizan el manejo de arvenses de forma manual; en el restante 20% se utilizan herbicidas y manejo manual (con guadaña o plateo).

En la Tabla 99 se encuentran los principales ingredientes activos de los herbicidas utilizados en los predios seleccionados como estudios de caso, destaca principalmente el Paraquat en la que algunos de los productos se encuentran en la categoría toxicológica II y otros en la I, y tiene una persistencia extrema en el suelo.

Tabla 98. Forma de manejo de las arvenses en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	Manejo de Arvenses
El Caney	Maracuyá	Herbicidas y Manual
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	Manual
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	Herbicidas y Manual
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	Manual
La Esperanza	Hortalizas	Manual
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	Manual
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Frijol	Manual
Reino de Ramanha	Cítricos, Aromáticas y Hortalizas	Manual
Las Nubes	Café	Manual
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	Manual

Tabla 99. Ingredientes activos de los herbicidas utilizados en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Ingrediente Activo	Insumos que lo contienen	Categoría Toxicológica	Persistencia en el Suelo
Paraquat	3	II-I	Extrema
Glufosinato de Amonio	3	II	Ligera a No Persistente

8.2.4. Sistema de riego

En la zona de ladera las altas precipitaciones cubren las necesidades hídricas de los cultivos, por lo que los agricultores reportan no necesitar sistemas de riego durante gran parte del año. Los que poseen sistemas de riego, lo utilizan como riego suplementario en momentos críticos, como durante las temporadas de bajas precipitaciones; el agua con la que alimentan los sistemas de riego procede de nacimientos o agua lluvia almacenada, la cual aplican con manguera, aspersores de bajo caudal o goteo. En la zona plana se usa riego por goteo durante las diferentes temporadas, debido a que se encuentran en una franja muy seca y las precipitaciones no suplen los requerimientos hídricos de los cultivos.

En la Tabla 100 se aprecia como se maneja el riego en cada uno de los predios que fueron seleccionados como estudios de caso; el 70% de los predios cuenta con sistema de riego por aspersión, otro 20% de los predios no tienen sistema de riego, son totalmente dependientes de la precipitación y por tanto para obtener altos rendimientos requieren que se presenten en las temporadas adecuadas y en la cantidad suficiente, lo que genera alta incertidumbre; el 10% restante de los predios poseen sistemas de riego de alta frecuencia por goteo, lo que les permite para hacer un uso eficiente del recurso agua con el que cuentan, suministrarlo en las cantidades y los momentos requeridos por el cultivo y adaptarse a posibles eventos extremos donde la oferta hídrica pueda reducirse considerablemente.

Tabla 100. Tipo de sistema de riego usado en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	Tipo de Riego
El Caney	Maracuyá	Goteo
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	Aspersión
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	Aspersión
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	Aspersión
La Esperanza	Hortalizas	Aspersión
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	Aspersión
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Frijol	Aspersión
Reino de Ramanha	Cítricos, Aromáticas y Hortalizas	Sin Riego
Las Nubes	Café	Sin Riego
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	Aspersión

8.2.5. Manejo de Plagas y Enfermedades

En la zona de ladera en los cultivos asociados y policultivos, el uso de plaguicidas es poco frecuente, y solo se aplica cuando los problemas fitosanitarios generan graves problemas para la sobrevivencia de las plantas (alta presencia de plagas o alta incidencia y severidad de organismos causantes de enfermedades). La baja tendencia al uso de plaguicidas también se correlaciona con la alta diversidad de los agroecosistemas que se manejan, los cuales mantienen una alta presencia de organismos que realizan control natural, atacando los organismos considerados plagas y reduciendo sus poblaciones hasta los límites en que no generan graves consecuencias a las plantas (Figura 118).

En los cultivos de hortalizas que tienen un mayor grado de tecnificación y se manejan en monocultivo, sí se presentan plagas que deben ser manejadas con plaguicidas, esta tecnología es adoptada por los propios agricultores o es recomendada en forma de paquete tecnológico por quienes suministran las semillas, ya que en esta zona la presencia de ingenieros o técnicos de las casas comerciales es poco frecuente, no es atractiva la zona comercialmente por los pocos cultivos y el poco uso de plaguicidas. En la zona de ladera la aspersión se realiza con bombas de espalda manual o con motor; y en la zona plana se realiza con bombas estacionarias a través de mangueras dispuestas hasta el lote.



Figura 118. Sistemas en policultivo o cultivo asociado en torno a bosques naturales en los que se realizan bajas aplicaciones de plaguicidas, cuenca Cali (Cali).

8.2.6. Fertilización

Debido a que en la zona anteriormente se sembraba café, conservan algunas técnicas para la fertilización similares, aplican fertilizantes compuestos como: 10:30:10, 13:26:6 o triple 15, directamente sobre el suelo entorno a la planta (en la “corona”), en hoyos que hacen en la zona de raíces, o al voleo cerca al tallo de las plantas. Los cultivos

manejados de forma orgánica aplican gallinaza o bovinaza, y por ejemplo en el café se utilizan insumos certificados orgánicos como fuentes de nutrientes. En la zona plana se usa la maquina estacionaria para aplicar fertilizantes disueltos en agua con mangueras en cada lote (Figura 119).



Figura 119. Foto de referencia sobre el uso de bombas estacionarias para fertilización con maguera en el lote

En la Tabla 101 se presenta la información para cada uno de los predios seleccionados como estudios de caso; para el caso de la fertilización edáfica, se aprecia que el 70% de los predios la realizan de forma manual sea al voleo o sobre el suelo cercano la planta. En cuanto a la fertilización foliar, se aprecia que el 70% de los predios aplica fertilizantes foliares mediante bomba de espalda; 20% aplican con bomba estacionaria y otro 10% no realiza esta práctica debido a que no cuenta con los recursos para adquirir fertilizantes foliares y además no es una práctica habitual en la agricultura tradicional con tendencia hacia la agricultura orgánica que se desarrolla en el predio (Reino de Ramanha).

Tabla 101. Forma de fertilización edáfica y foliar en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	Forma de Fertilización Edáfica	Forma de Fertilización Foliar
El Caney	Maracuyá	Estacionaria	Estacionaria
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	Manual	Bomba de Espalda
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	Manual	Bomba de Espalda
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	Manual	Bomba de

Predio	Cultivo	Forma de Fertilización Edáfica	Forma de Fertilización Foliar
			Espalda
La Esperanza	Hortalizas	Fertirriego	Bomba de Espalda
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	Manual	Bomba de Espalda
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Fríjol	Manual	Bomba de Espalda
Reino de Ramanha	Cítricos, Aromáticas y Hortalizas	Manual	No Aplica
Las Nubes	Café	Manual	Estacionaria
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	Fertirriego	Bomba de Espalda

8.2.7. Cosecha

Se hace de forma manual en cada surco y se lleva a la carretera en canastillas plásticas donde es recogida para el transporte hasta el lugar de comercialización.

8.2.8. Acompañamiento técnico y aseguramiento de la calidad en las labores

Debido a las características de producción en la zona de ladera de la cuenca, que consiste en pequeños agricultores dispersos, cultivos asociados, baja adopción de tecnologías, bajo uso de insumos agroquímicos, esta región no es vista como un nicho comercial por los asistentes técnicos de las casas comerciales, ni existe una oferta suficiente de asistentes particulares, por lo que la implementación de tecnología se encuentra asociada a proyectos de entidades gubernamentales que trabajan en conjunto con organizaciones sociales y de agricultores de la región. En la zona plana debido a la práctica de una agricultura más tecnificada, con uso de insumos, es visitada por los ingenieros de las casas comerciales.

La certificación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), no es utilizada por los agricultores de la región, algunos se interesan por certificaciones orgánicas para la exportación, pero en general es baja posibilidad del monitoreo y generar trazabilidad de las prácticas e insumos utilizados en la producción.

En la Tabla 102 se presenta la información sobre certificación en BPA en cada uno de los predios seleccionados como estudios de caso, en la que se observa que ninguno maneja este tipo de certificación, lo que impide realizar trazabilidad sobre las prácticas realizadas y como estas podrían afectar la salud del agroecosistema en general y la salud del suelo en específico. Esta es una de las grandes debilidades en esta cuenca, aunque refleja la dinámica de los pequeños y medianos agricultores de la región. Solo en el predio Las Nubes se está llevando a cabo un proceso de aplicación para una certificación orgánica que les permita exportar el café en un mercado especializado, pero por el momento no cuentan con este tipo de herramientas.

Tabla 102. Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	Certificación BPA del ICA
El Caney	Maracuyá	No
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	No
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	No
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	No
La Esperanza	Hortalizas	No
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	No
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Fríjol	No
Reino de Ramanha	Cítricos, Aromáticas y Hortalizas	No
Las Nubes	Café	Aplicando a Certificación Orgánica
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	No

8.2.9. Resumen de prácticas agronómicas asociadas al manejo del cultivo

En la Tablas 103 a 106, se presenta el resumen de las prácticas agronómicas asociadas con el manejo y uso del suelo para los cultivos agrícolas priorizados en la Cuenca Cali (municipio Cali).

Tabla 103. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Café, cuenca Cali (Cali).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	En este cultivo permanente, en el corregimiento de Pichindé, se usa labranza mínima cuando se abren nuevos lotes o cuando se renueva alguno; consiste en eliminar las arvenses de forma manual y hacer un hoyo para la siembra, por ser manejado de forma orgánica y estar en proceso de certificación no pueden usar herbicidas o algún otro insumo agroquímico.
Manejo de arvenses	Esta práctica se realiza de forma manual alrededor del “plato” de la planta y las calles se hacen con guadaña de motor.
Sistema de Riego	No cuentan con sistema de riego, el cultivo aprovecha el abundante suministro de agua durante la temporada de altas precipitaciones para suplir los requerimientos hídricos.
Manejo Plagas y Enfermedades	Es poco frecuente el uso de plaguicidas, pero en caso de requerirlo, usan insumos biológicos certificados.
Fertilización	Manejan una línea de fertilizantes orgánicos certificados que usan con regularidad alternado con el compost.
Cosecha	Se realiza en forma manual, para luego llevarla al beneficiadero.

Tabla 104. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Hortalizas, cuenca Cali (Cali).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	En los predios donde se cultivan hortalizas de forma más intensiva como en el predio La Cañada y La Esperanza se utiliza el motocultor para la labranza, el cual tienen varios aperos con los que puede romper el suelo y removerlo hasta 15 o 20 cm de profundidad, lo cual hace que la labor sea más rápida y efectiva en comparación con una labranza manual o con yunta de bueyes. La labranza se realiza en contra de la pendiente o un poco inclinada para mejorar la eficiencia del equipo que utilizan. En otros predios en el que la labranza es menos intensiva, se siembra a nivel del suelo sin construir camas para aprovechar la pendiente del terreno para el drenaje; en estos predios se realizan hoyos de 15x15cm, los cuales se desinfectan y se aplica materia orgánica como gallinaza o bovinaza seca, luego se siembran las plántulas.
Manejo de arvenses	Se realiza plateo manual y aplicación de herbicidas solo en las calles, se usan herbicidas de contacto con pantalla para no afectar el cultivo, ya que las hortalizas son muy sensibles, también la alternan con uso de guadaña.
Sistema de Riego	La mayoría no utilizan sistemas de riego, gran parte del agua que suple los requerimientos hídricos de los cultivos es suministrada por la lluvia durante la temporada de altas precipitaciones; en los predios que cuentan con sistemas de riego, usan el agua proveniente de nacimientos en los momentos más críticos de la temporada de bajas precipitaciones, el agua es guiada por gravedad hasta el lote.
Manejo Plagas y Enfermedades	Se aplican plaguicidas con bomba de espalda, bien sean manuales o con motor; la frecuencia de uso depende de la intensidad del ataque de las plagas y enfermedades, las cuales son poco comunes, ya que los cultivos se manejan dentro de agroecosistemas de alta biodiversidad, lo cual genera control natural de los organismos que puedan considerarse plagas.
Fertilización	Se aplican fertilizantes compuestos de N:P:K, y se adicionan otros que contienen elementos menores, ya que las hortalizas requieren de una muy buena nutrición para su desarrollo y alto rendimiento.
Cosecha	Esta actividad se realiza de forma manual, los productos cosechados se transportan a la carretera en canastillas y carretillas para luego ser llevados hasta el lugar de comercialización.

Tabla 105. Resumen de prácticas agronómicas Policultivos y Cultivos Asociados, cuenca Cali (Cali).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	En los policultivos y cultivos asociados se realiza preparación del terreno en pequeñas áreas con herramientas manuales como azadón, pala, entre otros; luego, en los policultivos, se proceden a hacer surcos en contra de la pendiente y en ellos se hace el hoyado y la siembra de las plántulas de acuerdo con las necesidades del mercado o de los agricultores. En los cultivos asociados se plantan intercaladas las plántulas de cada especie y se van reemplazando de acuerdo con las necesidades del mercado o de la producción para los transformados.
Manejo de arvenses	En los policultivos se realiza un control manual con azadón o machete, solo en algunas ocasiones se utilizan herbicidas para evitar la competencia en los pequeños lotes plantados. En los cultivos asociados el control manual es esporádico y se permite la competencia entre arvenses y plantas productivas para no usar herbicidas.
Sistemas de Riego	En general en ambos sistemas productivos no se usan sistemas de riego, aprovechan el agua lluvia durante las temporadas de más alta precipitación, y en las de más baja recurren a riegos suplementarios con mangueras de jardín o aspersores de bajo caudal para aplicar agua de afloramientos cercanos.
Manejo Plagas y Enfermedades	En los policultivos es posible que se manifiesten plagas y enfermedades no tan comunes como en el monocultivo, por lo que sí realizan aplicaciones con bombas de espalda manual. En los cultivos asociados no se hace aspersión de plaguicidas.
Fertilización	En los policultivos se aplican fertilizantes compuestos de N:P:K en forma edáfica en la época de siembra, durante momentos críticos de la producción como el crecimiento, floración o llenado, se aplican elementos menores conforme a la experiencia o la recomendación de quienes venden las semillas. En los Cultivos asociados no se hacen aplicación de fertilizantes, solo materia orgánica como gallinaza o bovinaza.
Cosecha	En ambos casos se realiza de forma manual y se transporta en canastillas hasta la carretera o la casa para ser procesados o trasladados hasta el lugar de comercialización.

Tabla 106. Resumen de prácticas agronómicas cultivo de Maracuyá, cuenca Cali (Cali).

Práctica	Descripción
Labranza y preparación del terreno	Debido a las condiciones del suelo arcilloso con altos contenidos de magnesio, el drenaje es lento y tiende al encharcamiento por su topografía plana, se realiza labranza mecanizada con tractor e implementos como rastras, subsoladores de tres cuerpos y varias rastrilladas para romper la estructura del suelo, luego se construyen camas para evitar el encharcamiento, ya que estas pasifloras son muy susceptibles a microorganismos causantes de enfermedades, especialmente a Fusarium, que inhabilita los lotes de cultivo por varios años; se colocan cintas para realizar riego por goteo. Este cultivo es semipermanente, con una duración de dos años, luego se rota el cultivo de acuerdo con la exigencia del mercado, por lo que la labranza se realiza cada dos años.
Manejo de arvenses	Se realiza alternado el uso de guadaña con herbicidas de contacto y glufosinato de amonio, en ocasiones se usa glifosato en las calles, entre lotes y en los alrededores de lote. La aplicación se hace con bombas de espalda y boquillas de cortina con protector para evitar toxicidad en las plantas de cultivo. La frecuencia depende de la agresividad de las arvenses que es mayor en la temporada de altas precipitaciones y durante el periodo entre cosecha y levante del cultivo, una vez que el cultivo crece la competencia es solo en las calles.
Sistema de Riego	Se realiza riego por goteo durante la temporada de bajas precipitaciones, utilizando agua proveniente del río Cauca, no se usa balance hídrico, pero si la prueba del puño en la capa superficial, tomando un puñado de suelo húmedo de los primeros 30 cm y apretándolo con fuerza, y en caso de escurrir agua entre los dedos, se estima que aún no es momento de regar.
Manejo Plagas y Enfermedades	Se usa una bomba estacionaria y con mangueras que llegan a los lotes se realiza la aspersion para evitar que los trabajadores deban cargar con el producto en la espalda. En promedio se realizan aplicaciones semanales, dependiendo de los ataques de thrips, ácaros y mosca del botón (<i>Ovario dasiops</i>), así como también las enfermedades que atacan al cultivo, especialmente la antracnosis. Es muy sensible a pudriciones de la raíz por lo que se acostumbra a realizar “vacunas al suelo” con fungicidas de amplio espectro como los que contienen los ingredientes activos: fosetil de aluminio, captan, entre otros.
Fertilización	Se realizan aplicaciones edáficas en presiembra y en los primeros estados de crecimiento, durante los ciclos de producción se alternan edáficas con “aguates”, que consisten en aplicaciones líquidas de fertilizantes mezclados y aplicados a través de la bomba estacionaria con las mangueras sin boquilla. Se aplican mezclas de N.P:K y elementos menores en dosis que varían de acuerdo a la etapa de crecimiento, floración, llenado de fruta o maduración. Como las plantas están sembradas a 4 o 6 metros de distancia entre ellas, la fertilización se hace solo en el “plato” de la planta y de manera superficial ya que las raíces absorbentes se encuentran muy cerca del suelo a unos dos cm de profundidad.
Cosecha	Se hace de forma manual, recolectando las frutas caídas al piso o se recolectan desde la planta y se llevan en canastillas hasta el tractor que se mueve por las calles.

8.3. CAMPAÑAS DE MUESTREO DE SUELOS Y AGUAS CUENCA CALI MUNICIPIO CALI

En los 10 predios priorizados (cultivos) en la Cuenca Cali Municipio Cali se adelantaron campañas de muestreo de suelos (Tabla 107). Con el fin de establecer las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas, se obtuvieron 30 muestras de suelo disturbado (3 muestras de suelo por cultivo en lotes diferentes) y 30 muestras de suelo no disturbado (cilindro biselado) para análisis físico; en los diez predios se tomaron muestras de agua para análisis químico durante la temporada de altas precipitaciones; se tomaron cuatro muestras de agua adicionales durante la temporada de bajas precipitaciones (Tabla 108).

Tabla 107. Codificación muestras de suelo y agua tomadas en la cuenca Cali (Cali).

Consecutivo Muestra Suelo	Coordenada X	Coordenada Y	Vereda	Finca	Altura (msnm)	Cultivo	Consecutivo Muestra Agua
PCAL-01	-76.4929	3.508821	Arroyo Hondo	El Caney	950	Maracuyá	PCAL-A-01
PCAL-02	-76.49667	3.509213					
PCAL-03	-76.50005	3.509469					
PCAL-04	-76.59854	3.504421	La Elvira	Villa Nueva	1672	Aromáticas	PCAL-A-02
PCAL-05	-76.59794	3.504056					
PCAL-06	-76.59783	3.504408					
PCAL-07	-76.57722	3.493198	La Castilla	La Palma	1690	Aromáticas	PCAL-A-03
PCAL-08	-76.57778	3.493485					
PCAL-09	-76.57964	3.495474					
PCAL-10	-76.63905	3.478262	Felidia	La Cañada	2008	Hortalizas	PCAL-A-04
PCAL-11	-76.63946	3.477244					
PCAL-12	-76.63873	3.477427					
PCAL-13	-76.63748	3.4789	Felidia	La Esperanza	1947	Hortalizas	PCAL-A-05
PCAL-14	-76.63828	3.478627					
PCAL-15	-76.63676	3.477157					
PCAL-16	-76.65041	3.465175	Felidia	Los Yarumos	1981	Aromáticas	PCAL-A-06
PCAL-17	-76.65011	3.465056					
PCAL-18	-76.65073	3.465019					
PCAL-19	-76.65394	3.452666	La Leonera	San Joaquín	1922	Hortalizas	PCAL-A-07
PCAL-20	-76.65388	3.452508					
PCAL-21	-76.65369	3.453102					
PCAL-22	-76.61792	3.426529	Los Andes	Reino de Ramanha	1669	Aromáticas	PCAL-A-08
PCAL-23	-76.61819	3.426338					
PCAL-24	-76.61777	3.426862					
PCAL-25	-76.62018	3.451497	Pichinde	Las Nubes	1862	Café	PCAL-A-09
PCAL-26	-76.62107	3.45197					
PCAL-27	-76.62255	3.452149					
PCAL-28	-76.63655	3.450694	La Leonera	Los Guamos	1893	Aromáticas	PCAL-A-10
PCAL-29	-76.63668	3.450591					
PCAL-30	-76.63696	3.450948					

Tabla 108. Sitios de muestreo de aguas durante la temporada de bajas precipitaciones. Cuenca Dagua (Restrepo).

Consecutivo Muestra Agua	Coordenada X	Coordenada Y	Predio/Zona
PCAL-A-11	-76.639457	3.477244	La Cañada
PCAL-A-12	-76.653936	3.452666	San Joaquín
PCAL-A-13	-76.4929	3.508821	El Caney
PCAL-A-14	-76.577218	3.493198	La Palma

Los 10 predios donde se realizó el muestreo se encuentran en su mayoría en la zona de ladera (90%). El 80% de los predios manejan cultivos transitorios, y el porcentaje

restante se divide entre semipermanente y permanente, cada uno con 10%; predominan los agroecosistemas en policultivo (50%), y los cultivos asociados representan (40%), en monocultivo solo se muestreo un 10% de los predios. En cuanto al acceso a tecnología, el 60% de los predios se manejan de forma tradicional, y solo el 10% se cataloga como tecnificado, el porcentaje restante se encuentra en la categoría de semitecnificado; por otro lado, el 60% de los predios muestreados desarrollan sus actividades sobre inceptisoles, 20% sobre entisoles, y el porcentaje restante sobre vertisoles y andisoles, cada uno con un 10%.

Los principales ordenes de suelo de la cuenca Cali son: andisoles, entisoles e inceptisoles. Esta información, junto a los cultivos principales relacionados en la cuenca, permitieron identificar cuatro zonas a muestrear y cinco cultivos a priorizar, relacionados a continuación (Figura 120):

- Zona 1: corregimientos Felidia, La Leonera y Pichinde; cultivos priorizados: Aromáticas, hortalizas, café, tomate en invernadero.
- Zona 2: corregimientos Los Andes; cultivos priorizados: Aromáticas, café y frutales.
- Zona 3: corregimientos La Elvira y La Castilla; cultivos priorizados: Aromáticas, hortalizas y frutales.
- Zona 4: corregimiento Arroyo Hondo; cultivos priorizados: Maracuya y papaya.

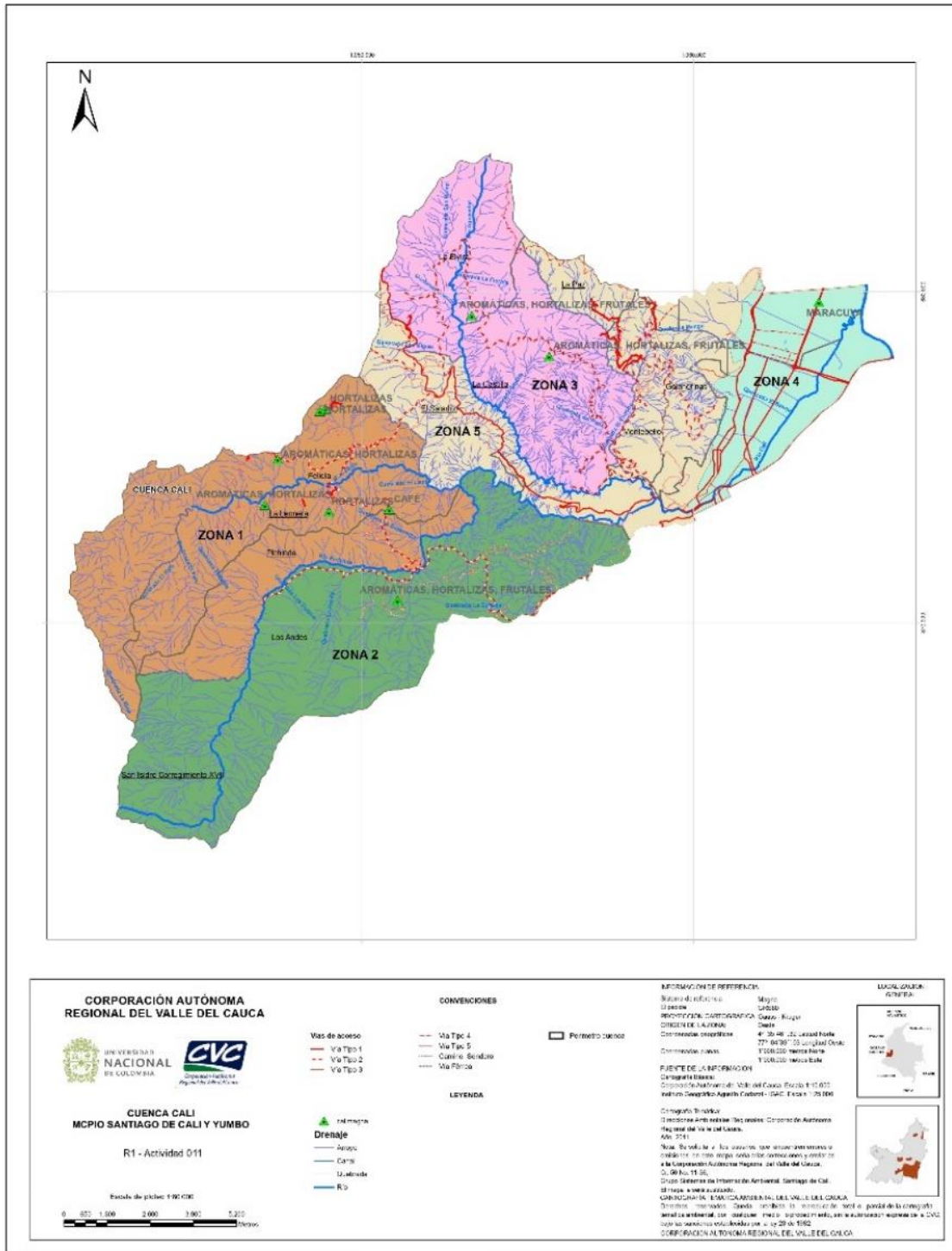


Figura 120. Zonas de muestreo identificadas en la cuenca Cali (municipio Cali). Fuente: Elaboración equipo técnico del proyecto. Anexo 7.

8.4. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN LA CUENCA CALI – MUNICIPIO CALI

De acuerdo con los datos proporcionados por los análisis fisicoquímicos de suelos que se tomaron en cada uno de los predios seleccionados para los estudios de caso en la Cuenca Cali, municipio Cali, se encontraron las siguientes características:

Zona de Ladera:

- **Hortalizas con manejo semitécnificado:** Corresponde a cultivos en la zona húmeda de los inceptisoles, se tomaron dos predios en el corregimiento Felidia por ser los más representativos de este tipo de agricultura en la región. El predio La Cañada presenta suelos neutros a fuertemente ácidos, de texturas francas y franco arcillosas, con buen contenido de materia orgánica y buena a baja fertilidad, altos contenidos de bases intercambiables (Ca, Mg y K), pero desbalances que pueden causar deficiencias de Ca y Mg; el Fe es muy alto al igual que los contenidos de P; el predio La Esperanza presenta suelos ligeramente ácidos con alto contenido de K y posibles deficiencias de Ca, Mg y Mn.
- **Café en monocultivo:** En el predio Las Nubes de la Empresa La Inmaculada en el corregimiento de Pichinde, se presentan suelos moderadamente ácidos con alta materia orgánica, buena fertilidad y de texturas francas y arcillosas, alto contenido de bases intercambiables, pero posible deficiencia de K; también se presentan muy altos contenidos de Fe y el P puede presentar deficiencias.
- **Cultivos asociados de manejo orgánico:** Estos suelos del predio Reino de Ramahana, en el corregimiento Los Andes, lleva más de 20 años en cultivo orgánico asociado sin el uso de plaguicidas, sus suelos presentan una reacción ligeramente ácida con buen contenido de materia orgánica, textura arcillosa, adecuada fertilidad, como toda la región muy altos contenidos de Fe y posibles deficiencias inducidas de K y P por desbalance de nutrientes.
- **Policultivos de la zona suroccidental de la cuenca:** Corresponde a la zona húmeda de los inceptisoles, donde se producen cultivos en pequeñas áreas de algunos metros cuadrados, como: aromáticas, hortalizas, café, plátano, yuca, cítricos (limón mandarina, naranja, mandarina), igual que aguacate, guanábana entre otros. Se seleccionaron tres predios representativos, uno en Felidia, el predio Los Guamos, y dos en La Leonera, los predios Los Yarumos y San Joaquín. Los suelos de estas tres fincas presentan reacción de moderada a ligeramente ácida, con buenos contenidos de materia orgánica, textura franca a arcillosa, con altos contenidos de bases intercambiables y fósforo, muy alto contenido de hierro y cobre, pero deficiencias de boro e inducida de Ca y Mg.

- **Policultivos de la zona noroccidental de la cuenca:** Corresponde a los predios de los corregimientos La Elvira y La Castilla, allí se seleccionaron dos estudios de caso: Villa Nueva y La Palma, ambos en la zona de transición de los suelos inceptisoles y entisoles; son suelos neutros con tendencia a bajos contenidos de materia orgánica, textura franca, fértiles; son altos en fósforo y tienen buen contenido de bases intercambiables pero desbalanceadas que pueden inducir deficiencia de K; solo en el predio Villa Nueva el Fe presenta deficiencias de todas las muestras analizadas en la zona de ladera de la cuenca.

Zona Plana:

- **Maracuyá con manejo tecnificado:** Presenta suelos neutros de alta fertilidad con presencia de arcillas expandibles 2:1, textura franco-arcillosa, con altos contenidos de bases intercambiables, especialmente Mg, porcentaje de Mg intercambiable muy elevado respecto al Ca y K que lleva a un posible “suelo magnésico” con problemas de movimiento del agua y del aire en el mismo. El desbalance entre las bases puede inducir deficiencia de K, que junto a la afinidad de estas arcillas por este elemento pueden agravar dicha condición. Tiene buen contenido de P, pero bajo de Mn.

En la zona de ladera de Cali, que reúne más del 95% de la actividad agrícola de la cuenca del río Cali, no se encuentran indicios de suelos compactados; el 56% de los suelos muestreados tienen conductividad hidráulica de moderadamente lenta a muy rápida, el 96% presentan agregación de suelos de media a muy alta y el 70 % presentan estabilidad estructural entre moderadamente estable a muy estable.

En la zona plana de la cuenca del Río Cali, tampoco se presentan evidencias de compactación, la conductividad hidráulica es predominantemente lenta, su grado de agregación de suelos es medio y su estabilidad estructural es ligeramente estable.

El agua de riego de todas las fincas de zona de ladera se recolectó y se envió al laboratorio para análisis físicoquímico dando como resultado que ninguna tiene restricciones para su uso agrícola, presentando todos los valores en los rangos permitidos. El agua del predio El Caney de la zona plana cercana al río Cauca solo presenta un valor que está por encima de los rangos aptos para el contenido de Fe, está en 0,75 meq/L cuando el rango óptimo debe ser entre 0 y 0.5 meq/L.

Con relación a las propiedades físicoquímicas se realizó un análisis de varianza de un solo factor por cada variable evaluada en el análisis de suelo; el factor es el tipo de cultivo, el cual se refiere a cada uno de los cultivos establecidos en los predios evaluados (maíz, pimentón, caña panelera, tomate, plátano, aguacate, luco, café y piña).

8.4.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

En la Figura 121, se observan los valores de pH en cada predio, destaca Villa Nueva como el de mayor promedio; de la Tabla 109 se extrae que el 50% de los predios presentan un pH ligeramente ácido, 30% moderadamente ácido y el restante 20% neutro. En cuanto al análisis de varianza se observa que se generaron tres grupos: A, B y C; en el grupo C se encuentra el 80% de los predios, y en el grupo A el 20% restante; sin embargo, solo uno de los predios, Villa Nueva, el de mayor promedio (7,23), presenta diferencias significativas con el resto de los predios, excepto con El Caney, ubicado en la zona plana de la cuenca; aunque El Caney comparte el grupo B con otros cinco predios de la zona de ladera, es decir, no presentan diferencias significativas entre sí.

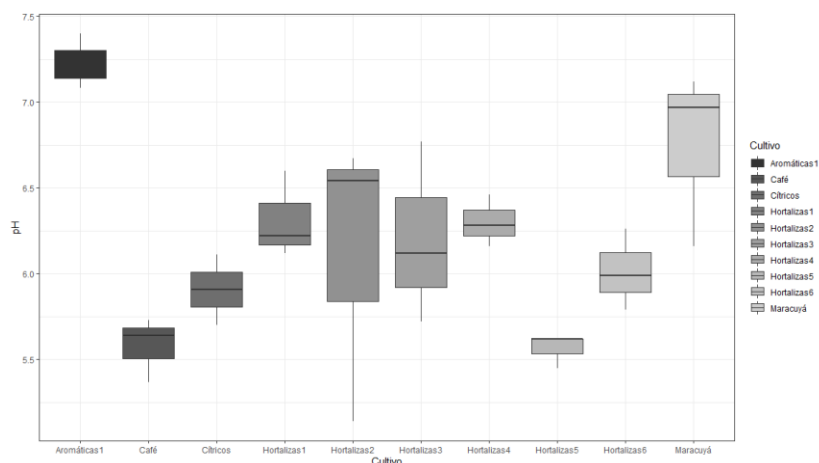


Figura 121. Potencial de Hidrogeno (pH) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

Tabla 109. pH, CE, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	Potencial de Hidrogeno			Conductividad Eléctrica (dS/m)		
		pH	Int	G	CE	Int	G
Villa Nueva	Aromáticas1	7.23	Neutro	a	0.39	Ninguna Salinidad	bc
El Caney	Maracuyá	6.75	Neutro	ab	0.36	Ninguna Salinidad	bc
La Palma	Hortalizas1	6.31	Ligeramente ácido	bc	0.36	Ninguna Salinidad	c
Los Yarumos	Hortalizas4	6.30	Ligeramente ácido	bc	0.59	Ninguna Salinidad	abc
La Esperanza	Hortalizas3	6.20	Ligeramente ácido	bc	0.81	Ninguna Salinidad	ab
La Cañada	Hortalizas2	6.12	Ligeramente ácido	bc	1.52	Ninguna Salinidad	a
Los Guamos	Hortalizas6	6.01	Ligeramente ácido	bc	0.32	Ninguna Salinidad	c
Reino de Ramanha	Cítricos	5.91	Moderadamente ácido	c	0.33	Ninguna Salinidad	c
Las Nubes	Café	5.58	Moderadamente ácido	c	0.39	Ninguna Salinidad	bc
San Joaquín	Hortalizas5	5.56	Moderadamente ácido	c	0.43	Ninguna Salinidad	bc

*Int: Interpretación. G: Grupo.

8.4.2. Conductividad Eléctrica (CE)

En la Figura 122 se observan los datos obtenidos sobre la CE en cada predio, destaca el promedio del predio La Cañada; en la Tabla anterior se observa que en ninguno de los predios se presenta evidencias de salinidad en el suelo; sin embargo, en el análisis de varianza se generaron tres grupos: A, B y C; el 80% de los predios se encuentra en el grupo C, y del restante 20%, uno se encuentra en el A y otro comparte los grupos A y B, La Cañada y La Esperanza, respectivamente; La Cañada presenta diferencias significativas con todos los predios, excepto con La Esperanza, mientras que este último comparte el grupo B con otros cinco predios, incluido El Caney (Maracuyá), en la zona plana.

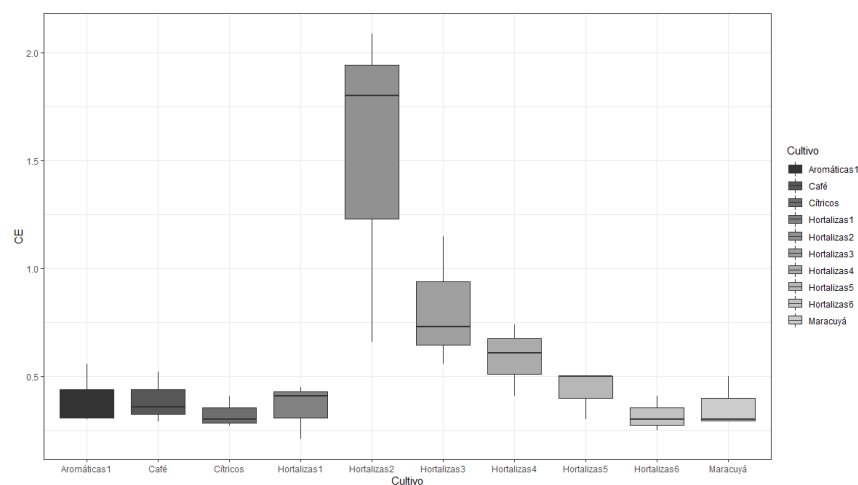


Figura 122. Conductividad Eléctrica (CE) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

8.4.3. Materia Orgánica (MO) y Carbono Orgánico (CO)

En la Figura 123 se muestran los contenidos de MO en cada predio evaluado, destacan los contenidos en los predios La Cañada y San Joaquín. En la Tabla 110, se observa que el 60% de los predios presentan altos contenidos de MO, 30% de los predios bajos contenidos y el 10% restante medio; es importante mencionar que cinco de los seis predios que presentan altos contenidos de MO se encuentran sobre inceptisoles (igual que el que presenta contenidos medios), el restante sobre un andisol, en la parte alta de la cuenca con cultivos agrícolas, entre los 1.650 y 2.000 msnm, en los corregimientos de Felidia, La Leonera y Los Andes. Los predios de la zona de ladera que presentan bajos contenidos de MO, se encuentran uno sobre inceptisoles (Villa Nueva), y el otro sobre ultisoles (La Palma), en los corregimientos La Elvira y La Castilla, respectivamente; mientras que el predio de la zona plana se encuentra en un vertisol (El Caney). En cuanto al análisis de varianza se generaron cinco grupos: A, B, C, D y E; los predios con contenidos bajos se encuentran en el grupo E, el de contenidos medios en el D, y los restantes seis predios se encuentran en combinaciones de los tres grupos (A, B y C); en el grupo A están los tres predios con mejor promedio, pero solo uno de ellos, el de más alta media, no se encuentra en más

grupos, los otros dos predios (San Joaquín y La Esperanza), comparten el grupo B con Las Nubes y Los Yarumos.

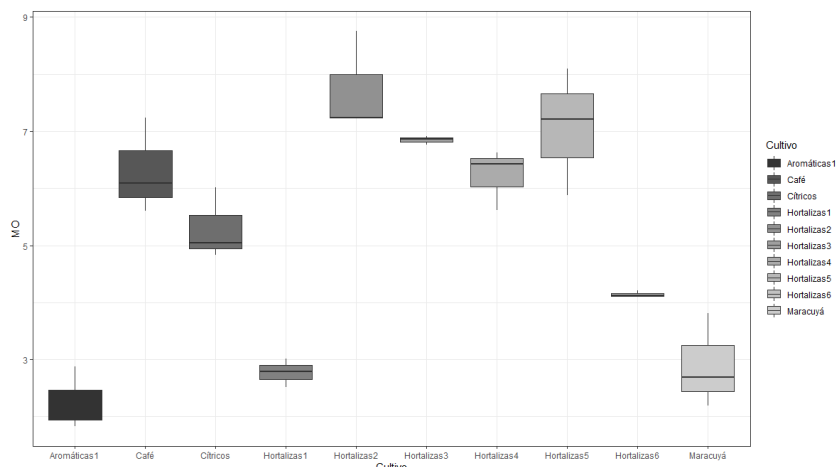


Figura 123. Materia Orgánica (MO) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

Tabla 110. MO, CO, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	Materia Orgánica			Carbono Orgánico	
		MO	Int	G	CO	G
La Cañada	Hortalizas2	7.74	Alta	a	4.49	a
San Joaquín	Hortalizas5	7.06	Alta	ab	4.10	ab
La Esperanza	Hortalizas3	6.84	Alta	ab	3.97	ab
Las Nubes	Café	6.31	Alta	bc	3.66	bc
Los Yarumos	Hortalizas4	6.22	Alta	bc	3.61	bc
Reino de Ramanha	Cítricos	5.30	Alta	c	3.07	c
Los Guamos	Hortalizas6	4.14	Media	d	2.40	d
El Caney	Maracuyá	2.90	Baja	e	1.68	e
La Palma	Hortalizas1	2.78	Baja	e	1.61	e
Villa Nueva	Aromáticas1	2.25	Baja	e	1.31	e

*Int: Interpretación. G: Grupo.

En cuanto al carbono orgánico se presenta una tendencia similar; el predio La Cañada presenta los contenidos más altos en esta variable, como se observa en la Figura 124; de acuerdo con el análisis de varianza, presentado en la tabla anterior, se generaron cinco grupos: A, B, C, D y E; en el grupo E se encuentran los predios de menor promedio, como con la MO; en el grupos A se encuentra La Cañada, San Joaquín y La Esperanza, los tres predios de mayor promedio; en el grupo D se encuentra el predio Los Guamos, cuyo contenido de MO es medio; los restantes dos grupos, B y C, están conformados por combinaciones de cinco predios.

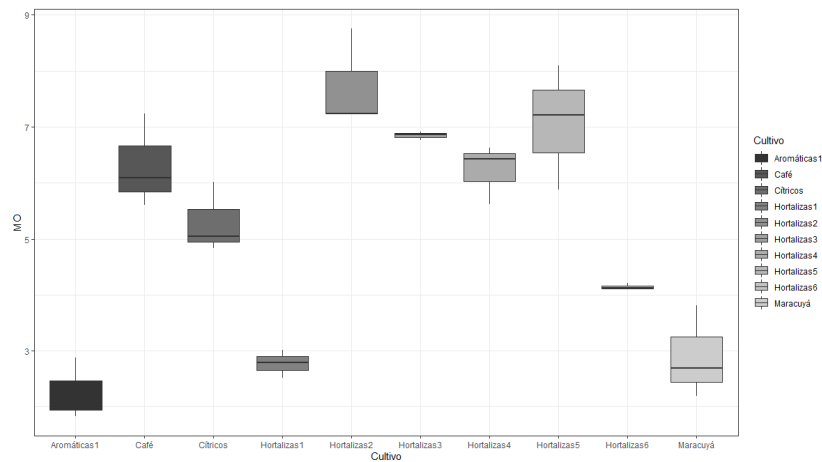


Figura 124. Carbono Orgánico (CO) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

8.4.4. Bases Intercambiables del Suelo (Ca, Mg, K y Na)

En la Figura 125, se observan los contenidos de Ca para los predios seleccionados, destacan los contenidos del predio Villa Nueva, en el corregimiento La Elvira, sobre un inceptisol. En la Tabla 111 se observa que los contenidos de Ca en todos los predios son altos (>6 cmol/kg). En cuanto al análisis de varianza, se generaron tres grupos: A, B y C; en el grupo C se encuentran el 80% de los predios con menor promedio, el restante 20% está compuesto por Villa Nueva en el grupo A y El Caney en los grupos A y B, en este último también están otros seis predios, es decir el predio Villa Nueva tiene diferencias significativas con todos los predios con excepción de El Caney; mientras que en los predios que están en los grupos B y C son en su mayoría similares entre sí.

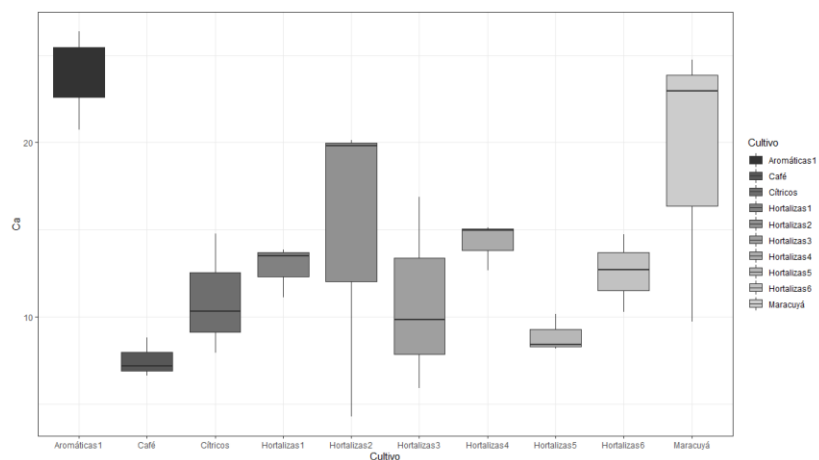


Figura 125. Contenido de Calcio (Ca) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

Tabla 111. Bases intercambiables, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	cmol/kg														
		Calcio			Magnesio			Potasio			Sodio			CICE		
		Ca	Int	G	Mg	Int	G	K	Int	G	Na	Int	G	CICE	Int	G
Villa Nueva	Aromáticas1	23.87	Alto	a	9.79	Alto	a	0.34	Medio	cd	0.18	Bajo	bcd	34.19	Alta	a
El Caney	Maracuyá	19.15	Alto	ab	11.79	Alto	a	0.63	Alto	abcd	0.35	Bajo	bc	31.91	Alta	ab
La Cañada	Hortalizas2	14.75	Alto	bc	3.31	Alto	bc	1.69	Alto	a	0.25	Bajo	cde	20.15	Alta	abc
Los Yarumos	Hortalizas4	14.27	Alto	bc	4.07	Alto	abc	1.70	Alto	a	0.13	Bajo	e	20.15	Alta	abc
La Palma	Hortalizas1	12.84	Alto	bc	6.32	Alto	ab	0.50	Alto	bcd	0.15	Bajo	e	19.81	Medio	abc
Los Guamos	Hortalizas6	12.58	Alto	bc	4.86	Alto	ab	1.53	Alto	a	0.13	Bajo	bcd	19.07	Medio	abc
Reino de Ramanha	Cítricos	11.02	Alto	bc	2.71	Alto	bc	0.24	Medio	d	0.13	Bajo	a	14.04	Medio	bc
La Esperanza	Hortalizas3	10.88	Alto	bc	2.37	Medio	c	1.24	Alto	ab	0.15	Bajo	de	14.64	Medio	bc
San Joaquín	Hortalizas5	8.92	Alto	c	3.37	Alto	bc	0.90	Alto	abc	0.13	Bajo	cde	13.43	Medio	bc
Las Nubes	Café	7.54	Alto	c	3.40	Alto	bc	1.08	Alto	abc	0.13	Bajo	ab	12.28	Medio	c

*Int: Interpretación. G: Grupo.

En la Figura 126 se presentan los promedios en el contenido de Mg por predio, destacan los predios El Caney, en la zona plana de la cuenca sobre un vertisol y Villa Nueva en la zona de ladera en la vereda La Elvira, sobre un inceptisol. De la tabla anterior se extrae que el 90% de los predios presentan altos contenidos de Mg (>2,5 cmol/kg), solo el predio La Esperanza se categorizo como medio (1,5 a 2,5 cmol/kg). En cuanto al análisis de varianza, se generaron tres grupos: A, B y C; el 60% de los predios está en el grupo C, los de menor promedio, pero algunos de estos predios también se encuentran el grupo B, en el que se encuentran el 70% de los predios evaluados, es decir, existen similitudes entre algunos de los predios que se encuentran en ambos grupos; en menor medida también ocurre lo mismo en el grupo A, pues el 50% de los predios se encuentran en este grupo, pero solo El Caney y Villa Nueva no se relacionaron con más grupos.

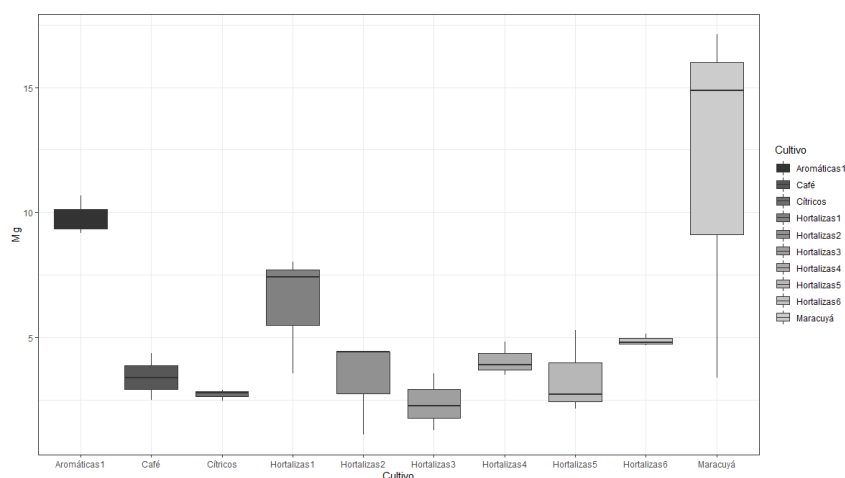


Figura 126. Contenido de Magnesio (Mg) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

Los contenidos de K se presentan en la Figura 127, en la que destaca los predios Los Yarumos y La Cañada, ubicados en el corregimiento de Felidia, el primero sobre

andisoles y el segundo sobre inceptisoles. De acuerdo con la Tabla 111 el 80% de los predios presentan un alto contenido de K (>0,4 cmol/kg), el restante 20% se considera con contenidos medios (0,2 a 0,4 cmol/kg). En cuanto al análisis de varianza, se generaron cuatro grupos: A, B, C y D; en el 70% de los predios se encuentra en el grupo A, aunque el 30% de los predios integra solo este grupo, el 40% adicional se encuentra también los grupos A, B, C o D; en el grupo D está el 40% de los predios, pero solo uno de ellos (10%), no integra más grupos. Por lo que esta información permite inferir que existe una gran diferencia entre los predios que solo se encuentran en el grupo A: Los Yarumos, La Cañada y Los Guamos, y los que solo se encuentran en el grupo D: Reino de Ramanha, los tres primeros se encuentran en el corregimiento de Felidia, mientras que el último en La Leonera.

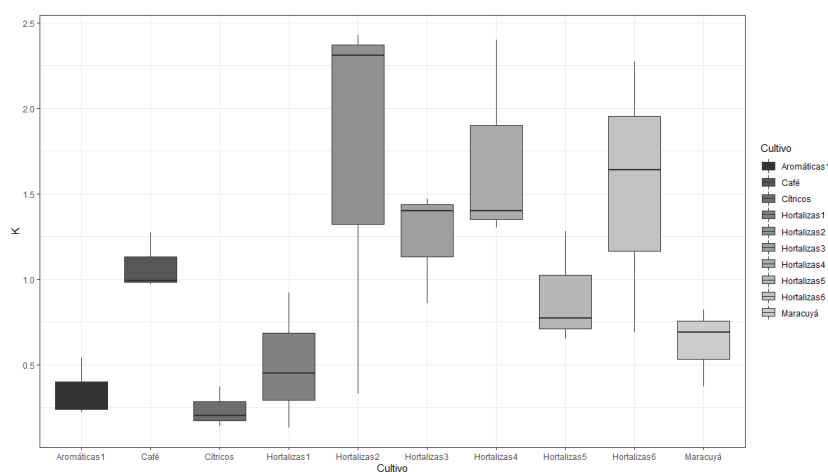


Figura 127. Contenido de Potasio (K) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

En cuanto a los contenidos de Na, en la Figura 128 se presentan para cada predio; de acuerdo con la Tabla 111, todos los predios poseen un nivel bajo de Na (<1 cmol/kg); aunque destaca el predio El Caney en la zona plana como el que mayor contenido de este elemento posee (0,35 cmol/kg), aunque aún en las condiciones ideales para evitar problemas por exceso. El análisis de varianza genero cinco grupos: A, B, C, D y E; destaca principalmente la diferencia entre los predios del grupo A (Reino de Ramanha y Las Nubes), ubicados en los corregimientos de Los Andes y La Leonera sobre inceptisoles, con los dos predios que solo se encuentran en el grupo E (Los Yarumos y La Palma), ubicados en Felidia y La Castilla, sobre andisoles y ultisoles.

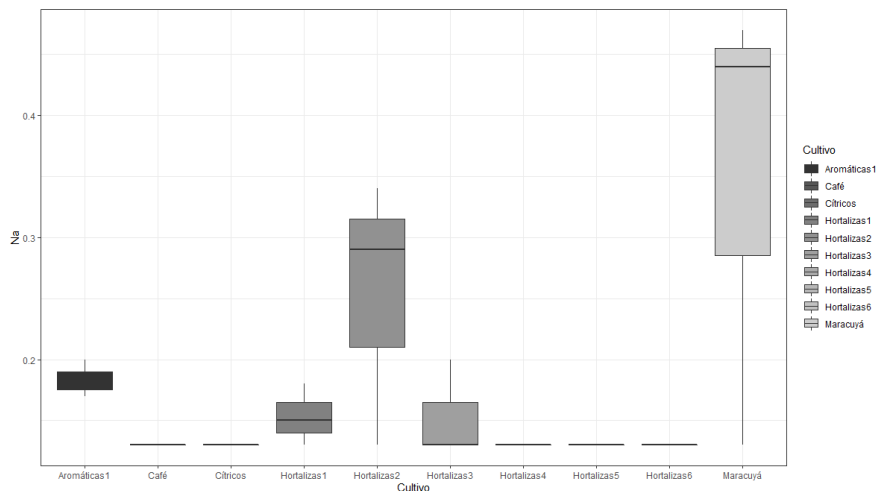


Figura 128. Contenido de Sodio (Na) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

En la Figura 129 se observa los datos sobre CICE en cada predio evaluado, destacan principalmente los predios Villa Nueva en la zona de ladera y El Caney en la zona plana. De acuerdo con la Tabla 111, el 60% de los predios se encuentran categorizados como con un nivel medio de CICE (10-20 cmol/kg), el restante 40% posee un nivel alto (>20 cmol/kg). En el análisis de varianza se generaron tres grupos: A, B y C; el 80% de los predios con menor promedio se encuentran en el grupo C, mientras que los dos predios con más alto promedio (20%), Villa Nueva se encuentra en el grupo A y El Caney en los grupos A y B, este último lo comparte con otros siete predios. De lo anterior se puede extraer que los estudios de caso seleccionados en los corregimientos Felidia, La Leonera, Los Andes y La Castilla comparten el grupo C.

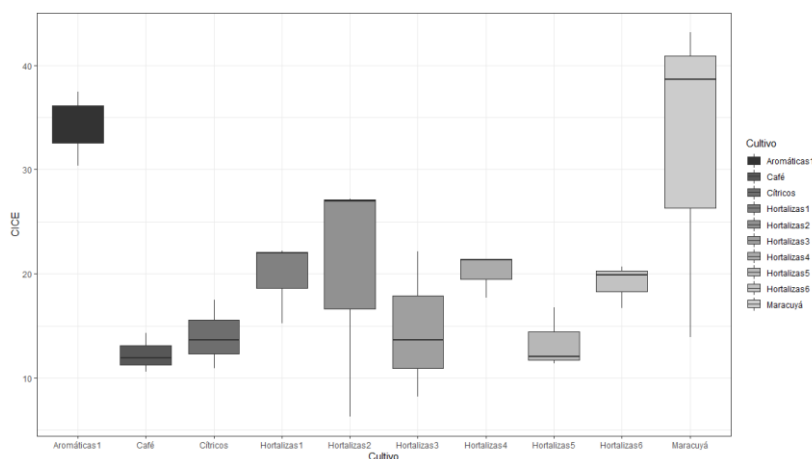


Figura 129. Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE) en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

8.4.5. Relaciones Entre Bases Intercambiables del Suelo

Para entre bases, en la Figura 130, se presenta la relación Ca/Mg, destacan los predios La Esperanza y La Cañada del corregimiento Felidia, en suelos inceptisoles en los que se cultivan hortalizas; de acuerdo con la Tabla 112 todos los predios presentan una relación Ca/Mg ideal, excepto el predio El Caney, el cual tiene bajos niveles de Ca en comparación con los contenidos de Mg. En cuanto al análisis de varianza, se generaron cuatro grupos: A, B, C y D; en los grupos C y D, en cada uno se encuentra seis predios (60%); en los grupos A y B se encuentra cuatro predios en cada uno (40%); en el grupo A destaca que se encuentran los tres casos de estudio del corregimiento Felidia (La Esperanza, La Cañada y Los Yarumos), además del estudio de caso en Los Andes (Reino de Ramanha).

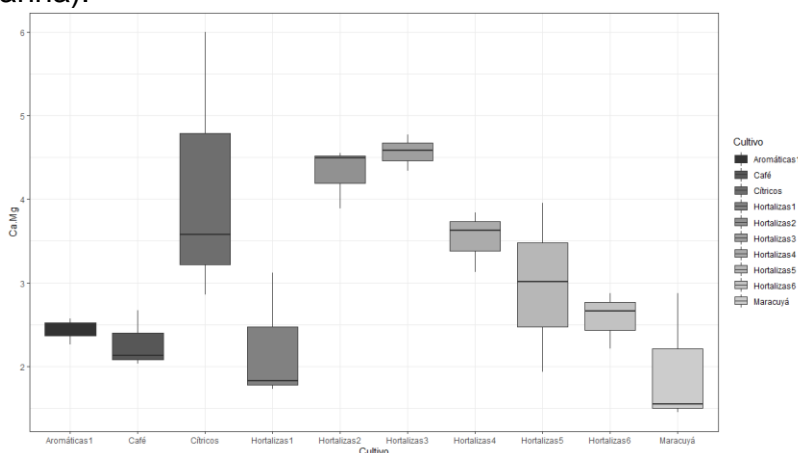


Figura 130. Relación Ca/Mg en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

Tabla 112. Relaciones entre bases intercambiables, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	I: Relación Ca/Mg			II: Relación Ca/K			III: Relación Mg/K			IV: Relación Ca+Mg/K		
		I	Int	G	II	Int	G	III	Int	G	IV	Int	G
La Esperanza	Hortalizas3	4.56	Ideal	a	8.47	Adecuada	c	1.84	Aceptable	d	10.31	Adecuada	d
La Cañada	Hortalizas2	4.31	Ideal	ab	9.95	Adecuada	bc	2.35	Aceptable	cd	12.30	Adecuada	cd
Reino de Ramanha	Cítricos	4.15	Ideal	ab	52.86	Deficiencia K	a	13.32	Aceptable	ab	66.18	Deficiencia K	ab
Los Yarumos	Hortalizas4	3.53	Ideal	abc	8.98	Adecuada	c	2.61	Aceptable	cd	11.59	Adecuada	d
San Joaquín	Hortalizas5	2.96	Ideal	bcd	10.48	Adecuada	bc	3.69	Aceptable	bc	14.18	Adecuada	bcd
Los Guamos	Hortalizas6	2.58	Ideal	cd	11.08	Adecuada	c	4.13	Aceptable	c	15.20	Adecuada	d
Villa Nueva	Aromáticas1	2.43	Ideal	cd	81.67	Deficiencia K	a	33.82	Deficiencia K	a	115.49	Deficiencia K	a
Las Nubes	Café	2.28	Ideal	cd	7.15	Adecuada	c	3.22	Aceptable	c	10.37	Adecuada	d
La Palma	Hortalizas1	2.23	Ideal	cd	48.72	Deficiencia K	ab	25.86	Deficiencia K	a	74.58	Deficiencia K	ab
El Caney	Maracuyá	1.96	Bajo Ca	d	35.46	Deficiencia K	ab	21.99	Deficiencia K	a	57.45	Deficiencia K	abc

*Int: Interpretación. G: Grupo.

En la Figura 131 se observa la relación Ca/K por predio, destacan los altos valores de los predios Villa Nueva (corregimiento La Elvira), Reino de Ramanha (corregimiento Los Andes) y La Palma (corregimiento La Castilla); de acuerdo con la tabla anterior, el 60% de los predios presentan una relación Ca/K adecuada, mientras que el 40%

restante tienen deficiencia de K, son los predios en la zona de ladera Villa Nueva, Reino de Ramanha, La Palma y en la zona plana El Caney. El análisis de varianza generó tres grupos: A, B y C; el 60% de los predios se encuentran en el grupo C, los seis que presentan una relación Ca/K adecuada; los cuatro con deficiencia de K se encuentran en el grupo A, aunque dos de ellos (La Palma y El Caney), también se encuentran en el grupo B (en el que igualmente están dos predios con relación adecuada: San Joaquín y La Cañada).

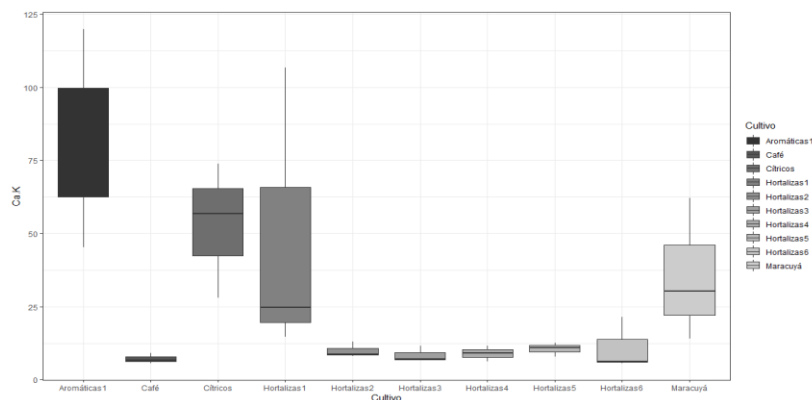


Figura 131. Relación Ca/K en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

En la Figura 132 se presenta la relación Mg/K por predio, destacan los altos valores de los predios de zona de ladera Villa Nueva y La Palma y en la zona plana El Caney; de la Tabla 112 se extrae que el 70% de los predios presenta una relación Mg/K aceptable, mientras que el 30% restante tienen deficiencia de K, estos predios son: Villa Nueva, La Palma y El Caney. En cuanto al análisis de varianza, se generaron cuatro grupos: A, B, C y D; en el grupo A se encuentran los tres predios con deficiencia de K y Reino de Ramanha, lo que indica que este predio se encuentra en el límite de presentar deficiencia de K por causa de los contenidos de Mg, como sí ocurre en la relación Ca/K, que presenta deficiencia de K por causa de los contenidos de Ca.

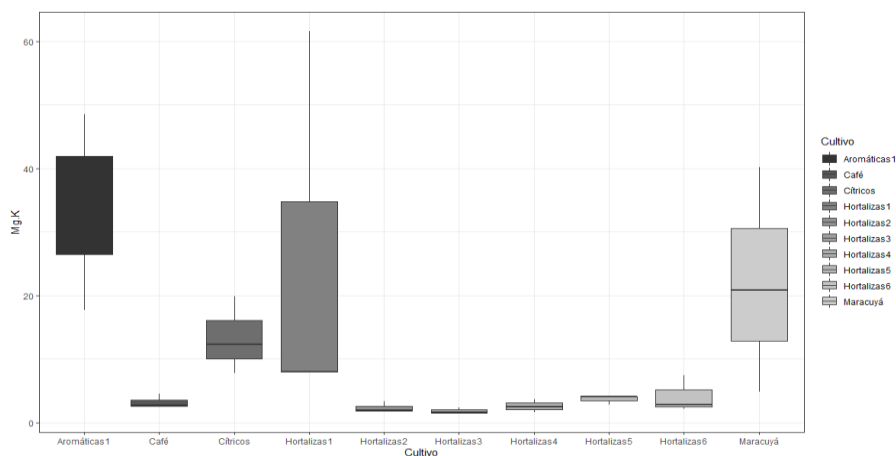


Figura 132. Relación Mg/K en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

En la Figura 133, se muestra la relación $Ca+Mg/K$, destacan nuevamente los altos valores en los predios Villa Nueva, Reino de Ramanha, La Palma y El Caney; de acuerdo con la Tabla 112 el 60% de los predios presentan una relación $Ca+Mg/K$ adecuada, y los cuatro predios relacionados anteriormente tienen deficiencia de K. El análisis de varianza generó cuatro grupos: A, B, C y D; los cuatro predios con deficiencia de K se encuentran en el grupo A; en los otros grupos se encuentran diferentes combinaciones de los predios con relación adecuada y algunos de los que tienen deficiencia de K.

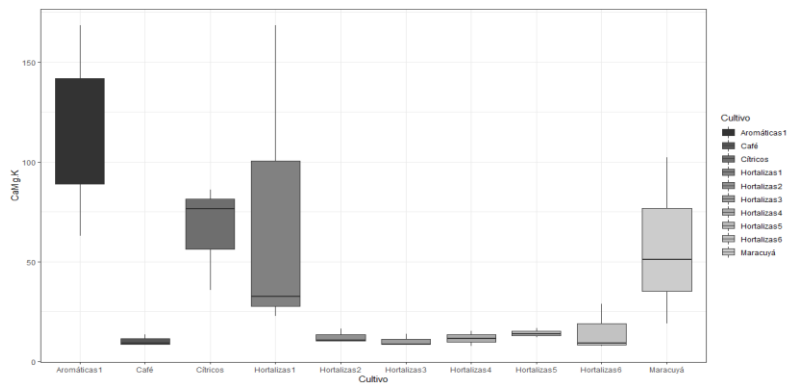


Figura 133. Relación $Ca+Mg/K$ en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

8.4.6. Elementos Menores y Fósforo (P)

En la Figura 134 se presentan los contenidos de B en cada predio, destaca el promedio en el predio El Caney y La Cañada; de acuerdo con la Tabla 113, el 40% de los predios presentan contenidos medios de este elemento (0,2 a 0,4 mg/kg), 30% muestra contenidos altos ($>0,4$ mg/kg), y el restante 30% tiene bajos contenidos de B ($<0,2$ mg/kg). En cuanto al análisis de varianza, se generaron tres grupos: A, B y C; la principal diferencia que resalta es entre el predio El Caney en la zona plana que se encuentra en el grupo A y el predio Reino de Ramanha en la zona de ladera que se encuentra en el grupo C, es decir que existe diferencias significativas sustanciales, mientras que el resto de los predios se ubicaron en combinaciones de los tres grupos.

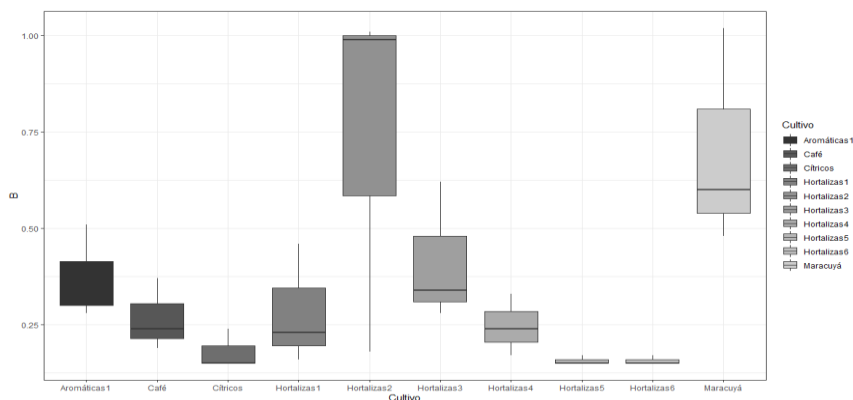


Figura 134. Contenido de Boro (B), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

Tabla 113. Elementos menores, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	(mg/kg)																	
		Boro			Hierro			Cobre			Manganeso			Zinc			Fosforo		
		B	Int	G	Fe	Int	G	Cu	Int	G	Mn	Int	G	Zn	Int	G	P	Int	G
El Caney	Maracuyá	0.70	Alto	a	51.01	Alto	de	8.28	Alto	bcd	1.77	Bajo	cd	1.99	Medio	cd	12.27	Normal	f
Los Guamos	Hortalizas6	0.16	Bajo	ab	140.95	Alto	ab	11.57	Alto	abcd	17.99	Alto	ab	4.69	Alto	ab	17.15	Alto	def
La Esperanza	Hortalizas3	0.41	Alto	ab	95.70	Alto	bcd	14.96	Alto	ab	1.88	Bajo	d	7.20	Alto	d	110.25	Muy Alto	ab
San Joaquín	Hortalizas5	0.16	Bajo	ab	119.59	Alto	bc	6.32	Alto	d	10.94	Alto	bc	3.30	Alto	bc	31.48	Muy Alto	cdef
La Palma	Hortalizas1	0.28	Medio	ab	74.77	Alto	cde	9.68	Alto	abcd	5.69	Medio	bcd	4.78	Alto	bcd	40.44	Muy Alto	bcd
Las Nubes	Café	0.27	Medio	abc	188.84	Alto	a	8.48	Alto	bcd	26.25	Alto	a	5.41	Alto	a	14.27	Alto	ef
Los Yarumos	Hortalizas4	0.25	Medio	abc	80.43	Alto	bcd	9.87	Alto	abcd	3.94	Bajo	d	4.48	Alto	d	64.91	Muy Alto	bc
Villa Nueva	Aromáticas1	0.37	Medio	abc	18.90	Bajo	e	6.59	Alto	cd	1.59	Bajo	cd	3.49	Alto	cd	34.57	Muy Alto	cde
La Cañada	Hortalizas2	0.73	Alto	bc	91.32	Alto	bcd	24.49	Alto	a	4.45	Bajo	d	17.66	Alto	d	291.32	Muy Alto	a
Reino de Ramanha	Cítricos	0.18	Bajo	c	100.22	Alto	bcd	32.63	Alto	abc	14.38	Alto	b	6.48	Alto	b	5.42	Bajo	g

En la Figura 135 se presentan los contenidos de Fe por predio, destacan principalmente Las Nubes, Los Guamos y La Esperanza por sus altos valores; de la tabla anterior se obtiene que el 90% de los predios presentan un alto contenido de Fe (>50 mg/kg), el 10% restante tiene un nivel bajo (<25 mg/kg). En cuanto al análisis de varianza se generaron cinco grupos: A, B, C, D y E; en el grupo E se encuentra el predio con bajos niveles de Fe, Villa Nueva, en el corregimiento La Elvira, y lo comparte con otros dos predios que tienen altos niveles de Fe, El Caney en la zona plana, y La Palma del corregimiento La Castilla; otro punto a destacar es que en el grupo A se encuentran dos predios del corregimiento La Leonera (Las Nubes y Los Guamos).

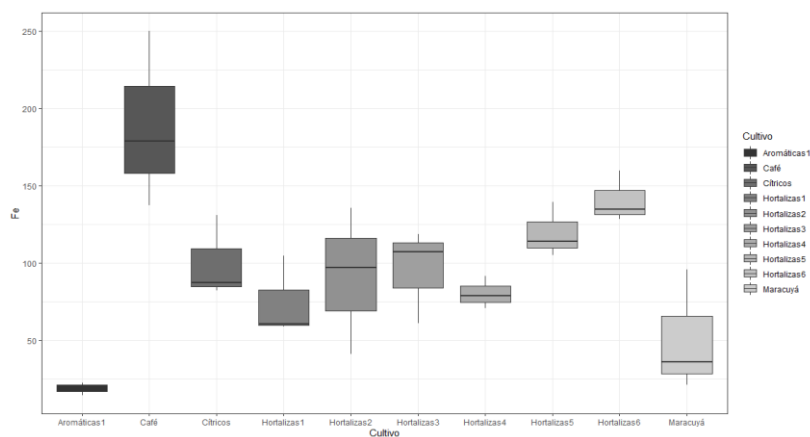


Figura 135. Contenido de Hierro (Fe), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

En la Figura 136 se presentan los contenidos de Cu por predio, destacan principalmente los valores en los predios Reino de Ramanha, en el corregimiento Los Andes, La Cañada y La Esperanza, en el corregimiento Felidia; de acuerdo con la Tabla 113 todos los predios presentan altos contenidos de Cu. El análisis de varianza generó cuatro grupos: A, B, C y D; se aprecia que el 80% de los predios pertenecen como mínimo a dos grupos, por lo que aunque la pertenencia a un grupo sugiere

diferencias significativas, al haber tantos predios que comparten grupos se infiere que existe similitudes entre los datos; solo dos predios no se encuentran en más de un grupo, La Cañada en el corregimiento Felidia, el cual pertenece al grupo A, con uno de los promedios más altos, y el otro es el predio San Joaquín en el corregimiento La Leonera, en el grupo D, con el promedio más bajo, lo que sugiere diferencias significativas sustanciales entre ambos predios.

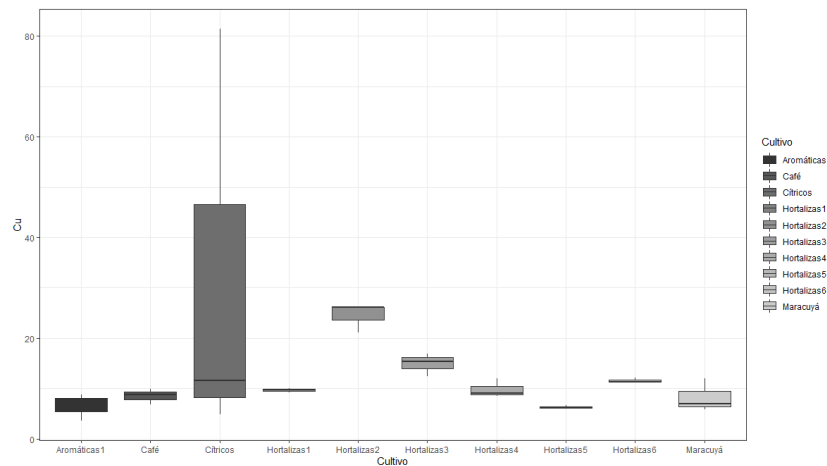


Figura 136. Contenido de Cobre (Cu), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

En la Figura 137 se presentan los contenidos de Mn por predio, destacan los valores de los predios Las Nubes y Los Guamos en el corregimiento La Leonera, y Reino de Ramanha en el corregimiento Los Andes; se extrae de la Tabla 113 que el 50% de los predios presentan contenidos bajos de este elemento (<5 mg/kg), el 40% tienen un alto contenidos de Mn (>10 mg/kg), y un 10% contiene niveles medios de Mn (5 a 10 mg/kg). El análisis de varianza genero cuatro grupos: A, B, C y D; en el grupo D se encuentran los cinco predios que presentan bajos niveles de Mn (La Cañada, Los Yarumos, La Esperanza, Villa Nueva y El Caney), además del predio que tiene niveles medios de este elemento (La Palma); los predios con niveles altos se encuentran compartiendo los grupos A, B y C.

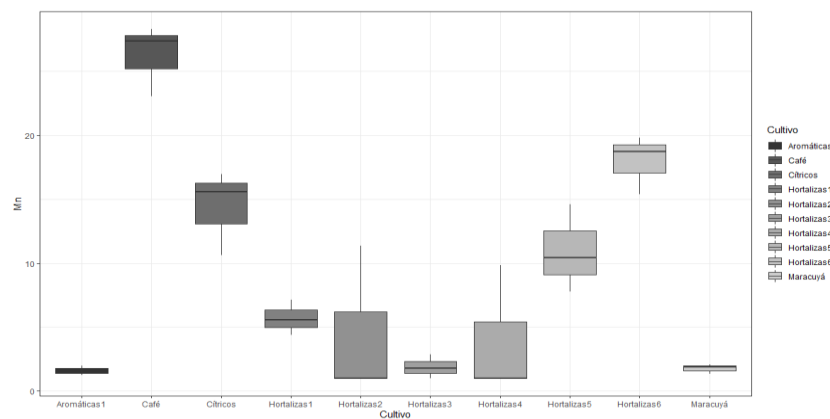


Figura 137. Contenido de Manganeso (Mn), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

En la Figura 138, se observan los contenidos de Zn en cada predio, destaca principalmente el predio La Cañada por sus altos valores en comparación con el resto; de acuerdo con la Tabla 113 el 90% de los predios presentan altos niveles de Zn (>3 mg/kg), el 10% restante tiene niveles medios (1,5 a 3 mg/kg). En cuanto al análisis de varianza, se generaron cuatro grupos: A, B, C y D; el 60% de los predios se encuentra en el grupo D, los de menor promedio, en el resto de los grupos se encuentra combinaciones de los demás predios.

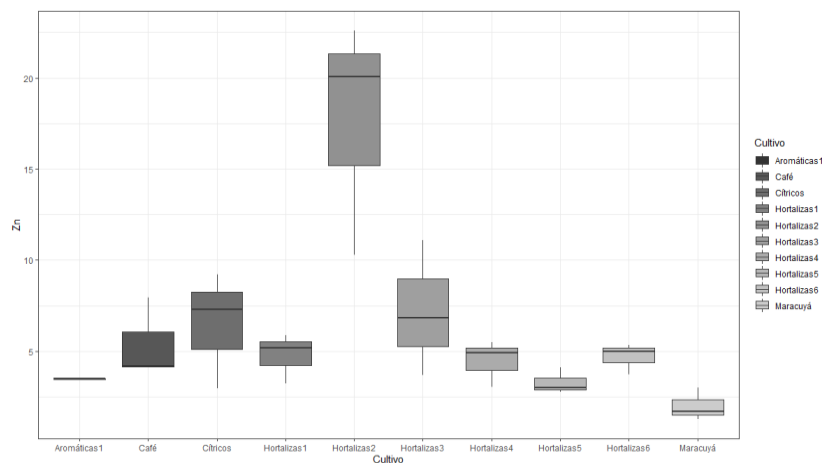


Figura 138. Contenido de Zinc (Zn), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

En la Figura 139 se presentan los contenidos de P en cada predio, resaltan principalmente por sus altos valores los predios La Cañada y La Esperanza, en el corregimiento Felidia; de acuerdo con la Tabla 113 el 80% de los predios presentan contenidos altos o muy altos de P (13 a 12 mg/kg para alto, y >21 mg/kg muy alto), el restante 20% se divide en, un 10% con contenidos normales (8 a 13 mg/kg) y un 10% con contenidos bajos (<8 mg/kg). En cuanto a la varianza, se generaron siete grupos: A, B, C, D, E, F y G; en el grupo G se encuentra el predio con bajos contenidos de P, Reino de Ramanha en el corregimiento Los Andes; el grupo A está compuesto por los dos predios con mayor promedio, La Cañada y La Esperanza en el corregimiento Felidia; el resto de los grupos está compuesto por diferentes combinaciones de predios.

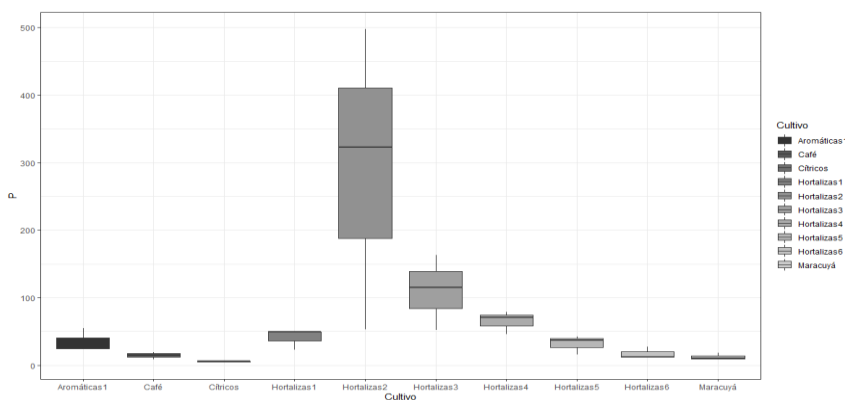


Figura 139. Contenido de Fosforo (P), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

8.4.7. Propiedades Físicas del Suelo

En la Figura 140 se presentan los datos de Da en cada predio, los valores encontrados son bastante similares entre sí; de acuerdo con la información en la Tabla 114 todos los predios presentan una densidad aparente relacionada con tipos de suelo de texturas finas (<1,4g/cm³). El análisis de varianza genero tres grupos: A, B y C; el 80% de los predios se encuentran en el grupo A, sin embargo, gran parte de los predios también pertenecen a los grupos B y C, por lo que aunque existen diferencias significativas entre algunos de ellos, se infiere que también existen muchas similitudes desde el punto de vista estadístico en los 10 predios; las diferencias significativas más sustanciales se encuentran entre los predios que solo pertenecen al grupo A, La Palma y Villa Nueva, en los corregimientos La Castilla y La Elvira, respectivamente, y el predio que solo se encuentra en el grupo C, La Cañada en el corregimiento Felidia.

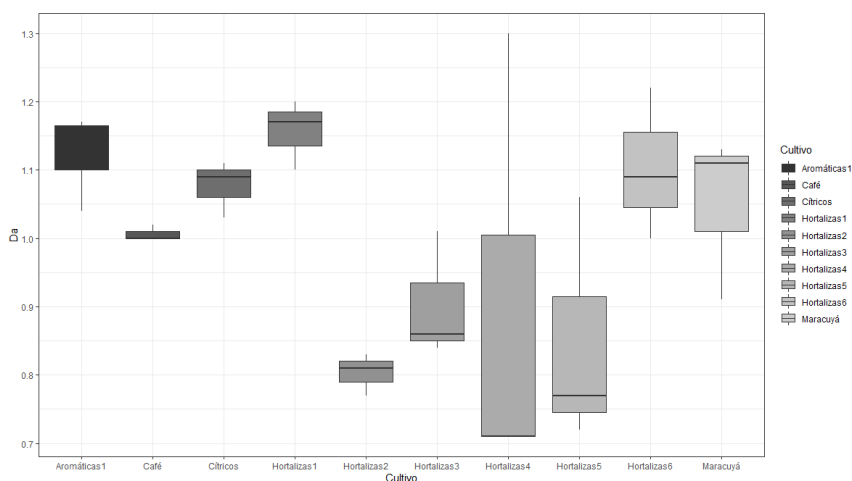


Figura 140. Densidad Aparente (Da), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

Tabla 114. Propiedades físicas del suelo, interpretación y análisis de varianza en los predios seleccionados en la cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	Densidad Aparente (g/cm ³)			Agua Aprovechable (mm)			Conductividad Hidráulica (cm/h)			Diámetro Medio Ponderado (mm)		
		Da	Int	G	AA	Int	G	CH	Int	G	DMP	Int	G
La Palma	Hortalizas1	1.16	Finas	a	20.92	Alta	a	1.29	Moderadamente Lenta	abc	1.72	Moderadamente Estable	cd
Villa Nueva	Aromáticas1	1.12	Finas	a	17.51	Baja	ab	0.75	Moderadamente Lenta	abc	1.23	Ligeramente Estable	d
Los Guamos	Hortalizas6	1.10	Finas	ab	14.72	Baja	abc	0.37	Lenta	abc	2.45	Moderadamente Estable	abc
Reino de Ramanha	Cítricos	1.08	Finas	ab	11.68	Baja	bc	0.04	Muy Lenta	bc	2.77	Moderadamente Estable	a
El Caney	Maracuyá	1.05	Finas	abc	15.83	Baja	ab	0.65	Moderadamente Lenta	abc	1.43	Ligeramente Estable	d
Las Nubes	Café	1.01	Finas	abc	11.93	Baja	abc	0.05	Muy Lenta	c	2.65	Moderadamente Estable	ab
Los Yarumos	Hortalizas4	0.91	Finas	abc	11.31	Baja	bc	4.33	Moderada	ab	2.47	Moderadamente Estable	abc
La Esperanza	Hortalizas3	0.90	Finas	abc	10.82	Baja	bc	3.79	Moderada	a	1.93	Moderadamente Estable	bcd
San Joaquín	Hortalizas5	0.85	Finas	bc	9.68	Baja	c	2.10	Moderada	abc	2.54	Moderadamente Estable	ab
La Cañada	Hortalizas2	0.80	Finas	c	10.02	Baja	c	0.48	Lenta	abc	2.37	Moderadamente Estable	abc

En la Figura 141 se observan los datos sobre AA, destacan principalmente los valores de los predios La Palma, Villa Nueva y El Caney; de acuerdo con la tabla anterior, el 90% de los predios presentan una baja lamina de AA, el restante 10% presenta una lámina alta de AA. El Análisis de varianza generó tres grupos: A, B y C; el 70% de los predios pertenecen al menos a dos grupos, del restante 30%, el 10% pertenece al grupo A, La Palma, el de más alto promedio, y el otro 20% se encuentran en el grupo C, los de menor promedio, La Cañada y San Joaquín; es también entre estos últimos tres predios que existen las diferencias significativas más sustanciales; por otro lado, se evidencia que una Da muy baja puede generar problemas de retención de agua por parte de las partículas de suelo, es decir, que dado que el espacio poroso es mayor, no se encuentra la suficiente cantidad de partículas edáficas para que estas puedan retener una lámina de agua suficiente, es el caso de todos los predios con una baja lamina de AA.

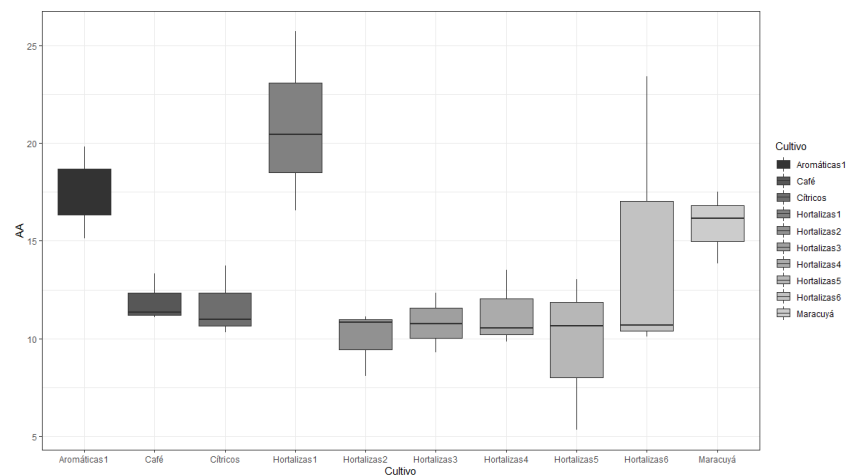


Figura 141. Lámina de Agua Aprovechable (AA), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

En la Figura 142 se observan los datos obtenidos sobre CH en cada predio, destacan principalmente los predios Los Yarumos y La Esperanza; de la Tabla 114 se extrae que el 70% de los predios presentan una CH muy lenta (<0,1 cm/h), lenta (0,1 a 0,5 cm/h) y moderadamente lenta (0,5 a 1,6 cm/h), el 30% restante tiene una CH moderada (1,6 a 5 cm/h). El análisis de varianza genero tres grupos: A, B y C; el 80% de los predios se encuentran en al menos dos grupos, igualmente, el 80% de los predios se encuentran en el grupo C, los que tienen un promedio más bajo; en este sentido, las diferencias significativas sustanciales se presentan entre los dos predios que solo pertenecen a un grupo, el predio La Esperanza del corregimiento Felidia, en el grupo A, y Las Nubes del corregimiento La Leonera, en el grupo C.

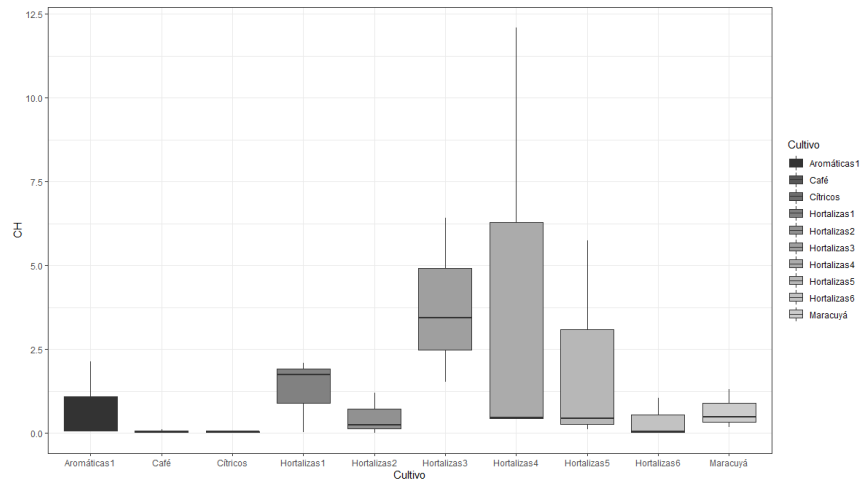


Figura 142. Conductividad Hidráulica-K (CH), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

En la Figura 143 se observan los datos obtenidos sobre el DMP en cada predio, aunque existe bastante uniformidad entre los resultados, los valores más altos se presentan en los predios Reino de Ramanha, Las Nubes y San Joaquín, el primero del corregimiento Los Andes y los dos restantes de La Leonera; de acuerdo con la Tabla 114, el 80% de los predios presenta una moderada estabilidad de agregados (1,5 a 3 mm), y el restante 20% tiene una ligera estabilidad (0,5 a 1,5 mm); uno de los predios con ligera estabilidad, Villa Nueva en el corregimiento La Elvira, se encuentra en pendientes muy inclinadas (11 a 19%), y además se realiza siembra de cultivos transitorios a los que se les realiza una labranza con azadón con bastante periodicidad, en promedio cada 6 meses, lo que puede contribuir a la desagregación del suelo por pérdida de estructura; por otro lado, en el predio El Caney en la zona plana de la cuenca, se realiza una labranza mecanizada, profunda y con volteo de altos volúmenes de suelo para construir camas, que contribuyen a la pérdida de los agregados de suelo.

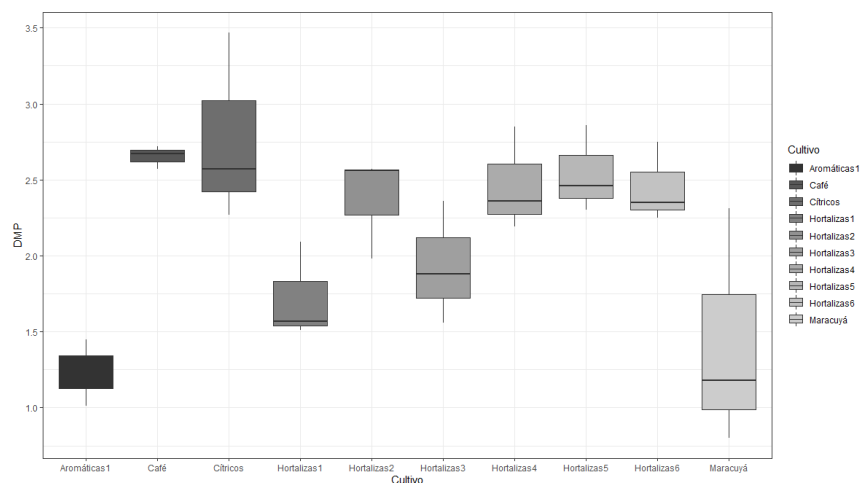


Figura 143. Diámetro Medio Ponderado (DMP), en los predios evaluados, cuenca Cali (Cali).

En cuanto al análisis de varianza, se generaron cuatro grupos: A, B, C y D; el 70% de los predios se encuentra en al menos dos grupos, lo que indica que aunque existen diferencias significativas entre algunos de estos, la tendencia es que hay similitudes desde el punto de vista estadístico entre gran parte de los predios; el 30% de predios restante que solo se encuentran en grupo, se dividen en un 20% de los predios que se encuentran en el grupo D, El Caney y Villa Nueva, los que poseen ligera estabilidad de agregados, y el restante 10% el predio Reino de Ramanha en el corregimiento Los Andes, que se encuentra en el grupo A; es entre estos tres predios que existen las diferencias significativas más importantes. Destaca que en el predio Reino de Ramanha no se realizan prácticas de labranza que generen alta presión sobre los agregados y la estructura del suelo, se realiza labranza mínima, se conservan arvenses durante gran parte del año y los cultivos son en gran medida permanentes, todo lo cual contribuye a los resultados moderados de agregación del suelo.

8.5. RIESGOS SOBRE LA SALUD DEL SUELO EN LA CUENCA CALI – CALI

8.5.1. Riesgos sobre la Salud del Suelo: Cuenca Cali (Cali)

Degradación por acidificación de suelos: Por pérdida de bases intercambiables en los suelos del corregimiento La Palma, especialmente donde se encuentran cultivos de Piña MD-2, lo que está generando una baja fertilidad del suelo y colocando en riesgo su sostenibilidad. Ya que se presentan arcillas alófanas y arcillas tipo 1:1, es necesario realizar correcciones de suelo con materiales encalantes (cal agrícola o dolomita, roca fosfórica, entre otros).

Erosión superficial y movimiento en masa: En áreas muy extensas del corregimiento de La Palma y San Pablo, como en las veredas Tres Puertas y El Aguacate, se presentan cárcavas en los suelos, en los que se aprecian diferentes colores: rojizos, ocre y amarillos, que denotan la fuerte erosión superficial que va dejando sobre la superficie las capas inferiores del suelo, el cual se desplaza a los cañones más cercanos, dejando una alta acumulación de suelo en el fondo de estos. Se debe monitorear especialmente los cultivos de piña dado su forma de labranza convencional a favor de la pendiente.

8.5.2. Promoción de la Conservación y Restauración de la Salud del Suelo en la Cuenca Cali – Municipio Cali

Transferencia de tecnología sobre manejo de prácticas, técnicas y tecnologías existentes para conservar y recuperar la salud del suelo: Dirigida en primer lugar a los profesionales y técnicos que prestan asistencia técnica en la región, quienes tienen la responsabilidad directa de hacer recomendaciones adecuadas, que contribuyan en general a la salud del ambiente y específicamente sobre el factor suelo. Generando una acreditación a los profesionales y técnicos que demuestren su conocimiento en el tema. En segundo lugar, a los agricultores, estudiantes y trabajadores del campo que

permita implementar una red de actores capacitados en el manejo sostenible del suelo y el ambiente, que permita el control social sobre las prácticas de cultivo. Incluye las técnicas sencillas de monitoreo de pérdida de suelo por erosión superficial, nivel freático, salinización, infiltración de campo, entre otras.

Exigencia de la Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA): Todos los agricultores, tanto empresariales tecnificados, como pequeños agricultores tradicionales deben certificarse en BPA por el ICA, para garantizar la posibilidad de “control externo” mediante el monitoreo y la “trazabilidad” de sus prácticas, técnicas y tecnologías usadas en cada ciclo productivo y así tener la posibilidad de corregir a tiempo las malas prácticas que estén afectando al ambiente, que generen inocuidad y propendan por la salud del trabajador y consumidores.

Investigaciones sobre el manejo del suelo para evitar la degradación:

- Evaluación de “curvas de enclamiento”, especialmente en los suelos extremadamente ácidos de los corregimientos de La Palma y San Pablo para obtener las dosis necesarias que eviten la degradación por acidificación del suelo.
- Técnicas de preparación y manejo de suelos en zonas de ladera, que eviten el encharcamiento mediante el uso de bateas que debido a los excesos de Fe y Mn pueden reducirse y causar fitotoxicidad. Tampoco permitir la acidificación por pérdida de bases mediante un enclado en bajas dosis, pero frecuente.
- Estudios sobre Nemátodos, Fusarium, *Phytophthora* y Sinfilidos en los suelos, para evitar su proliferación en las zonas de cultivo de especies susceptibles como las solanáceas.

8.6. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA PARA RIEGO EN LA CUENCA CALI.

8.6.1. Restricciones de uso del agua para riego: Salinidad

En la Tabla 115 se presentan los valores de CE y TDS con la que se puede interpretar las restricciones por salinidad en el agua de riego; se observa que en gran parte en ninguna de las áreas se aprecian restricciones, excepto en el predio El Caney en la zona plana de la cuenca de la muestra tomada durante la temporada de bajas precipitaciones, tanto en CE y TDS se presenta una ligera a moderada restricción en el uso del agua para riego (CE 0,7 a 3,0 dS/m y TDS 450 a 2000 mg/l).

Tabla 115. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Cali: Salinidad.

Área	Procedencia	CE (dS/m)	Interpretación CE	TDS (mg/l)	Interpretación TDS
El Caney_Lluvia	ALJIBE	0.11	Ninguna	79.69	Ninguna
Villa Nueva	RIACHUELO	0.11	Ninguna	73.72	Ninguna
La Palma_Lluvia	ASEQUÍA	0.06	Ninguna	41.96	Ninguna
La Cañada_Lluvia	ASEQUÍA	0.05	Ninguna	38.16	Ninguna

La Esperanza	RIACHUELO	0.07	Ninguna	49.02	Ninguna
Los Yarumos	RIACHUELO	0.04	Ninguna	29.45	Ninguna
San Joaquín_Lluvia	RIACHUELO	0.11	Ninguna	78.09	Ninguna
Reino de Ramanha	RIACHUELO	0.05	Ninguna	37.18	Ninguna
Las Nubes	RIACHUELO	0.07	Ninguna	46.54	Ninguna
Los Guamos	RIACHUELO	0.05	Ninguna	36.22	Ninguna
La Cañada_Seca	ASEQUÍA	0.05	Ninguna	37.93	Ninguna
San Joaquín_Seca	RIACHUELO	0.11	Ninguna	73.55	Ninguna
El Caney_Seca	ALJIBE	1.13	Ligera a Moderada	792.69	Ligera a Moderada
La Palma_Seca	ASEQUÍA	0.07	Ninguna	45.51	Ninguna

8.6.2. Restricciones de uso del agua para riego: Permeabilidad (efecto sobre la infiltración)

En cuanto a las restricciones sobre la permeabilidad del suelo, como se observa en la Tabla 116, en el 93% de las áreas muestreadas se evidencia una alta restricción del agua para ser usada en el riego, debido a la RAS y la CE (RAS de 0 a 3 mg/l y CE <0,2 dS/m), lo que puede afectar en el largo plazo la capacidad de infiltración del agua en el suelo; todas las fuentes de agua se ven afectadas por esta restricción: Lagos, pozos, acequias, reservorios, ríos, riachuelos y canales; se deben realizar prácticas que contribuyan a reducir el impacto del uso de esta agua para riego, entre las que destacan caudales bajos, utilizar balance hídrico, monitorear constantemente el suelo, entre otras. Sola muestra tomada en el predio El Caney, en la zona plana, durante la temporada de bajas precipitaciones no evidencio restricciones para usar el agua en el riego.

Tabla 116. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Cali: Permeabilidad.

Área	Procedencia	RAS (mg/l)	CE (dS/m)	Interpretación
El Caney_Lluvia	ALGIJE	0.00	0.11	Alta
Villa Nueva	RIACHUELO	0.34	0.11	Alta
La Palma_Lluvia	ASEQUÍA	0.20	0.06	Alta
La Cañada_Lluvia	ASEQUÍA	0.34	0.05	Alta
La Esperanza	RIACHUELO	0.32	0.07	Alta
Los Yarumos	RIACHUELO	0.13	0.04	Alta
San Joaquín_Lluvia	RIACHUELO	0.12	0.11	Alta
Reino de Ramanha	RIACHUELO	0.12	0.05	Alta
Las Nubes	RIACHUELO	0.13	0.07	Alta
Los Guamos	RIACHUELO	0.15	0.05	Alta
La Cañada_Seca	ASEQUÍA	0.31	0.05	Alta
San Joaquín_Seca	RIACHUELO	0.10	0.11	Alta
El Caney_Seca	ALGIJE	0.64	1.13	Ninguna
La Palma_Seca	ASEQUÍA	0.21	0.07	Alta

8.6.3. Restricciones de uso del agua para riego: Cationes

En la Tabla 117 se presentan los contenidos de cationes en cada área muestreada: Ca⁺, Mg⁺, K⁺ y Na⁺; no se evidencia ninguna restricción, todas las muestras obtuvieron contenidos normales para aguas utilizadas en riego, excepto en los contenidos de Mg, en la muestra tomada durante la temporada de bajas precipitaciones en el predio El Caney, en la zona plana de la cuenca.

8.6.4. Restricciones de uso del agua para riego: Aniones

En la Figura 118 se presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras tomadas para: bicarbonatos (HCO₃⁻), cloruros (Cl⁻), sulfatos (SO₄⁼) y fosfatos (PO₄[≡]); todas las muestras se encuentran dentro de los rangos considerados normales para el agua con uso agrícola para riego, por tanto, no presentan ningún tipo de restricción.

Tabla 117. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Cali: Cationes.

Área	Procedencia	Ca (meq/l)	Int Ca	Mg (meq/l)	Int Mg	K (meq/l)	Int K	Na (meq/l)	Int Na
El Caney_Lluvia	ALJIBE	0.44	Normal	0.42	Normal	0.02	Normal	0.00	Normal
Villa Nueva	RIACHUELO	0.34	Normal	0.26	Normal	0.03	Normal	0.19	Normal
La Palma_Lluvia	ASEQUÍA	0.25	Normal	0.22	Normal	0.01	Normal	0.10	Normal
La Cañada_Lluvia	ASEQUÍA	0.21	Normal	0.12	Normal	0.01	Normal	0.14	Normal
La Esperanza	RIACHUELO	0.31	Normal	0.16	Normal	0.01	Normal	0.15	Normal
Los Yarumos	RIACHUELO	0.17	Normal	0.15	Normal	0.01	Normal	0.05	Normal
San Joaquín_Lluvia	RIACHUELO	0.49	Normal	0.48	Normal	0.01	Normal	0.09	Normal
Reino de Ramanha	RIACHUELO	0.21	Normal	0.16	Normal	0.01	Normal	0.05	Normal
Las Nubes	RIACHUELO	0.27	Normal	0.26	Normal	0.01	Normal	0.06	Normal
Los Guamos	RIACHUELO	0.20	Normal	0.18	Normal	0.01	Normal	0.07	Normal
La Cañada_Seca	ASEQUÍA	0.21	Normal	0.12	Normal	0.09	Normal	0.13	Normal
San Joaquín_Seca	RIACHUELO	0.46	Normal	0.46	Normal	0.09	Normal	0.07	Normal
El Caney_Seca	ALJIBE	4.64	Normal	5.47	Fuera de Rango	0.09	Normal	1.43	Normal
La Palma_Seca	ASEQUÍA	0.23	Normal	0.23	Normal	0.09	Normal	0.10	Normal

Tabla 118. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Cali: Aniones.

Área	Procedencia	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Int HCO ₃ ⁻	Cl ⁻ (meq/l)	Int Cl ⁻	SO ₄ ⁼ (meq/l)	Int SO ₄ ⁼	PO ₄ [≡] (meq/l)	Int PO ₄ [≡]
El Caney_Lluvia	ALJIBE	1.11	Normal	0.03	Normal	0.18	Normal	0.19	Normal
Villa Nueva	RIACHUELO	0.57	Normal	0.23	Normal	0.69	Normal	0.19	Normal
La Palma_Lluvia	ASEQUÍA	0.66	Normal	0.03	Normal	0.15	Normal	0.19	Normal
La Cañada_Lluvia	ASEQUÍA	0.52	Normal	0.05	Normal	0.18	Normal	0.19	Normal
La Esperanza	RIACHUELO	0.69	Normal	0.06	Normal	0.18	Normal	0.19	Normal
Los Yarumos	RIACHUELO	0.44	Normal	0.01	Normal	0.18	Normal	0.19	Normal
San Joaquín_Lluvia	RIACHUELO	1.18	Normal	0.08	Normal	0.12	Normal	0.19	Normal
Reino de Ramanha	RIACHUELO	0.39	Normal	0.02	Normal	0.18	Normal	0.19	Normal
Las Nubes	RIACHUELO	0.64	Normal	0.04	Normal	0.12	Normal	0.19	Normal
Los Guamos	RIACHUELO	0.52	Normal	0.02	Normal	0.18	Normal	0.19	Normal
La Cañada_Seca	ASEQUÍA	0.78	Normal	0.10	Normal	0.54	Normal	0.05	Normal
San Joaquín_Seca	RIACHUELO	1.26	Normal	0.10	Normal	0.56	Normal	0.01	Normal
El Caney_Seca	ALJIBE	5.27	Normal	1.30	Normal	8.68	Normal	0.04	Normal
La Palma_Seca	ASEQUÍA	0.64	Normal	0.10	Normal	0.6	Normal	0.01	Normal

8.6.5. Restricciones de uso del agua para riego: pH, elementos menores y dureza

En la Tabla 119, se presentan los datos obtenidos en cuanto la dureza, pH, contenidos de B y Fe; en general no se presentan restricciones para ninguna de las variables en ninguna de las áreas muestreadas, por tanto, no existen restricciones para el uso del agua de estas áreas en el riego. Solo se presentó un nivel de dureza por encima del límite estimado (500 mg/l), en el predio El Caney durante la temporada de bajas precipitaciones, en la zona plana de la cuenca; y un bajo nivel de pH (normal 6,5 a 8,5), en el predio La Esperanza en el corregimiento Felidia durante la temporada de altas precipitaciones.

Tabla 119. Restricciones de uso del agua para riego cuenca Cali: pH, elementos menores y dureza.

Área	Procedencia	Dureza (mg/l)	Int Dureza	pH	Int pH	B (mg/l)	Int B	Fe (mg/l)	Int Fe
El Caney_Lluvia	ALJIBE	42.98	Normal	7.72	Normal	0.07	Normal	0.75	Normal
Villa Nueva	RIACHUELO	30.16	Normal	7.01	Normal	0.07	Normal	0.49	Normal
La Palma_Lluvia	ASEQUÍA	23.33	Normal	7.34	Normal	0.07	Normal	0.49	Normal
La Cañada_Lluvia	ASEQUÍA	16.3	Normal	6.59	Normal	0.07	Normal	0.49	Normal
La Esperanza	RIACHUELO	23.36	Normal	6.4	Bajo	0.07	Normal	0.73	Normal
Los Yarumos	RIACHUELO	15.94	Normal	7.48	Normal	0.07	Normal	0.49	Normal
San Joaquín_Lluvia	RIACHUELO	48.48	Normal	7.42	Normal	0.07	Normal	0.49	Normal
Reino de Ramanha	RIACHUELO	18.11	Normal	7.36	Normal	0.07	Normal	0.49	Normal
Las Nubes	RIACHUELO	26.1	Normal	6.96	Normal	0.07	Normal	0.49	Normal

Los Guamos	RIACHUELO	18.91	Normal	7.3	Normal	0.07	Normal	0.49	Normal
La Cañada_Seca	ASEQUÍA	16.54	Normal	7.41	Normal	0.12	Normal	0.49	Normal
San Joaquín_Seca	RIACHUELO	45.87	Normal	7.78	Normal	0.1	Normal	0.49	Normal
El Caney_Seca	ALJIBE	505.77	Por encima del limite	7.84	Normal	0.21	Normal	0.49	Normal
La Palma_Seca	ASEQUÍA	23.12	Normal	7.52	Normal	0.2	Normal	0.49	Normal

8.7. ANÁLISIS SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DEL SUELO CUENCA CALI (MUNICIPIO CALI)

Con la información obtenida de las encuestas por cada predio, se procedió a realizar la valoración con los rangos establecidos para cada subindicador y así generar el valor promedio por indicador.

8.7.1. Conservación de las Propiedades Biológicas del Suelo

En la Tabla 120 se observa la categorización para el indicador A, Conservación de las Propiedades Biológicas del Suelo, así como los rangos de cada subindicador. De acuerdo con esta información, se puede inferir que las prácticas realizadas en los predios San Joaquín (Hortalizas), Reino de Ramanha (Cítricos) y Los Guamos (Hortalizas) se catalogan como de aceptable sostenibilidad ambiental; en el primero se manejan diferentes tipos de hortalizas, de las que se realizan rotaciones de forma periódica de acuerdo con los requerimientos del mercado, estas hortalizas se encuentran en un agroecosistema relativamente biodiverso pues consiste en un policultivo con pequeñas áreas en monocultivo, además, se realizan constantes aportes de MO compostada, se incorporan arvenses y residuos de cosecha, y el manejo de las arvenses se realiza de manera manual con azadón; aunque dado que se manejan cultivos transitorios la labranza se realiza más a menudo, que aunque es mínima, tiene un impacto sobre el suelo, especialmente considerando el manejo manual de las arvenses que se debe realizar con bastante periodicidad.

Tabla 120. Indicador A, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).

A. Conservación Propiedades Biológicas del Suelo									
Predio	Cultivo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Subtotal	
El Caney	Maracuyá, Papaya y Ají	2	1	1	2	2	3	1.83	
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	3	3	1	2	5	1	2.50	
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	3	5	1	2	2	1	2.33	
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	3	5	1	2	5	1	2.83	
La Esperanza	Hortalizas	1	1	3	2	5	1	2.17	
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	1	4	3	2	5	1	2.67	
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Frijol	3	5	3	3	5	1	3.33	
Reino de Ramanha	Cítricos, Hortalizas y Aromáticas	2	5	1	4	5	1	3.00	
Las Nubes	Café	1	2	1	4	5	4	2.83	
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	2	5	1	4	5	1	3.00	

El 60% de los predios dadas las prácticas realizadas, en este indicador se categorizan como de baja sostenibilidad ambiental (predios en naranja); un predio se categorizó como de muy baja sostenibilidad ambiental en este indicador, El Caney, en la zona plana, en este predio se presenta debilidad especialmente en los subindicadores A2: Diversificación de Cultivos, pues se manejan amplias áreas en monocultivo, y el A3: Incorporación de MO, porque aunque se realizan suficientes aportes de MO, esta se aplica al suelo sin compostar, lo que puede generar efectos adversos por la alta carga de patógenos o por la presencia de nitrógeno y carbono poco estable, que se volatiliza con facilidad y no pueden aprovechar fácilmente las plantas.

8.7.2. Conservación de las Propiedades Fisicoquímicas del Suelo

En la Tabla 121 se puede observar los rangos obtenidos por subindicador y la categorización para el indicador por predio; esta información permite inferir que las prácticas realizadas en el 90% de los predios se pueden catalogar como de buena y alta sostenibilidad ambiental con respecto a la calidad del suelo; destaca especialmente el predio La Esperanza, en el que se manejan diferentes tipos de hortalizas, en el que se realiza labranza mínima, se siembra ahoyando y en curva de nivel para evitar pérdidas de suelo por erosión.

Tabla 121. Indicador B, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).

B. Conservación propiedades Fisicoquímicas del Suelo					
Predio	Cultivo	B1	B2	B3	Subtotal
El Caney	Maracuyá, Papaya y Ají	1	1	1	1.00
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	4	5	3	4.00
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	4	5	3	4.00
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	4	5	3	4.00
La Esperanza	Hortalizas	4	5	5	4.67
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	4	5	4	4.33
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Frijol	4	5	4	4.33
Reino de Ramanha	Cítricos, Hortalizas y Aromáticas	4	5	3	4.00
Las Nubes	Café	4	5	4	4.33
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	4	5	4	4.33

Por otro lado, el único predio con una calificación mala, es El Caney, el cual presenta una categorización como de muy baja sostenibilidad ambiental debido a las prácticas realizadas para conservar las propiedades fisicoquímicas del suelo, pues, la labranza realizada es mecanizada con tractor, se profundiza entre 30 a 60 cm y se voltean altos volúmenes de suelo para la construcción de camas de siembra y aunque se encuentra en la zona plana a inclinada (0 a 7% de pendiente), se siembra a favor de la pendiente, que puede generar algún tipo de erosión hídrica y eólica superficial y subsuperficial.

8.7.3. Riesgo de Degradación del Suelo

Para este indicador se tuvieron en cuenta algunos de los principales riesgos de degradación del suelo de acuerdo con los informes de la FAO, como lo son: erosión, compactación, acidificación, contaminación, salinización y desequilibrio de nutrientes (deficiencia y exceso de nutrientes). En la Tabla 122, se presenta la categorización obtenida para este indicador y los rangos de cada subindicador por predio. Destacan las prácticas realizadas en los predios Las Nubes (Café) y El Caney (Maracuyá), categorizadas como de buena y aceptable sostenibilidad, respectivamente, es decir, que, en el largo plazo, si se continúan realizando de esta forma podrían evitar impactos en la capacidad del suelo para soportar los sistemas productivos agrícolas. Las Nubes obtuvo esta calificación por: a) presentar una cobertura del suelo parcial del cultivo durante todo el año y adicionalmente acompañado de arvenses que protegen el suelo donde el cultivo no lo hace (C2), b) realizar enmiendas basadas en un análisis de suelo, con el insumo y la dosis recomendada que permite balancear los elementos del suelo y evitar la acidificación y la pérdida de bases (C4), c) dado que el cultivo implementado es de tipo permanente (Café), la labranza se realiza con una periodicidad entre los 6 a 10 años, y ocasiones solo se soquea, por lo que no se interviene el suelo para la labranza y se conserva su estructura, se evita la pérdida del suelo por erosión (C5), y d) se realizan aplicaciones de plaguicidas de forma esporádica como máximo cada mes (C6), lo que evita contaminación del suelo y pérdida de la biodiversidad del agroecosistema.

Tabla 122. Indicador C, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).

C. Riesgo de degradación del suelo								
Predio	Cultivo	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Subtotal
El Caney	Maracuyá, Papaya y Ají	5	3	2	5	3	1	3.17
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	3	3	1	2	1	2	2.00
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	2	3	1	2	1	2	1.83
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	3	3	1	2	1	2	2.00
La Esperanza	Hortalizas	3	3	1	1	1	2	1.83
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	2	3	1	2	1	2	1.83
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Frijol	2	3	1	2	1	2	1.83
Reino de Ramanha	Cítricos, Hortalizas y Aromáticas	3	4	1	2	1	2	2.17
Las Nubes	Café	3	4	3	5	4	5	4.00
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	2	4	1	1	1	2	1.83

Por otro lado, las prácticas que se implementan en el 70% de los predios se calificaron como de muy baja sostenibilidad ambiental, es decir no evitan en el largo plazo el riesgo de degradación de los suelos; otro de los predios se calificó como de baja

sostenibilidad ambiental, Reino de Ramanha (Cítricos); entre los predios con más baja calificación en este indicador, se encuentra La Esperanza, que en el indicador B obtuvo la mejor categorización, sin embargo, entre las razones para obtener una baja valoración se encuentra: a) no se implementa ninguna estrategia para prevenir la salinización del suelo, entre las que se incluyen: uso del balance hídrico, análisis de suelo, análisis de agua y asistencia técnica (C3), b) no se aplican enmiendas al suelo, lo que puede generar o contribuir a la acidificación del suelo (C4), y c) dado que se cultivan hortalizas, la periodicidad de la labranza es frecuente (entre 3 a 6 meses), lo que contribuye generalmente a la pérdida de estructura del suelo (C5).

8.7.4. Manejo de la Biodiversidad

En la Tabla 123 se observan los rangos por subindicador y la categorización obtenida en el indicador por predio; esta información permite inferir que las prácticas realizadas en el 50% de los predios seleccionados como estudio de caso se encuentran por debajo de lo aceptable en cuanto a la sostenibilidad ambiental (predios en rojo y naranja), es decir, realizan prácticas que generan una gran presión a largo plazo (impacto negativo), debido al manejo de la biodiversidad, especialmente con relacionado con: a) baja biodiversidad (D1), pocas variedades de la misma especie, en este caso, plantan una sola variedad del cultivo que manejan, lo que puede generar vulnerabilidad contra plagas y enfermedades, o incluso eventos climáticos extremos, acentuado, b) debido al uso de plaguicidas como principal forma de manejo de plagas y enfermedades (D2), reduciendo los enemigos naturales y creando la posibilidad de que organismos y microorganismos generen resistencia, lo que implica el aumento de las dosis o la imposibilidad de contrarrestarlas, provocando el desplazamiento de los cultivos.

Tabla 123. Indicador D, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).

D. Manejo de la biodiversidad					
Predio	Cultivo	D1	D2	D3	Subtotal
El Caney	Maracuyá, Papaya y Ají	1	1	5	2.33
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	1	5	4	3.33
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	1	5	5	3.67
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	1	1	5	2.33
La Esperanza	Hortalizas	1	1	5	2.33
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	1	1	5	2.33
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Frijol	1	1	4	2.00
Reino de Ramanha	Cítricos, Hortalizas y Aromáticas	3	5	4	4.00
Las Nubes	Café	1	3	5	3.00
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	1	5	4	3.33

Un 30% de los predios se calificó con una aceptable sostenibilidad ambiental de las prácticas que realizan con respecto a la conservación de la biodiversidad del suelo, y el 20% restante presenta una buena sostenibilidad ambiental debido al manejo de esta biodiversidad; entre estos últimos el de mejor calificación fue el predio Reino de Ramanha, en el cual destaca por: a) gestión de las plagas de acuerdo con un control biológico de conservación de los enemigos naturales dentro del agroecosistema, para ello se evita el uso de plaguicidas, se incentiva la presencia de plantas hospederas de los enemigos naturales de las plagas más importantes, entre otras (D2), y b) se realiza selección de las semillas a plantar obtenidas en el propio predio después de cada cosecha (D3).

8.7.5. Adaptación al Cambio Climático

En la Tabla 124 se puede observar los rangos por subindicador y la categorización establecida para el indicador por predio; esta información permite inferir que las prácticas realizadas en el 90% de los predios seleccionados como estudio de caso se encuentran por debajo de lo aceptable en cuanto a la sostenibilidad ambiental (predios en rojo y naranja); en estos predios destacan principalmente que: a) no se cosecha o almacena agua de lluvia para el uso en el sistema productivo (E1), y b) no tienen acceso a tecnología que les permita realizar monitoreo periódico de las variables edafoclimáticas (E4), con las que puedan adaptarse a diferentes eventos pronosticados; lo cual genera vulnerabilidad bajo el actual contexto de variabilidad y cambio climático.

Tabla 124. Indicador E, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).

E. Adaptación al cambio climático						
Predio	Cultivo	E1	E2	E3	E4	Subtotal
El Caney	Maracuyá, Papaya y Aji	1	5	5	1	3.00
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	1	4	2	1	2.00
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	1	1	1	1	1.00
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	1	1	1	1	1.00
La Esperanza	Hortalizas	1	2	2	1	1.50
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	1	2	4	1	2.00
San Joaquín	Hortalizas, Archuca y Frijol	1	4	4	1	2.50
Reino de Ramanha	Cítricos, Hortalizas y Aromáticas	1	2	2	1	1.50
Las Nubes	Café	1	1	1	1	1.00
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	1	4	4	1	2.50

Solo un predio presenta una aceptable sostenibilidad ambiental en cuanto a la adaptación al cambio climático, El Caney, en la zona plana de la cuenca, aunque presenta las mismas debilidades de los predios con baja y muy baja sostenibilidad ambiental sobre la cosecha de agua (D1) y el uso de tecnología para el monitoreo de variables agroclimáticas (D4), posee una mayor fortaleza en: a) capacidad de acceso al recursos hídrico (D2), debido a canales de distribución conectados al cercano río Cauca, y b) posee sistema de riego localizado de alta frecuencia (D3), lo cual le permite hacer un uso eficiente del recurso hídrico, especialmente en temporadas de baja precipitación donde existe limitación en el acceso.

8.7.6. Nivel de Asistencia Técnica

En la Tabla 125 se aprecian los rangos y la categorización obtenidos sobre el indicador Nivel de Asistencia Técnica. El 90% de los predios presentan una muy baja sostenibilidad ambiental, entre las principales falencias en estos predios se encuentran: a) el bajo o nulo acceso a información de sus predios como análisis de suelos, aguas, también baja o nula asistencia técnica o certificaciones en BPA (F1), además, b) la asistencia técnica recibida o es nula o de baja calidad para sus sistemas productivos (F2). En cuanto a los predios con buena sostenibilidad ambiental en este indicador, El Caney y Las Nubes, ambos destacan de igual manera en los subindicadores, sus fortalezas son: a) la asistencia técnica recibida es adecuada para el sistema productivo que manejan (F2), y b) la alta capacitación de quien maneja el predio en temáticas agropecuarias (F3).

Tabla 125. Indicador F, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).

F. Nivel Asistencia Técnica					
Predio	Cultivo	F1	F2	F3	Subtotal
El Caney	Maracuyá, Papaya y Ají	3	4	4	3.67
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	1	1	2	1.33
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	1	1	2	1.33
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	1	1	4	2.00
La Esperanza	Hortalizas	1	1	2	1.33
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	1	1	2	1.33
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Frijol	1	1	3	1.67
Reino de Ramanha	Cítricos, Hortalizas y Aromáticas	1	1	2	1.33
Las Nubes	Café	3	4	4	3.67
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	1	1	2	1.33

8.7.7. Categorización Global de Sostenibilidad Ambiental

En la Tabla 126 se presenta la categorización final obtenida por cada indicador y el promedio para cada predio, así como el código de colores; todos los predios obtuvieron una categorización de baja sostenibilidad al promediar los indicadores, con excepción del predio Las Nubes (Café), el cual obtuvo una calificación de aceptable sostenibilidad, destacando principalmente en los indicadores conservación propiedades fisicoquímicas (B), manejo riesgo degradación del suelo (C) y asistencia técnica (F), en los que obtuvo calificaciones de buena sostenibilidad ambiental; presentó aceptable sostenibilidad ambiental en manejo de la biodiversidad (D), mientras que tiene falencias principalmente en la adaptación al cambio climático (E), donde obtuvo una calificación de muy baja sostenibilidad, y de baja sostenibilidad en la conservación de las propiedades biológicas del suelo (A).

Tabla 126. Indicador General, indicadores, subindicadores y calificación obtenida por predio, cuenca Cali (Cali).

Predio	Cultivo	A. Propiedades Biológicas Suelo	B. Propiedades Fisicoquímicas Suelo	C. Riesgo Degradación Suelo	D. Biodiversidad	E. Adaptación CC	F. Asistencia Técnica	Promedio
El Caney	Maracuyá, Papaya y Aji	1.83	1.00	3.17	2.33	3.00	3.67	2.50
Villa Nueva	Aromáticas, Hortalizas, Frutales (Yerbabuena, Perejil, Albahaca, Poleo, Apio)	2.50	4.00	2.00	3.33	2.00	1.33	2.53
La Palma	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	2.33	4.00	1.83	3.67	1.00	1.33	2.36
La Cañada	Hortalizas (Espinaca)	2.83	4.00	2.00	2.33	1.00	2.00	2.36
La Esperanza	Hortalizas	2.17	4.67	1.83	2.33	1.50	1.33	2.31
Los Yarumos	Hortalizas y Aromáticas	2.67	4.33	1.83	2.33	2.00	1.33	2.42
San Joaquín	Hortalizas, Archucha y Frijol	3.33	4.33	1.83	2.00	2.50	1.67	2.61
Reino de Ramanha	Cítricos, Hortalizas y Aromáticas	3.00	4.00	2.17	4.00	1.50	1.33	2.67
Las Nubes	Café	2.83	4.33	4.00	3.00	1.00	3.67	3.14
Los Guamos	Hortalizas, Aromáticas y Frutales	3.00	4.33	1.83	3.33	2.50	1.33	2.72

El indicador de mayor debilidad en todos los predios fue el de adaptación al cambio climático (E), el 90% de los predios obtuvieron una calificación de muy baja y baja sostenibilidad; seguido del indicador asistencia técnica (F), donde el 80% de los predios obtuvo una muy baja sostenibilidad; el indicador de manejo del riesgo de la degradación (C), también mostró gran debilidad, pues el 80% de los predios presentaron muy baja y baja sostenibilidad; la conservación de las propiedades biológicas del suelo (A), en el que 70% de los predios presentaron muy baja y baja sostenibilidad; el indicador con mejor calificación fue el de manejo de las propiedades fisicoquímicas del suelo (B), en el que el 90% de los predios tienen buena y alta sostenibilidad ambiental.

El predio con la menor calificación global fue La Esperanza (Hortalizas), calificado como de baja sostenibilidad ambiental (2,31); tres de seis indicadores fueron calificados como muy baja sostenibilidad (<2,09), dos de seis como de baja sostenibilidad (<2,99), y en el indicador restante (B), presentó buena sostenibilidad (3,51 a 4,50).

A continuación, se presentan algunas figuras que permiten ilustrar los indicadores y compararlos entre predios. En la Figura 144, se realiza la comparación entre los predios El Caney (Maracuyá), Villa Nueva (Aromáticas) y La Palma (Hortalizas); se

observa que las prácticas en los dos últimos predios son muy similares, destacando en la conservación de las propiedades fisicoquímicas, pero bastante débiles en asistencia técnica, adaptación a CC, y conservación propiedades biológicas del suelo; el predio el Caney, por otro lado es fuerte en manejo del riesgo de degradación, asistencia técnica y adaptación al CC, pero débil en la conservación propiedades fisicoquímicas y biológicas. Esta comparación fue realizada entre dos predios de la zona de ladera, que cultivan especies transitorias manejadas tradicionalmente con tendencia a la producción limpia u orgánica y un predio en la zona plana, que cultiva especies semipermanentes y manejo de forma tecnificada, lo que puede modelar con bastante precisión tendencias de predios de similares.

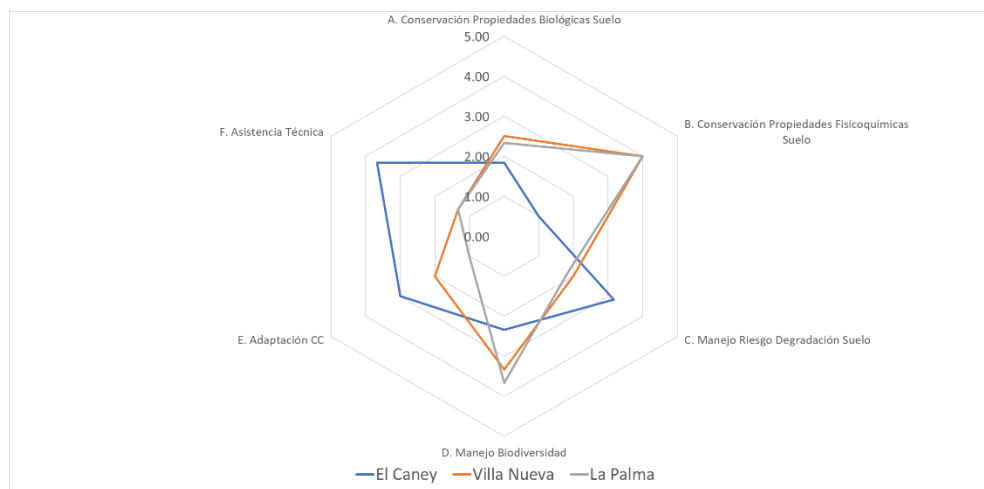


Figura 144. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: El Caney, Villa Nueva y La Palma.

En la Figura 145, se realiza la comparación entre los predios La Cañada (Hortalizas), La Esperanza (Hortalizas) y Los Yarumos (Hortalizas); debido a las enormes similitudes en el manejo de estos predios, ubicados en zona de ladera, manejo semitecnificado de cultivos transitorios, el comportamiento es muy similar en todos los indicadores, son fuertes en la conservación de las propiedades fisicoquímicas, y relativamente a bastante débiles en el resto de los indicadores.

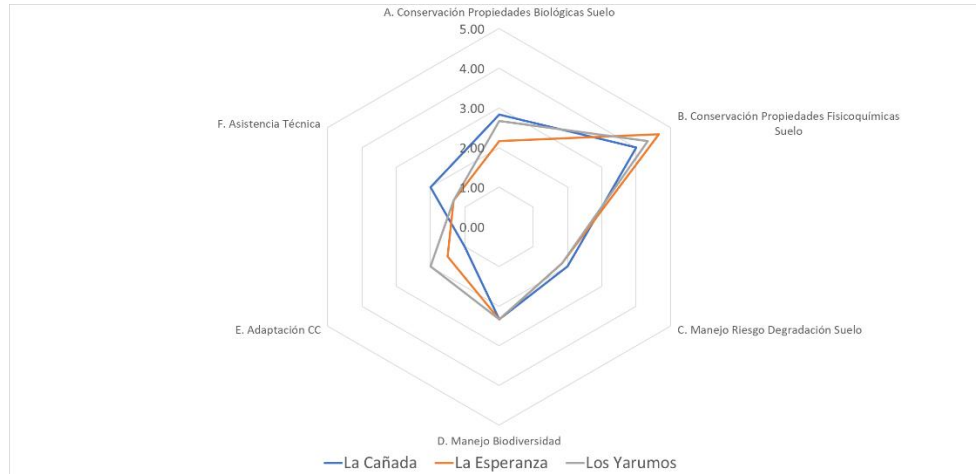


Figura 145. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: La Cañada, La Esperanza y Los Yarumos.

En la Figura 146, se realiza la comparación entre los predios San Joaquín (Hortalizas), reino de Ramanha (Cítricos), Las Nubes (Café) y Los Guamos (Hortalizas); nuevamente se presentan grandes similitudes en los predios que manejan hortalizas, debido a que se encuentran en la zona de ladera, cultivan especies transitorias, el manejo que realizan es tradicional o semitecnificado, lo que permite diferenciarlos un poco del predio que maneja café, especialmente en el indicador de manejo del riesgo a la degradación y asistencia técnica, en los cuales obtiene buenas calificaciones en comparación a los tres predios mencionados, aun así estos son más fuertes en el indicador de adaptación al CC, aunque no sustancialmente, pues se encuentran por debajo de la línea de aceptabilidad.

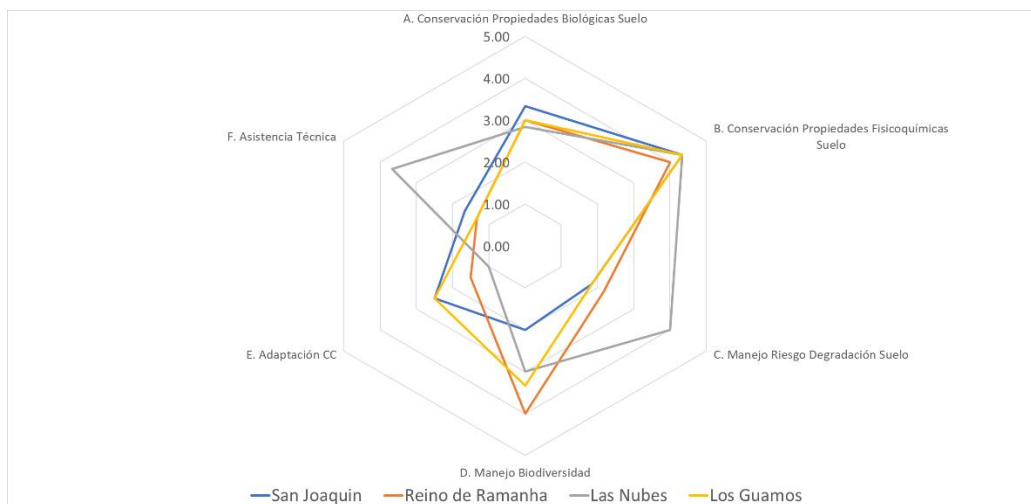


Figura 146. Grafica comparativa por indicador de sostenibilidad entre los predios: San Joaquín, Reino de Ramanha, Las Nubes y Los Guamos.

8.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES CUENCA CALI (MUNICIPIO CALI).

8.8.1. Conclusiones cuenca Cali (Cali)

- Los suelos de la región en la zona de ladera por su conformación (entisoles e inceptisoles) y las pendientes pronunciadas en las que se encuentran, generan una fragilidad importante y pueden entrar en riesgo si se intenta un tipo de agricultura tecnificada y por tanto más intensiva con el uso del suelo. Los actuales cultivos semitecnificados de hortalizas, que están creciendo en la región, deben realizar prácticas de producción que contribuyan a conservar la capacidad del suelo para producir alimentos.
- La falta de asistencia técnica, análisis de suelos y certificaciones de calidad, le confieren un riesgo a la actividad agrícola en esta región por la falta de capacidad para monitorear los insumos aplicados y las prácticas realizadas sobre el suelo.
- Los cultivos de la zona plana cercana al río Cali, tienden a desaparecer por la acelerada urbanización que se está desarrollando en esta franja.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, tanto en la zona plana como en la zona de ladera, se evidencian deficiencias de nutrientes, especialmente de K, y en algunas zonas de Ca, a causa de excesivos contenidos de Ca y Mg en comparación con los de K, esto permite inferir que no se están realizando prácticas de corrección de suelos y si se realizan no se hacen técnicamente mediante la aplicación de enmiendas durante la preparación del terreno. Los predios de la zona alta se ubican en los corregimientos La Elvira, La Castilla y Los Andes.
- En la zona de ladera los datos obtenidos sobre el pH evidencian suelos ligera y moderadamente ácidos, lo que limita la disponibilidad para las plantas de algunos nutrientes, esto no se está corrigiendo en la preparación del terreno con adecuados planes de fertilización.
- En ciertas áreas de la cuenca, especialmente en la zona noroccidental, en la zona plana y en los corregimientos La Elvira y La Castilla, se presentan bajos niveles de MO (<3%), en estas zonas no se están desarrollando adecuados planes de abonamiento o el excesivo uso del suelo para cultivos transitorios con una cobertura parcial durante todo el año, aunado a la labranza periódica (cada 3 a 6 meses), está degradando a un ritmo elevado la MO, mucho más rápido de lo que se repone con los aportes realizados.
- Tanto en zona plana, como en zona de ladera, se presentan problemas por la baja lámina de agua aprovechable, aunado a conductividades hidráulicas muy lentas a lentas, en los corregimientos Felidia, La Leonera y Los Andes, y moderadamente en la zona plana, La Elvira y La Castilla, pueden generar problemas de encharcamiento, erosión por escorrentía superficial al agua no poder moverse rápidamente entre los poros del suelo; lo cual también puede estar relacionados con los altos contenidos de Mg en comparación a otras bases, que no se están corrigiendo durante la preparación del terreno.
- En la zona plana y en el corregimiento La Elvira se presenta una ligera estabilidad estructural (0,5 a 1,5 mm), lo que puede estar relacionada con la agresiva labranza

mecanizada realizada en la zona plana, y la labranza periódica (cada 3 a 6 meses), que se realiza en el corregimiento en La Elvira; ambas condiciones pueden generar afectaciones a la estructura del suelo y por tanto a su estabilidad.

- El análisis de sostenibilidad permitió establecer, que en general, las prácticas que se realizan en la cuenca Cali (Cali), poseen una baja sostenibilidad ambiental, por lo que, en el mediano y largo plazo, podrían reducir la capacidad del suelo para generar el servicio ecosistémico de aprovisionamiento de alimentos.
- Entre las prácticas que más presión generar a la sostenibilidad ambiental del suelo en esta cuenca, se encuentran las relacionadas con los indicadores de adaptación al cambio climático, asistencia técnica y manejo del riesgo a la degradación del suelo, entre las que se encuentran: a) no cosechar agua lluvia, nula o pobre infraestructura de acceso a recurso hídrico, sin acceso a información agroclimática que les permita predecir eventos climáticos extremos, b) nulo o bajo uso de estrategias para la planificación del predio y la producción como análisis de suelos, aguas, asistencia técnica, certificados de BPA, c) bajo o nulo uso de estrategias para prevenir la salinización del suelo, como: balance hídrico, análisis de agua y suelo o asistencia técnica, d) en su mayoría labranza con una periodicidad muy alta (cada tres a seis meses), y e) uso de herbicidas y plaguicidas frecuentemente, además insumos activos que pueden tener una alta permanencia en el suelo.

8.8.2. Recomendaciones cuenca Cali (Cali)

- Desarrollar e implementar un programa de acompañamiento, asistencia técnica y transferencia de tecnología para que brinde a los agricultores de la región la capacidad de mejorar sus prácticas de producción, especialmente en los cultivos de hortalizas, que contribuyan a conservar el equilibrio ecológico de la región y que permita generar una red de agricultores, asistentes técnicos y consumidores en torno al concepto de agricultura sostenible en marcado en el territorio biodiverso y generador de servicios ecosistémicos en el que actualmente se encuentran.
- Promover la asociación entre agricultores, además de la certificación de sus prácticas e productos dentro del concepto de “certificación de origen”, que permita la comercialización de estos, en el marco de un territorio en el que se conservan los servicios ecosistémicos y se producen alimentos sanos, entre los que pueden destacar: cafés especiales manejados de forma sostenible, hortalizas y aromáticas producidas de forma sostenible, alimentos procesados y transformados desde una materia prima libre de agroquímicos, entre otros, para que esta tendencia se convierta en reconocimiento para la región.
- Diseñar y ejecutar una campaña que incentive a los agricultores a certificarse con BPA, para así generar una red de agricultores, y otros actores, que monitorean a sus propios miembros sobre las prácticas que realizan, y adicionalmente se creen grupos de capacitación para evaluar y mejorar continuamente a través del conocimiento colectivo, tanto del territorio, como de los predios individualmente.

9. ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO Y AGUA EN LAS TRES CUENCAS EVALUADAS

La información generada con los análisis físicoquímicos de suelos y aguas es bastante compleja como para lograr ser interpretada fácilmente y de forma que permita realizar inferencias sobre el significado de los datos de manera general. Los análisis estadísticos realizados permiten establecer diferencias entre medias de forma univariada que finalmente no logran generar una visión global; en este sentido, un análisis multivariado permitirá obtener un panorama general las propiedades físicoquímicas en las tres cuencas.

9.1. ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO EN LAS TRES CUENCAS EVALUADAS

9.1.1. Correlación Entre Variables

Mediante el método de Pearson se estimó las variables que tenían correlación entre sí y así mismo que tan significativa es. En la Tabla 127 se presentan la matriz de correlaciones de las variables evaluadas; en negrita y subrayada las correlaciones más fuertes y significativas. Destaca principalmente que el pH correlaciona fuerte y significativamente con siete de las otras 24 variables, las cuales son: Ca, Mg, CICE, B, de forma positiva, y negativamente se correlaciona con los contenidos de Mn y el DMP.

Posteriormente se realizó un análisis de componentes principales para construir variables sintéticas que redujeran el número de las originales, conservando la variabilidad de los datos. En la Figura 147, se observa el círculo de correlaciones producto de visualizar las dos primeras variables sintéticas, las cuales explican el 49,06% de la variabilidad de los datos; en el la figura se puede ver de mejor manera las variables correlacionadas entre sí en los dos primeros Componentes Principales (CP), y como todas las variables están representadas en esos dos CP; por ejemplo, las variables cuya flecha es más extensa, reflejan una contribución importante en la variabilidad del CP, y de acuerdo a su disposición en el gráfico se puede inferir en que CP contribuyen; las variables que se mencionaron anteriormente correlacionadas con el pH, se encuentran dispuesta a lo largo del eje x, lo que implica que representan una importante contribución a la variabilidad explicada por el CP 1 (Dim 1); las variables que se encuentran en torno al eje y son aquellas que contribuyen a la variabilidad explicada por el CP2 (Dim 2); aquellas variables que presentan flechas cortas, se infiere que no contribuyen a la variabilidad explicada de esos dos CP.

Tabla 127. Matriz de correlaciones entre las variables fisicoquímicas del suelo.

Variables	pH	CE	MO	S	Ca	Mg	K	Na	CICE	B	Fe	Cu	Mn	Zn	CO	P	CICA	NT	A	Ar	L	Da	AA	CH	DMP
pH	1																								
CE	0.12	1																							
MO	-0.55	0.20	1																						
S	-0.06	0.77	0.26	1																					
Ca	0.74	0.24	-0.41	0.04	1																				
Mg	0.67	0.08	-0.55	0.03	0.75	1																			
K	0.34	0.49	0.16	0.22	0.19	0.02	1																		
Na	0.51	0.42	-0.31	0.47	0.43	0.66	0.20	1																	
CICE	0.77	0.21	-0.50	0.06	0.94	0.92	0.18	0.59	1																
B	0.61	0.37	-0.47	0.12	0.55	0.53	0.29	0.37	0.60	1															
Fe	-0.77	-0.09	0.41	-0.03	-0.74	-0.64	-0.15	-0.35	-0.74	-0.50	1														
Cu	0.12	0.24	0.08	0.24	0.13	-0.06	0.13	0.03	0.05	0.11	-0.10	1													
Mn	-0.68	-0.03	0.15	0.01	-0.54	-0.39	-0.17	-0.27	-0.49	-0.35	0.60	-0.03	1												
Zn	0.29	0.64	0.11	0.39	0.17	0.01	0.58	0.16	0.14	0.51	-0.14	0.37	-0.14	1											
CO	-0.55	0.20	1.00	0.26	-0.41	-0.55	0.16	-0.31	-0.50	-0.47	0.41	0.08	0.15	0.11	1										
P	0.44	0.27	-0.23	0.08	0.27	0.08	0.44	0.15	0.22	0.46	-0.27	0.27	-0.23	0.34	-0.23	1									
CICA	0.07	0.17	0.43	0.17	0.41	0.23	0.21	0.11	0.36	-0.02	-0.28	0.02	-0.23	0.00	0.43	-0.03	1								
NT	-0.46	0.31	0.94	0.33	-0.28	-0.52	0.25	-0.26	-0.40	-0.39	0.32	0.09	0.06	0.22	0.94	-0.18	0.50	1							
A	0.13	-0.09	0.07	-0.17	-0.18	-0.24	0.13	-0.21	-0.21	-0.01	0.02	0.04	-0.05	0.12	0.07	0.18	-0.17	0.04	1						
Ar	0.05	0.11	-0.26	0.19	0.17	0.41	-0.09	0.38	0.30	0.18	-0.09	0.06	0.06	-0.07	-0.26	-0.09	-0.03	-0.28	-0.81	1					
L	-0.26	-0.05	0.35	-0.09	-0.04	-0.37	-0.03	-0.36	-0.22	-0.28	0.12	-0.16	-0.03	-0.05	0.35	-0.10	0.27	0.42	0.00	-0.59	1				
Da	0.39	-0.22	-0.78	-0.25	0.20	0.41	-0.19	0.22	0.31	0.49	-0.27	-0.05	-0.09	-0.05	-0.78	0.31	-0.48	-0.78	0.12	0.11	-0.35	1			
AA	0.46	-0.06	-0.52	-0.14	0.24	0.41	-0.06	0.21	0.33	0.39	-0.31	0.00	-0.17	0.09	-0.52	0.19	-0.28	-0.53	0.27	-0.03	-0.33	0.54	1		
CH	-0.09	-0.07	0.22	0.03	-0.04	-0.15	-0.03	-0.18	-0.10	-0.08	0.04	-0.04	-0.15	-0.09	0.22	0.03	0.13	0.25	-0.01	0.00	0.01	-0.22	-0.17	1	
DMP	-0.68	-0.12	0.64	0.05	-0.53	-0.50	-0.16	-0.36	-0.56	-0.65	0.58	-0.06	0.36	-0.19	0.64	-0.42	0.10	0.56	-0.09	-0.09	0.27	-0.50	-0.50	0.10	1

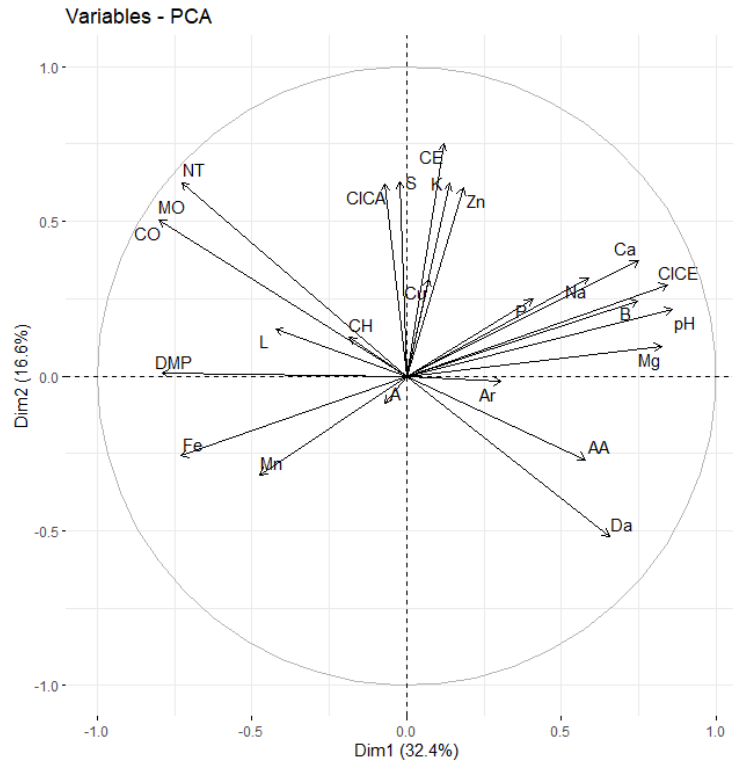


Figura 147. Circulo de correlaciones entre las variables fisicoquímicas en los dos primeros CP.

En la Figura 148 se observa el porcentaje de la variabilidad de los datos explicado en las diez primeras componentes principales (variables sintéticas); hasta la Componente Principal (CP), cuatro se acumula el 68,61% del total de la variabilidad de los datos. En la Tabla 128 se observa la contribución de cada variable a las cuatro primeras CP (Dim 1, Dim 2, Dim 3 y Dim 4).

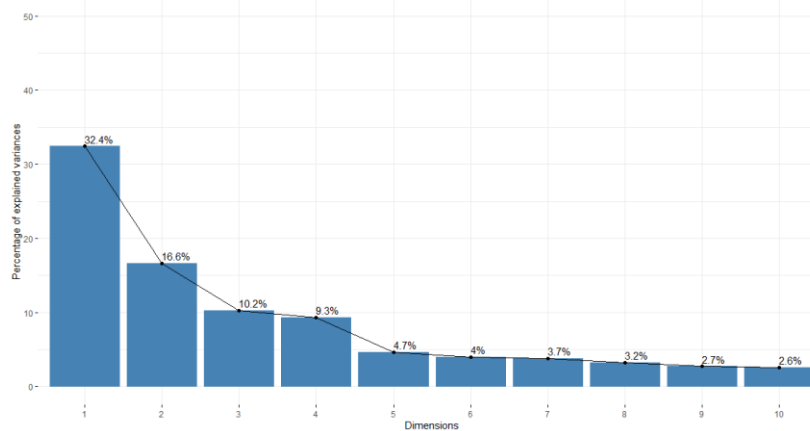


Figura 148. Porcentaje de varianza explicada por los diez primeros CP.

Tabla 128. Contribución de cada variable a la varianza explicada por los cuatro primeros CP (Dim).

Variables	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4
pH	0.86	0.22	0.18	-0.23
CE	0.12	0.75	0.06	0.47
MO	-0.80	0.50	-0.01	-0.09
S	-0.02	0.63	-0.16	0.50
Ca	0.75	0.37	-0.17	-0.36
Mg	0.83	0.10	-0.38	-0.14
K	0.14	0.62	0.35	0.13
Na	0.59	0.32	-0.31	0.26
CICE	0.84	0.30	-0.27	-0.25
B	0.75	0.24	0.20	0.17
Fe	-0.73	-0.26	0.02	0.38
Cu	0.07	0.31	0.19	0.28
Mn	-0.48	-0.32	-0.08	0.49
Zn	0.18	0.61	0.43	0.37
CO	-0.80	0.50	-0.01	-0.09
P	0.41	0.25	0.50	0.13
CICA	-0.07	0.62	-0.33	-0.51
NT	-0.73	0.63	0.01	-0.13
A	-0.07	-0.09	0.81	-0.18
Ar	0.31	-0.02	-0.74	0.45
L	-0.42	0.15	0.15	-0.51
Da	0.66	-0.52	0.20	0.17
AA	0.58	-0.27	0.30	0.06
CH	-0.19	0.12	-0.05	-0.22
DMP	-0.79	0.01	-0.23	0.01

9.1.2. Segmentación de los Datos - Generación de Clusters con Muestras de Características Similares

Posteriormente se realizó un análisis cluster con la información generada previamente en el análisis de componentes principales, con el objetivo de agrupar los datos fisicoquímicos obtenidos en cada predio de acuerdo con sus similitudes a nivel general. Para esto, se estableció inicialmente el número ideal de clusters con el método de la silueta, el cual indicó que, de acuerdo con la variabilidad de los datos, la información podría segmentarse en dos grupos, tal y como se observa en la Figura 149.

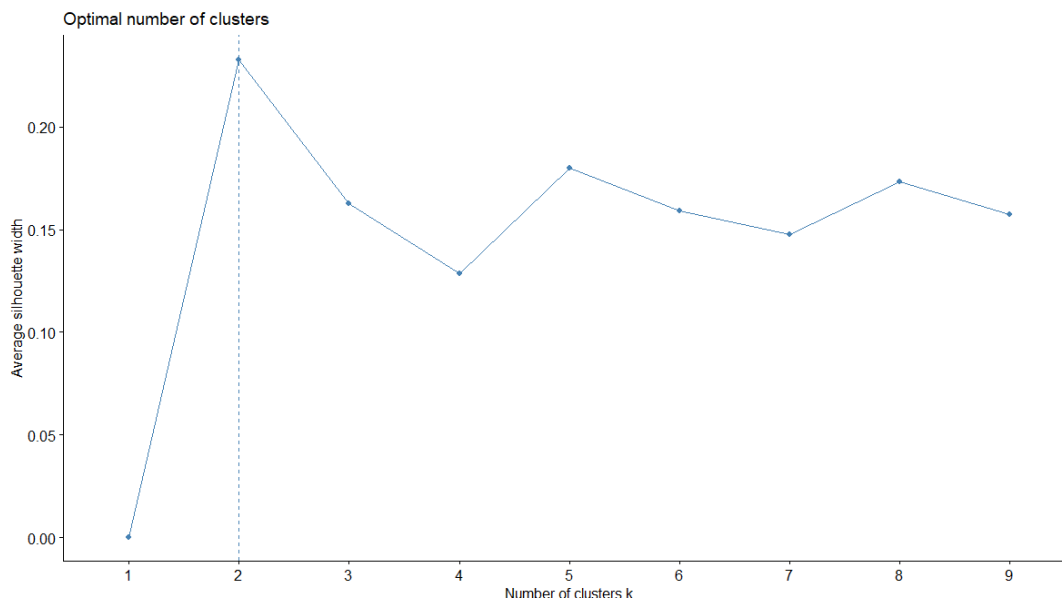


Figura 149. Número de clusters sugeridos por el método de la silueta.

Para agrupar los datos en los clusters sugeridos se utilizó el método de aprendizaje automático K-means que permite clasificar la información de forma no supervisada. Lo que generó que los 90 datos fisicoquímicos se clasificaran en dos grupos denominados clusters, en el cluster 1, se agruparon 48 de los datos, y 42 en el cluster 2. En la Tabla 129, se presenta información general de los datos que se agruparon en cada cluster; en el cluster 1, el 48% de los predios es de la cuenca Cali, 46% de la cuenca Dagua y solo un 6% de la cuenca RUT; mientras que en el cluster 2, el 64% de los predios corresponden a la cuenca RUT, 19% a la cuenca Dagua y 17% a la cuenca Cali. En general los predios correspondientes al cluster 1 se encuentran en la zona de ladera, mientras que los del cluster 2 en la zona plana.

Tabla 129. Información general de los predios en cada cluster.

Predio	Cuenca	Cultivo	Cluster	Predio	Cuenca	Cultivo	Cluster
La Colonia	RUT	Café	1	Lusitania	RUT	Maíz	2
La Colonia	RUT	Café	1	Lusitania	RUT	Maíz	2
La Colonia	RUT	Café	1	Lusitania	RUT	Maíz	2
Villa Luz	Dagua	Maíz	1	Villa María	RUT	Vid1	2
Villa Luz	Dagua	Maíz	1	Villa María	RUT	Vid1	2
Villa Luz	Dagua	Maíz	1	Villa María	RUT	Vid1	2
Miraflores	Dagua	Pina	1	San Juanito	RUT	Yuca	2
Miraflores	Dagua	Pina	1	San Juanito	RUT	Yuca	2
Miraflores	Dagua	Pina	1	San Juanito	RUT	Yuca	2
Julianandrea	Dagua	Plátano	1	La Rivera	RUT	Ají	2
Julianandrea	Dagua	Plátano	1	La Rivera	RUT	Ají	2

Predio	Cuenca	Cultivo	Cluster	Predio	Cuenca	Cultivo	Cluster
Julianandrea	Dagua	Plátano	1	La Rivera	RUT	Ají	2
Primavera	Dagua	Lulo	1	El Jigual	RUT	Papaya	2
Primavera	Dagua	Lulo	1	El Jigual	RUT	Papaya	2
Primavera	Dagua	Lulo	1	El Jigual	RUT	Papaya	2
La Antonia	Dagua	Aguacate	1	Villa Carol	RUT	Vid2	2
La Antonia	Dagua	Aguacate	1	Villa Carol	RUT	Vid2	2
La Antonia	Dagua	Aguacate	1	Villa Carol	RUT	Vid2	2
El Placer	Dagua	Tomate	1	Rentería	RUT	Guayaba1	2
El Descanso	Dagua	Caña Panelera	1	Rentería	RUT	Guayaba1	2
El Descanso	Dagua	Caña Panelera	1	Rentería	RUT	Guayaba1	2
El Porvenir	Dagua	Café	1	Sinaí	RUT	Lima Tahití	2
El Porvenir	Dagua	Café	1	Sinaí	RUT	Lima Tahití	2
El Porvenir	Dagua	Café	1	Sinaí	RUT	Lima Tahití	2
La Caja	Dagua	Pimentón	1	Terra Nova	RUT	Guayaba2	2
El Caney	Cali	Maracuyá	1	Terra Nova	RUT	Guayaba2	2
La Palma	Cali	Hortalizas1	1	Terra Nova	RUT	Guayaba2	2
La Cañada	Cali	Hortalizas2	1	Villa Luz	Dagua	Maiz2_Dag	2
La Cañada	Cali	Hortalizas2	1	Villa Luz	Dagua	Maiz2_Dag	2
La Cañada	Cali	Hortalizas2	1	Villa Luz	Dagua	Maiz2_Dag	2
La Esperanza	Cali	Hortalizas3	1	El Placer	Dagua	Tomate	2
La Esperanza	Cali	Hortalizas3	1	El Placer	Dagua	Tomate	2
La Esperanza	Cali	Hortalizas3	1	El Descanso	Dagua	Caña Panelera	2
Los Yarumos	Cali	Hortalizas4	1	La Caja	Dagua	Pimentón	2
Los Yarumos	Cali	Hortalizas4	1	La Caja	Dagua	Pimentón	2
Los Yarumos	Cali	Hortalizas4	1	El Caney	Cali	Maracuyá	2
San Joaquín	Cali	Hortalizas5	1	El Caney	Cali	Maracuyá	2
San Joaquín	Cali	Hortalizas5	1	Villa Nueva	Cali	Aromáticas1	2
San Joaquín	Cali	Hortalizas5	1	Villa Nueva	Cali	Aromáticas1	2
Reino de Ramhana	Cali	Cítricos	1	Villa Nueva	Cali	Aromáticas1	2
Reino de Ramhana	Cali	Cítricos	1	La Palma	Cali	Hortalizas1	2
Reino de Ramhana	Cali	Cítricos	1	La Palma	Cali	Hortalizas1	2
Las Nubes	Cali	Café					
Las Nubes	Cali	Café					
Las Nubes	Cali	Café					
Los Guamos	Cali	Hortalizas6					
Los Guamos	Cali	Hortalizas6					
Los Guamos	Cali	Hortalizas6					

En la Figura 150 se visualiza en las dos primeras CP los datos segmentados, se aprecian los centroides con los cuales se realizó el agrupamiento y se evidencia que algunas muestras del cluster 1 (con 48 muestras), podrían haber formado un grupo, pero de pocos individuos.

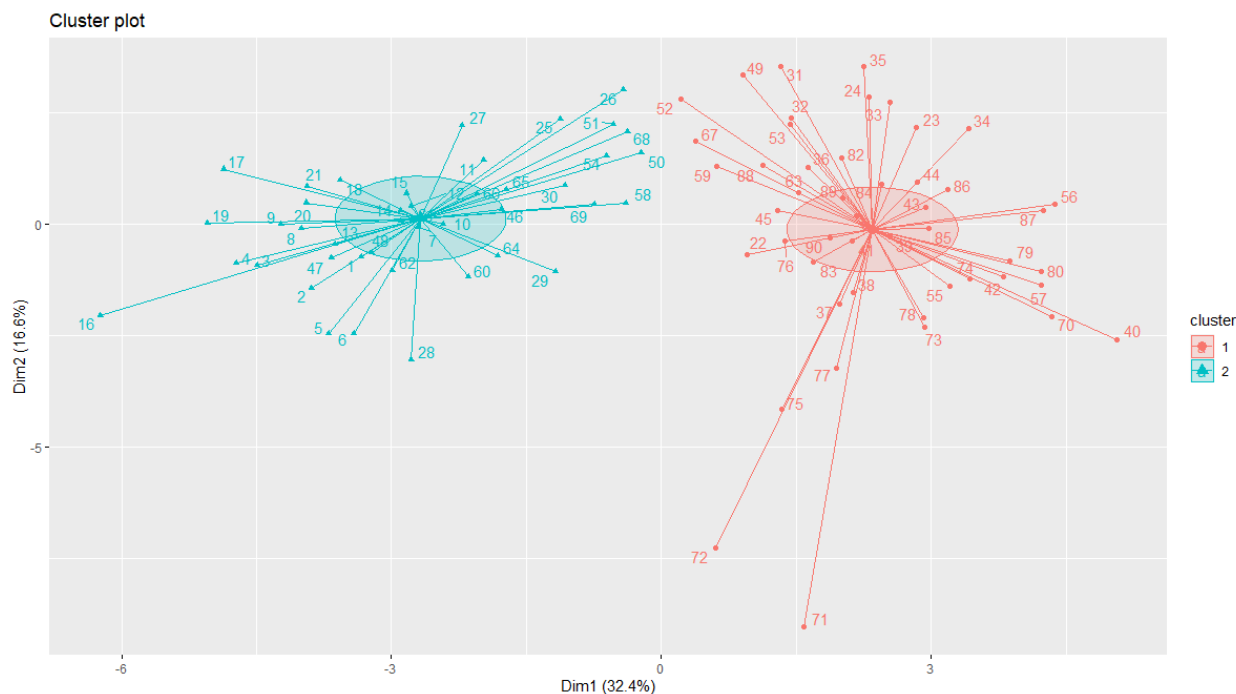


Figura 150. Clusters generados por el método K-means para segmentar la información fisicoquímica.

En la Tabla 130 se presenta la información promedio por cluster, se evidencia que las principales diferencias entre clusters se encuentran relacionadas con: contenidos de MO (más altos en el cluster 1), pH (más ácido en el cluster 1, y por tanto podría provocar mayor deficiencia de nutrientes sino se corrige), en el cluster 2 la CICE es más alta, producto de poseer mayores contenidos de bases intercambiables (aunque en ambos clusters se califiquen como alta, al final el cluster 2 obtiene un mayor total en la CICE); algunas diferencias en los contenidos de elementos menores (por ejemplo el B es más alto en el cluster 2, pero se presenta mayores contenidos de Fe en el cluster 1); finalmente en las propiedades físicas del suelo, el cluster 1 parece indicar una mayor conservación de la estructura y por una mayor estabilidad de agregados y mejor movimiento entre sus poros que el cluster 2.

Tabla 130. Información promedio de las propiedades fisicoquímicas por cluster.

Variables	Cluster 1	Interpretación	Cluster2	Interpretación
pH	5.85	Moderadamente ácido	7.01	Neutro
CE (dS/m)	0.51	Ninguna Salinidad	0.50	Ninguna Salinidad
MO (g/100g)	5.37	Alto	2.44	Medio
S (mg/kg)	22.37	Alto	20.20	Alto
Ca (cmol/kg)	10.09	Alto	18.08	Alto
Mg (cmol/kg)	3.01	Alto	10.83	Alto
K (cmol/kg)	0.92	Alto	0.90	Alto
Na (cmol/kg)	0.14	Bajo	0.31	Bajo
CICE (cmol/kg)	14.22	Medio	30.13	Alto
B (mg/kg)	0.34	Medio	0.88	Alto
Fe (mg/kg)	141.65	Alto	40.50	Medio
Cu (mg/kg)	10.04	Alto	10.25	Alto
Mn (mg/kg)	11.31	Alto	3.08	Bajo
Zn (mg/kg)	5.48	Alto	5.86	Alto
CO (g/100g)	3.11	Alto	1.42	Medio
P (mg/kg)	45.10	Muy Alto	203.67	Muy Alto
Da (g/cm ³)	1.03	Finas	1.31	Finas
AA (mm)	11.55	Bajo	16.54	Bajo
CH (cm/h)	1.61	Moderada	1.05	Moderadamente Lenta
DMP (mm)	2.26	Moderadamente Estable	1.10	Ligeramente Estable

9.2. ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA PARA RIEGO EN LAS TRES CUENCAS

Dado que en las áreas muestreadas no se realizaron repeticiones no es posible un análisis estadístico convencional en el que se comparen medias; por lo que la información se debe analizar desde otra perspectiva, en este caso, se realizó un análisis multivariado, el cual consiste en tomar la información generada en las tres cuencas e implementar un análisis de componentes principales en el cual se establecen las variables que más aportan a la variabilidad de los datos, y posteriormente, agruparlos teniendo en cuenta las similitudes estadísticas; esto genera un análisis robusto que permite comparar la información incluso cuando no se cumple con el principio de normalidad.

9.2.1. Correlación entre variables

Mediante el método de Pearson se estimó las variables que tenían correlación entre sí y así mismo que tan significativa es. En la Tabla 131 se presentan la matriz de correlaciones de las variables evaluadas; en negrita y subrayada las correlaciones más fuertes y significativas (**p<0.001). Destaca principalmente que el RAS correlaciona fuerte y significativamente con nueve de las otras 14 variables.

Tabla 131. Matriz de correlaciones entre las variables fisicoquímicas de agua.

Variables	RAS	Dureza	pH	CE	TDS	B	Ca	Mg	K	Na	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	PO ₄ [≡]	Fe
RAS	1														
Dureza	0.79	1													
pH	0.08	-0.03	1												
CE	0.83	0.98	-0.02	1											
TDS	0.83	0.98	-0.02	1.00	1										
B	0.05	0.04	0.24	0.01	0.01	1									
Ca	0.77	1.00	-0.03	0.97	0.97	0.05	1								
Mg	0.79	1.00	-0.03	0.98	0.98	0.02	0.99	1							
K	0.54	0.39	0.11	0.43	0.43	0.39	0.42	0.36	1						
Na	0.93	0.93	-0.01	0.96	0.96	-0.02	0.91	0.94	0.41	1					
HCO ₃	0.84	0.96	-0.04	0.98	0.98	0.03	0.95	0.97	0.47	0.96	1				
Cl ⁻	0.83	0.82	0.03	0.80	0.80	0.24	0.84	0.80	0.53	0.84	0.81	1			
SO ₄ ⁼	0.65	0.84	0.04	0.87	0.87	0.08	0.82	0.86	0.36	0.78	0.86	0.54	1		
PO ₄ [≡]	0.43	0.09	0.16	0.18	0.18	0.20	0.10	0.08	0.37	0.24	0.17	0.33	0.08	1	
Fe	-0.05	-0.06	-0.18	-0.04	-0.04	-0.14	-0.05	-0.06	0.12	-0.06	-0.05	-0.04	0.04	0.01	1

Posteriormente se realizó un análisis de componentes principales para construir variables sintéticas que redujeran el número de las originales, pero conservando la variabilidad de los datos. En la Figura 151, se observa el círculo de correlaciones producto de visualizar las dos primeras variables sintéticas, las cuales explican el 73,28% de la variabilidad de los datos; en la figura se puede ver de mejor manera como diez variables se encuentran bastante correlacionadas, tal como se estableció en la tabla anterior, estas son: RAS, Dureza, CE, TDS, Ca, Mg, Na, HCO₃, Cl⁻ y SO₄⁼, estas contribuyen a explicar en gran parte la variabilidad de la primera componente principal (Dim 1); mientras que pH, B, K y PO₄[≡], contribuyen a la variabilidad contenida en la segunda componente principal (Dim 2); como se observa en el círculo de correlaciones, Fe, no aporta en gran medida a ninguna de las dos primeras componentes, por eso se aleja de las tendencias de los dos grupos de variables anteriores, y además, la longitud de su flecha es corta, implicando que no aporta a estas dos primeras componentes, sin embargo, es la variable que más aporta a explicar la variabilidad de la componente tres (Dim 3).

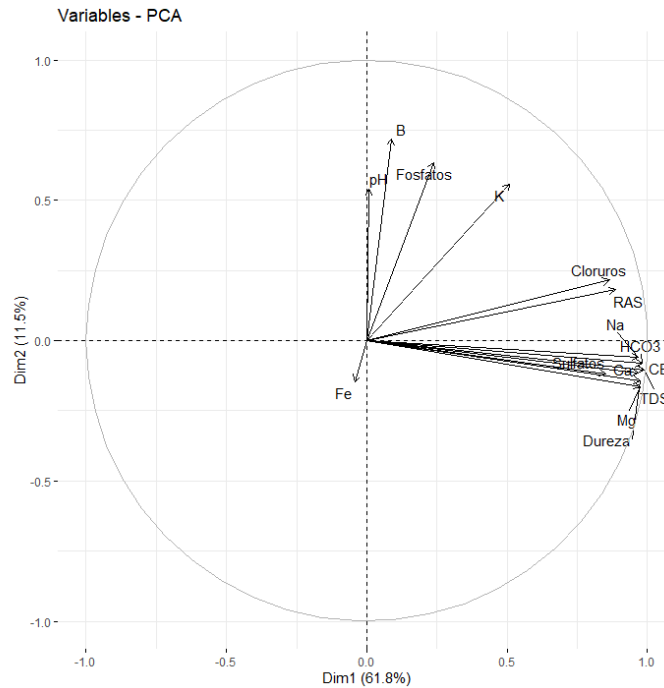


Figura 151. Circulo de correlaciones entre las variables fisicoquímicas de las muestras de agua.

En la Figura 152 se observa el porcentaje de la variabilidad de los datos explicado en las diez primeras componentes principales (variables sintéticas); hasta la Componente Principal (CP), tres se acumula el 81,17% del total de la variabilidad de los datos. En la Tabla 132 se observa la contribución de cada variable a las tres primeras CP (Dim 1, Dim 2 y Dim 3).

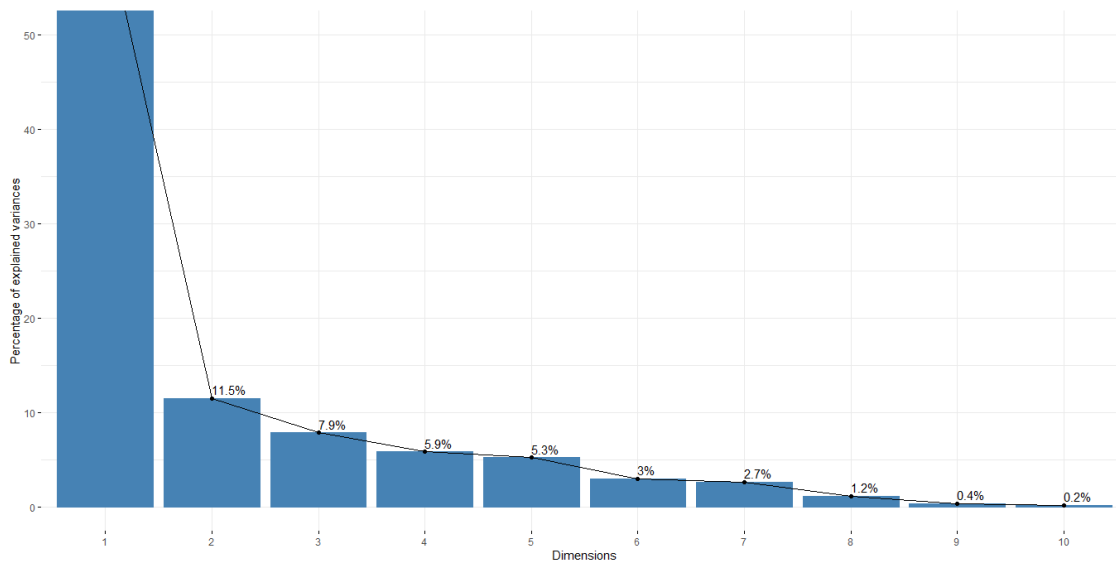


Figura 152. Porcentaje de varianza explicada por los diez primeros componentes principales.

Tabla 132. Contribución por variable a las tres primeras CP (Dim).

Variables	Dim.1	Dim.2	Dim.3
RAS	0.89	0.18	0.10
Dureza	0.98	-0.14	-0.08
pH	0.01	0.54	-0.46
CE	0.99	-0.10	-0.03
TDS	0.99	-0.11	-0.03
B	0.09	0.72	-0.14
Ca	0.97	-0.12	-0.06
Mg	0.97	-0.16	-0.09
K	0.51	0.56	0.34
Na	0.97	-0.06	0.00
HCO3	0.98	-0.08	-0.01
Cloruros	0.86	0.22	0.06
Sulfatos	0.85	-0.12	-0.05
Fosfatos	0.24	0.64	0.32
Fe	-0.04	-0.15	0.84

9.2.2. Segmentación de los Datos - Generación de Clusters con Muestras de Características Similares

Posteriormente se realizó un análisis cluster con la información generada en el análisis de componentes principales, con el objetivo de agrupar las muestras de agua con contenidos similares en cada variable inicial. Para esto, se estableció inicialmente el número ideal de clusters con el método de la silueta, el cual indicó que, de acuerdo con la variabilidad de los datos, la información podría segmentarse en dos grupos, tal y como se observa en la Figura 153.

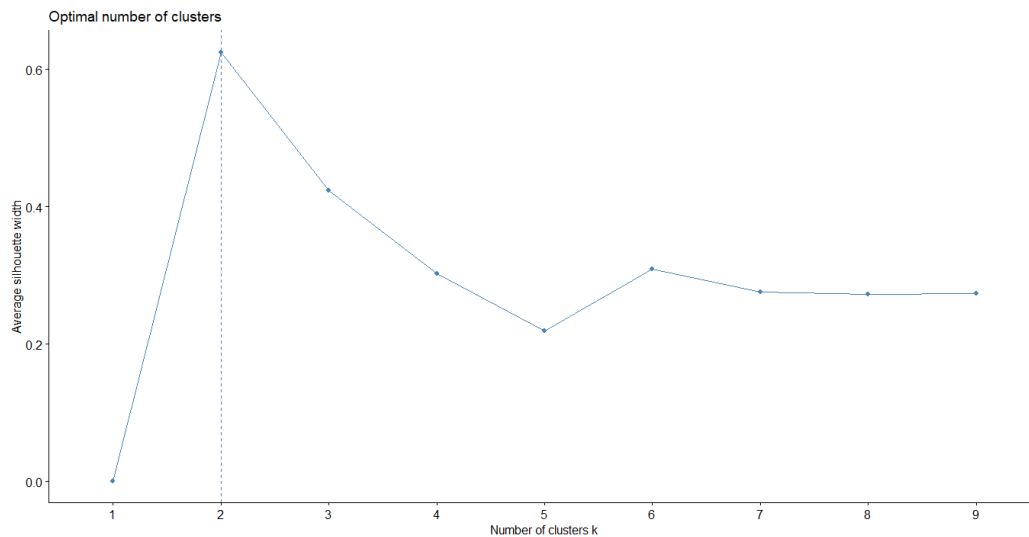


Figura 153. Número de clusters sugerido por el método de la silueta.

Para agrupar los datos en los clusters sugeridos se utilizó el método de aprendizaje automático de clasificación no supervisado K-means. Esto permitió que las 45 muestras se segmentaran en dos grupos de acuerdo con sus similitudes; en un primer grupo se agruparon 40 de las muestras, y en el segundo solo cinco. En la Tabla 133, se presentan las muestras que se agruparon en el cluster 2, de las cinco, cuatro corresponden a la cuenca RUT, en la zona plana, y la restante es de la cuenca Cali, igualmente en la zona plana; tanto las muestras del RUT como la de Cali proceden de pozos o aljibes, es decir, son aguas subterráneas.

Tabla 133. Datos generales de las muestras en el cluster 2.

Área	Cuenca	Procedencia
La Rivera	RUT	POZO
San Juanito	RUT	ALJIBE
Villa María	RUT	POZO
Terra Nova	RUT	POZO
El Caney_Seca	Cali	ALJIBE

En la Figura 154 se visualiza en las dos primeras CP las muestras segmentadas, se aprecian los centroides con los cuales se realizó el agrupamiento y se evidencia que algunas muestras del cluster 1 (con 40 muestras), podrían haber formado un grupo, pero de pocos individuos.

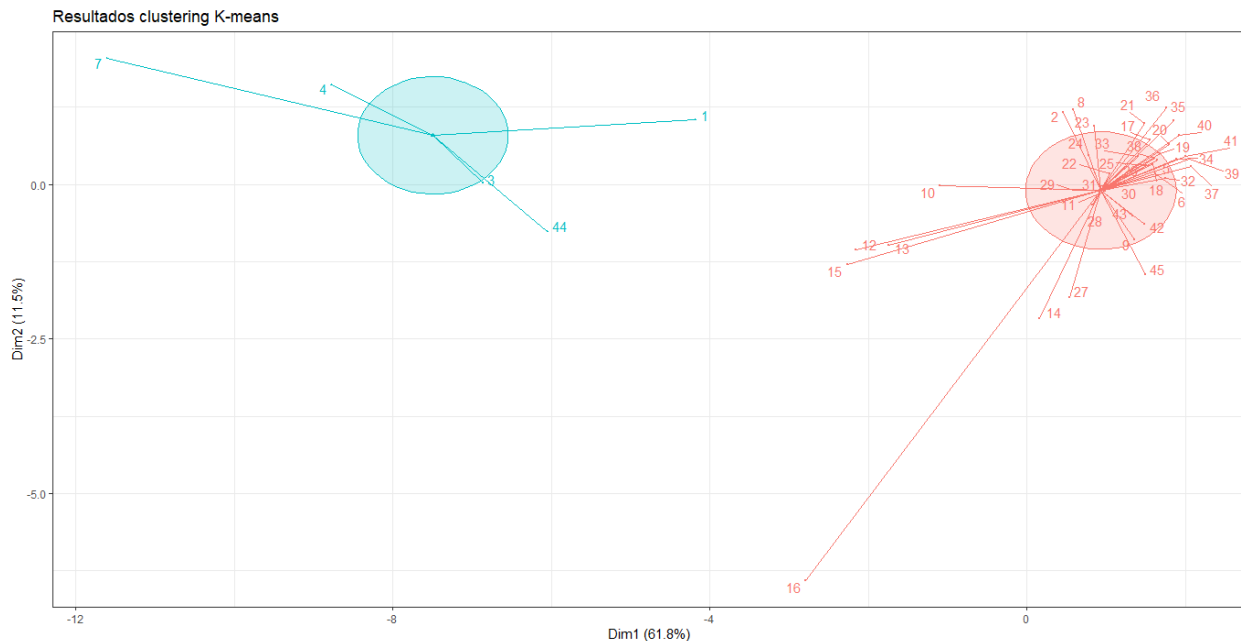


Figura 154. Clusters generados por el método K-means e individuos que lo componen.

En la Tabla 134 se presentan las variables y la interpretación para cada cluster generado; se evidencia que las muestras del cluster 2 poseen más restricciones para

utilizar el agua para riego que en el cluster 1; se encuentran restricciones en la dureza, en las variables relacionadas con la salinidad (CE y TDS), en los bicarbonatos, y en el Fe; en el cluster 2 se encuentran restricciones relacionadas con la permeabilidad (RAS con respecto a la CE), y contenidos de Fe.

Tabla 134. Información general de las muestras agrupadas en cada cluster.

Variables	Cluster 1	Interpretación	Cluster 2	Interpretación
RAS (mg/l)	0.41	Moderada	1.29	Ninguna
Dureza (mg/l)	50.21	Ninguna	521.82	Por encima del limite
pH	7.44	Ninguna	7.26	Ninguna
CE (dS/m)	0.15	Ninguna	1.40	Moderada
TDS (mg/l)	108.63	Ninguna	982.36	Moderada
B (mg/l)	0.07	Ninguna	0.07	Ninguna
Ca (meq/l)	0.51	Ninguna	4.52	Ninguna
Mg (meq/l)	0.49	Ninguna	5.91	Por encima del limite
K (meq/l)	0.06	Ninguna	0.10	Ninguna
Na (meq/l)	0.34	Ninguna	3.00	Ninguna
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	1.26	Ninguna	7.26	Moderada
Cl ⁻ (meq/l)	0.20	Ninguna	1.20	Ninguna
SO ₄ ⁼ (meq/l)	0.75	Ninguna	6.81	Ninguna
PO ₄ [≡] (meq/l)	0.20	Ninguna	0.19	Ninguna
Fe (mg/l)	2.30	Moderada	0.49	Moderada

10.SOCIALIZACIONES DEL PROCESO

Con el fin de socializar los resultados obtenidos en la Actividad 008 se planteó el objetivo general:

Presentar los resultados que obtenidos en la Actividad 008 “Levantamiento de línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo” en las cuencas Cali, Dagua y RUT que permita la apropiación social de este conocimiento y así fortalecer la capacidad de las comunidades para conservar la calidad del suelo.

Para lo cual, previamente, se diseñó e implemento la siguiente logística:

- Selección del predio y espacios para el desarrollo de las actividades programadas (calicata, sondeo con barreno y presentación de resultados).

- Proyección de público objetivo, cantidad de personas para cumplir con los protocolos COVID-19 y opción de desplazamiento a las fincas a seleccionar.
- Proveedor de refrigerios y almuerzos, los correspondientes elementos para su consumo.
- Material de apoyo para la capacitación.
- Divulgación de actividad.

A continuación, en la Tabla 135, se describe la información asociada a cada socialización realizada: cuenca, fecha y lugar.

Tabla 135. Información general sobre las socializaciones realizadas.

Cuenca	Fecha	Lugar
Dagua	24 de marzo 2022	Predio La Antonia Km 1.5, via Restrepo – Buga
RUT	25 de marzo 2022	Asociación de Usuarios del Distrito del RUT, Km 3, via La Unión – La Victoria.
Cali	29 de marzo 2022	Biblioteca La Leonera y predio Bichacue, corregimiento La Leonera, municipio de Cali.

El desarrollo de cada actividad teórico-práctica se presenta en la Tabla 146 para la cuenca Cali, y Tabla 147 para las cuencas Dagua y RUT; cada socialización tuvo una duración aproximada de 2 a 3 horas, donde se socializaron los conceptos, se hicieron recorridos por las fincas y se desarrollaron actividades prácticas, incluyendo el tiempo para la toma del refrigerio.

Tabla 136. Socialización Actividad 008: “Levantamiento de línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo”. Cuenca Cali (Cali).

Hora	Actividad
8:30 am	Registro de participantes y entrega de Suvenires (Agenda y lapicero).
9:00 am	Presentación del Convenio 102 de 2021 CVC-UNAL, énfasis en la Actividad 008: “Levantamiento de línea base sobre Practicas, técnicas y tecnologías de Producción asociadas al uso y manejo del suelo”.
9:15 am	Inicio actividad de socialización. Socialización y retroalimentación de los conceptos técnicos, resultados y estado de las prácticas.
10:30 am	Refrigerio
11:00 am	Entrega de resultados de análisis de suelo y explicación.

Tabla 137. Socialización Actividad 008: “Levantamiento de línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo”. Cuenca RUT (La Unión) y Dagua (Restrepo).

Hora	Actividad
1:30 pm	Registro de participantes y entrega de Suvenires (Agenda y lapicero).
2:00 pm	Presentación del Convenio 102 de 2021 CVC-UNAL, énfasis en la Actividad 008: “Levantamiento de línea base sobre Practicas, técnicas y tecnologías de Producción asociadas al uso y manejo del suelo”.
2:15 pm	Inicio actividad de socialización. Socialización y retroalimentación de los conceptos técnicos, resultados y estado de las prácticas.
3:30 pm	Refrigerio
4:00 pm	Entrega de resultados de análisis de suelo y explicación.

Las actividades desarrolladas en las socializaciones incluyeron:

- **Observación de una calicata:** Se explico el concepto, como se hace y por qué es importante su estudio. Se mencionó los perfiles del suelo, la importancia del espesor del primer horizonte y su relación con contenidos de nutrientes disponibles para las plantas y como las prácticas agrícolas inadecuadas lo pueden deteriorar.

Se requirió:

- Previamente a la socialización se hizo la abertura de la calicata, la cual requirió de una pala y un trabajador de campo que apoyara el proceso.
 - Un flexómetro para medir el espesor de los perfiles.
 - Marcas de madera que permitan identificar y diferenciar los perfiles del suelo.
- **Sondeo con barreno:** Posteriormente se mencionó esta estrategia para visualizar el perfil del suelo que no requiere hacer la calicata, se explicó el concepto tras la estrategia, como se hace y por qué es importante. Se hizo la práctica de extraer suelo con el barreno, como colocarlo para seguir el perfil del suelo y la importancia de su correcta lectura, capas endurecidas, zonas de cambio de color que pueden indicar cambios en el perfil y así mismo de nutrientes, texturas, y otro tipo de problemáticas que se pueden evidenciar de una forma más sencilla y rápida que con la calicata.

Se requirió:

- Un barreno de aproximadamente 1,20 m.
- Flexometro para medir el espesor de los perfiles del suelo.
- Lona o tela de color claro para colocar el suelo y lograr evidenciar cambios de color y textura.

- **Socialización de los resultados:** Se mencionaron resultados más relevantes y en un lenguaje práctico y fácilmente entendible, se evidenciaron problemas fisicoquímicos en los suelos encontrados en los análisis de suelos, así como las prácticas realizadas que los pueden causar, entre otras.

En las Figuras 155 a 157 se presentan las invitaciones generadas para cada socialización. En el Anexo 8 se encuentran las asistencias a las socializaciones en cada una de las cuencas: RUT (La Unión), Dagua (Restrepo) y Cali (Cali).

Socialización, transferencia y apropiación social de conocimientos en prácticas de manejo de suelos

Por medio del Convenio 102 de 2021 entre la CVC y la UN Palmira le extendemos la invitación para conocer los resultados obtenidos en la Actividad "Levantamiento de línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo", participar de una experiencia práctica y conocer la interpretación de las características físicas y químicas del suelo en La Unión, Valle del Cauca.

Fecha: **Jueves 24 de marzo de 2022**
 Hora: 1:30pm - 5:00pm
 Lugar: Auditorio ASORUT, Km 3 Via La Unión - La Victoria.
 Cupos limitados. Inscripción: 305 2811374
 Oswaldo Puerto Guerrero Ingeniero Agrónomo M.Sc.

CVC **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

CONVENIO 102 DE 2021 CVC-UNAL
 PROYECTO 1001 "LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE DE PRÁCTICAS, TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS PRODUCTIVAS ASOCIADAS CON EL USO Y MANEJO DEL SUELO "

Figura 155. Invitación socialización cuenca RUT (La Unión)

Socialización, transferencia y apropiación social de conocimientos en prácticas de manejo de suelos

Por medio del Convenio 102 de 2021 entre la CVC y la UN Palmira le extendemos la invitación para conocer los resultados obtenidos en la Actividad "Levantamiento de línea base de prácticas, técnicas y tecnologías productivas asociadas con el uso y manejo del suelo", participar de una experiencia práctica y conocer la interpretación de las características físicas y químicas del suelo en Restrepo, Valle del Cauca.

Fecha: **Viernes 25 de marzo de 2022**
 Hora: 1:30pm - 5:00pm
 Lugar: Finca La Antonia - Restrepo vereda Aguamona
 Platanera frente de La Cuky salida a Buga.
 Cupos limitados. Inscripción: 305 2811374
 Oswaldo Puerto Guerrero Ingeniero Agrónomo M.Sc.

CVC **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

CONVENIO 102 DE 2021 CVC-UNAL
 PROYECTO 1001 "LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE DE PRÁCTICAS, TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS PRODUCTIVAS ASOCIADAS CON EL USO Y MANEJO DEL SUELO "

Figura 156. Invitación socialización cuenca Dagua (Restrepo).

Socialización, transferencia y apropiación social de conocimientos en prácticas de manejo de Suelos

Por medio del Convenio ID2 de 2021 entre la CVC y la UN Palmira le extendemos la invitación para conocer los resultados obtenidos en la Actividad "Levantamiento de línea base de prácticas, productivas asociadas con el manejo del suelo", participar de una experiencia práctica y conocer la interpretación de las características físicas y químicas del suelo en Zona Rural Cali.

Fecha: Martes 29 de marzo de 2022
Hora: 8:30 am - 12:00 m
Lugar: Biblioteca Centro Cultural La Leonera - Cali.
Cupos limitados. Inscripción: 305 2811374
Oswaldo Puerto Guerrero Ingeniero Agrónomo MSc.


Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca


UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

CONVENIO ID2 DE 2021 CVC-UNAL
 PROYECTO ID01 "LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE DE PRÁCTICAS, TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS PRODUCTIVAS ASOCIADAS CON EL USO Y MANEJO DEL SUELO"

Figura 157. Invitación socialización cuenca Cali (Cali).

En las Figuras 158 a 160, se presentan algunos registros fotográficos de las socializaciones en cada cuenca.

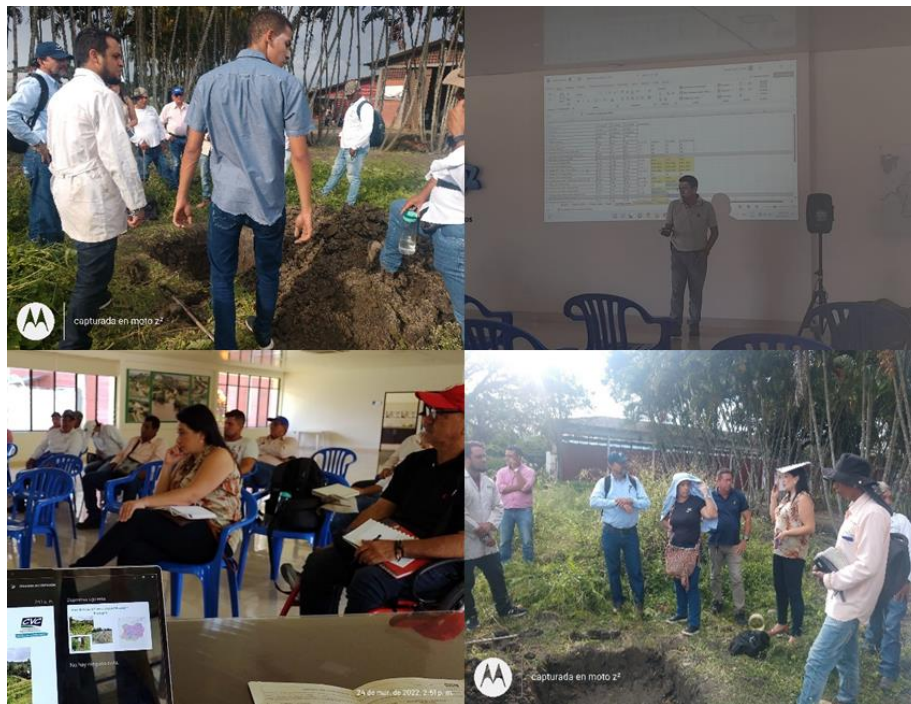


Figura 158. Registro fotográfico socialización de resultados. Cuenca RUT (La Unión).



Figura 159. Registro fotográfico socialización de resultados. Cuenca Dagua (Restrepo).



Figura 160. Registro fotográfico socialización de resultados. Cuenca Cali (Cali).

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

11.1. CONCLUSIONES GENERALES

- En general los suelos de las zonas de ladera, en los que se practica una agricultura más tradicional y con cultivos permanentes presentan mejores condiciones de calidad y salud del suelo que los suelos en la zona plana que practican agriculturas más tecnificadas y con cultivos de todos los tipos (permanente, semipermanente y transitorio).
- A partir del análisis de sostenibilidad ambiental, se pudo evaluar que las prácticas que se realizan en las tres cuencas, bien sea de agricultura tradicional o tecnificada pueden afectar de manera considerable el suelo y tal vez no ser sostenibles desde la dimensión ambiental en el mediano y largo plazo, principalmente generar degradación física y química, como: erosión, acidificación, pérdida de bases, pérdida de la estructura del suelo, entre otras.
- La falta de asistencia técnica y la adaptación al cambio climático son las mayores debilidades en las tres cuencas. No se observa una amplia oferta de asistentes técnicos con enfoque de conservación de suelos gran parte de las cuencas, especialmente en las zonas de ladera, que contribuyan a la implementación de estrategias que recuperen y eviten la degradación del suelo y que, además, influyeran en la adopción de prácticas que permitan a los agricultores adaptarse a la variabilidad y cambio climático.
- Existe una fuerte debilidad en la adopción de certificaciones (BPA) por parte de los agricultores, que promuevan la inocuidad de los alimentos y el cuidado del ambiente, especialmente el suelo. En general, la adopción de BPA es muy baja. Adicionalmente, no existen registros confiables de los insumos aplicados, la periodicidad, las dosis, entre otros, que permita realizar una trazabilidad a las prácticas realizadas y calificar si se está realizando de forma adecuada, lo que puede generar problemas de contaminación en el suelo, agua y consiguientemente pérdida de biodiversidad.
- En los suelos agrícolas de zona plana, en general, se utiliza la práctica de mecanización que genera una fuerte presión sobre la calidad del suelo. En las zonas de ladera la labranza se realiza de forma manual o mecanizada, dependiendo del cultivo, pero dadas las condiciones de pendiente, si esta se hace con periodicidad podría afectar el suelo. Durante las últimas décadas la labranza periódica en los suelos de zona de ladera ha ido avanzando debido al cambio de la cobertura de cultivos permanentes, como café con sombra, por otros transitorios, semipermanentes e incluso por permanentes con prácticas más agresivas y que generan más presión sobre el recurso (aguacate, cítricos, piña, entre otros), o por el avance de la frontera agrícola que reemplaza bosques naturales.

11.2. RECOMENDACIONES GENERALES

- Promoción y diseño de estrategias que promuevan la conservación y la recuperación de la calidad del suelo, que incluyan la zonificación de áreas con los tipos de cultivos y tipos de prácticas, y que se pueden implementar en las diferentes condiciones agroclimáticas de cada cuenca.
- Diseñar un plan estratégico de formación y capacitación de actores relevantes en la adopción de prácticas sostenibles con el uso del suelo, que incluya e influencie la actividad de técnicos agropecuarios, instituciones gubernamentales como las UMATAS, instituciones de educación superior, agricultores, entre otros, que capacite en BPA, manejo y conservación del suelo, adopción de sistemas agroforestales, adopción de prácticas más sostenibles (drenajes, corrección de suelos, uso del balance hídrico, monitoreo de variables agroclimáticas, entre otras).
- Establecer un plan de monitoreo periódico de la calidad y salud del suelo, que permita realizar el seguimiento a la evolución y variabilidad de las propiedades del medio edáfico, identificando áreas con mayor degradación donde se ejecuten estrategias para su recuperación, o evidenciar áreas en las que las implementaciones de planes de manejo sostenibles han presentado avances positivos, entre otras.

BIBLIOGRAFÍA

- Albicette, M., Brasesco, R., & Chiappe, M. (2009). Propuesta de indicadores para evaluar la sustentabilidad predial en agroecosistemas agrícola-ganaderos del litoral del Uruguay. *Agrociencia Uruguay* (13:1), 48-68.
- Araujo, E. (2014). *Caracterización y evaluación de la asociación y rotación de policultivos de maíz y hortalizas en la parroquia San Joaquín de la provincia del Azuay*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana.
- Armenise, E., Redmile-gordon, M., Stellacci, M., Ciccicarese, A., & Rubino, P. (2013). Developing a soil quality index to compare soil fitness for agricultural use under different managements in the Mediterranean environment. *Soil Tillage Res* (130), 91-98.
- Bockstaller, C., Feschet, P., & Angevin, F. (2015). Issues in evaluating sustainability of farming systems with indicators. *OCL*, 22 (1), D102.
- Clavijo, N. (2013). *Entre la agricultura convencional y la agroecología. EL caso de las prácticas de manejo en los sistemas de producción campesina en el municipio de Silvania*. Bogotá.
- CVC. (2008). *Cuenca hidrográfica del río Cali*. Cali.
- CVC. (2008). *Cuenca hidrográfica del río Dagua*. Cali: CVC.
- CVC. (2010). *Cuenca hidrográfica del RUT*. Cali.
- CVC. (2011). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Cali*. Cali.
- CVC. (2021). *AJUSTE (ACTUALIZACIÓN) DE LOS PLANES DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CALI*. Cali: CVC.
- FAO. (2015). Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. 1.
- Fernandes, J., Gamero, C., Rodrigues, J., & Mirás-Avalos, J. (2011). Determination of the quality index of a Paleudult under sunflower culture and different management systems. *Soil Tillage Res* (112), 167-174.
- Fernández, C. (2002). *Agricultura de precisión*. Ciencia y Medio Ambiente- CCMA-CSIC.
- Franco, F. (2010). San Jose del Palmar Tierra de Policultivos. *Simposio Internacional de Agroecología*.
- Galmarini, C., Andreau, R., Bouzo, C., & Et. al. (2019). *Invernaderos: Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional Argentino*.
- Gómez, J., Dávila, G., Saavedra, R., & Gómez, C. (2006). Guía práctica para el manejo y conservación de suelos de ladera en los municipios de Restrepo y Dagua, Valle del Cauca. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA.
- Gomez, O., & Zabaleta, E. (2001). La Asociación de Cultivos una Estrategia más para el Manejo de Enfermedades, en Particular con Tagetes spp. *Revista Mexicana de Fitopatología*.
- Hernández, E. (1988). Agricultura Tradicional en Mexico. En E. Hernández, *Comercio exterior* (págs. 673-678). México.

- Ibañez, S., Gisbert, J., & Moreno, H. (2010). *INCEPTISOLES*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- ICA. (2016). *Resolución 187 de 2006*. Bogotá, Colombia: ICA.
- ICA, & CCI. (2009). *Mis buenas prácticas agrícolas: guía para agroempresarios*. Bogotá, D.C.
- Karlen, D., & Stott, D. (1994). A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. En J. Doran, *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment* (págs. 53–72). Madison, WI: SSSA Special Publication No. 35. SSSA.
- López, C. (2016). *Distribución espacial de las propiedades químicas de los suelos en el Distrito de Riego RUT*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Lu, X., Toda, H., Ding, F., Fang, S., Yang, W., & Xu, H. (2014). Effect of vegetation types on chemical and biological properties of soils of karst ecosystems. *Eur. J. Soil Biol.* (61), 49-57.
- Marchand, F., Debruyne, L., Triste, L., Gerrard, C., Padel, S., & Lauwers, L. (2014). Key characteristics for tool choice in indicator-based sustainability assessment at farm level. *Ecology and Society*, 19(3), 46.
- MAVDT, & IDEAM. (2004). *Plan de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación en Colombia*. Bogotá (Colombia).
- Medianero, D. (2011). Metodología de Estudios de Línea de Base. *Pensamiento Crítico* (15), 61–82.
- Min. Agricultura Chile. (2011). *Agricultura Orgánica Nacional: Bases técnicas y situación actual*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile.
- Minambiente, & IDEAM. (2015). *Línea base de degradación de suelos por erosión en Colombia (2010 – 2012). Escala 1:100.000*. Bogotá (Colombia).
- Monsalve, O., Boja, C., & Henao, M. (2021). Agricultural sustainability indicators associated with soil properties, processes, and management. *Cienc. Tecnol. Agropecuaria*, 22(3), e1919.
- Moreno, A., Aguilar, J., & Luévano, A. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en Mexico. *Revista Mexicana de agronegocios*.
- Patiño, M., Sadeghian, S., & Montoya, E. (2006). Caracterización de la fertilidad del suelo en la zona cafetera del Valle del Cauca mediante registros históricos. *Cenicafé* (57), 7-16.
- Ramirez, R. (2018). *Construcción de casas de malla*.
- Rivera, J., Sinisterra, J., & Calle, Z. (s.f.). *Restauración ecológica de suelos degradados por erosión en cárcavas en el enclave xerofítico de Dagua, Valle del Cauca Colombia*. Área de restauración ecológica de CIPAV.
- Sisa, L. (2017). *IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SILVOPASTORIL (SSP) MODELO CERCAS VIVAS Y BARRERAS ROMPEVIENTOS EN LAS VEREDAS PARÁMO Y TOBAL DEL MUNICIPIO DE TUTAZÁ BOYACA*. Duitama, Boyacá : UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA- UNAD.
- Thomazini, A., Mendonca, E., Cardoso, I., & Garbin, M. (2015). SOC dynamics and soil quality index of agroforestry systems in the Atlantic rainforest of Brazil. *Geoderma Regional* (5), 15-24.

-
- Ucles , G. (2011). *Cuatro colores de mulch plástico y mulch orgánico en la incidencia de áfidos y mosca blanca, y rendimientos y sacarosa disuelta (°Bx) en melón*. Zamorano, Honduras.
- UMATA. (2020). Obtenido de <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Evaluaciones-Agropecuarias-Municipales-EVA-2019-20/p5fp-pay3>
- UMATA-Cali. (2018). *Evaluaciones Agropecuarias Municipio de Cali*. Cali.
- UMATA-La Unión. (2018). *Evaluaciones Agropecuarias Municipio de La Unión*. La Unión.
- UMATA-Restrepo. (2018). *Evaluaciones Agronómicas Municipio de Restrepo*. Restrepo.

ANEXOS

Anexo 1. Cobertura del suelo de la cuenca RUT (municipio La Unión).

Mapa de Cobertura del suelo de la cuenca RUT, impreso en hoja de mayor formato.

Tabla 138. Coberturas del suelo cuenca RUT (municipio La Unión).

Cobertura	Área (ha)	Área (%)
Algodón	5.61913651	0.05%
Arbustal y matorral abierto bajo esclerófilo	367.280877	3.31%
Arbustal y matorral denso alto de tierra firme	959.21575	8.65%
Áreas naturales desnudas	2.93527596	0.03%
Banano	9.16062752	0.08%
Bosque de guadua	17.9319205	0.16%
Bosque mixto denso alto de tierra firme	535.263877	4.83%
Cacao	0.97726088	0.01%
Café	46.4108746	0.42%
Café-Plátano	179.237568	1.62%
Caña de azúcar	1395.73583	12.59%
Estanques artificiales	19.1671804	0.17%
Flores	0.77805618	0.01%
Guanábano	9.80852787	0.09%
Guayabo	393.625864	3.55%
Hortalizas	16.0460203	0.14%
Maíz	719.934348	6.49%
Maracuyá	94.0128975	0.85%
Melón	69.5624603	0.63%
Mirto	0.74527095	0.01%
Misceláneo de árboles frutales	329.95089	2.98%
Misceláneo de Cítricos	17.4345424	0.16%
Misceláneo de pastos y cultivos	0.00132011	0.00%
Otras superficies artificiales con construcción	37.1646446	0.34%
Otras superficies artificiales sin construcción	9.34846704	0.08%
Papayo	101.874224	0.92%
Pasto cultivado	4080.07475	36.80%
Pasto de corte	119.622301	1.08%
Pimentón	12.5966604	0.11%
Plátano	2.6358963	0.02%
Ríos	58.0064252	0.52%
Sandía	8.85049775	0.08%
Sorgo	75.482268	0.68%
Soya	15.4449095	0.14%
Tabaco	4.67566724	0.04%
Tomate	2.17894363	0.02%
Vid	1179.45808	10.64%
Yuca	0.94784631	0.01%
Zapote	0.90619346	0.01%
Zonas urbanas continuas	185.925313	1.68%
Total General	11086.0295	100.00%

Anexo 2. Cobertura del suelo cuenca Dagua (municipio Restrepo).

Mapa de Cobertura del suelo de la cuenca Dagua, impreso en hoja de mayor formato.

Tabla 139. Coberturas del suelo cuenca Dagua (municipio Restrepo).

Cobertura	Área (ha)	Área (%)
Aguacate	3.1398645	0.02%
Ají	2.39212983	0.01%
Arbustal y matorral abierto bajo esclerófilo	125.663971	0.66%
Áreas de cultivo con suelo desnudo	57.3446796	0.30%
Áreas de deslizamientos	2.00664552	0.01%
Áreas naturales desnudas	209.415694	1.10%
Banano	10.0355816	0.05%
Bosque de guadua	283.922674	1.50%
Bosque mixto abierto alto de tierra firme	883.682513	4.66%
Bosque mixto denso alto de tierra firme	520.572916	2.75%
Bosque mixto fragmentado con vegetación natural	2.84860567	0.02%
Café	9.76264736	0.05%
Café-Banano	4.84964553	0.03%
Café-Lulo	1.52166795	0.01%
Café-Nogal	9.89383885	0.05%
Café-Otros arbóreos	133.132911	0.70%
Café-Otros cultivos	1.24786599	0.01%
Café-Plátano	128.552248	0.68%
Caña panelera	58.9654012	0.31%
Cítricos-Plátano	1.24764043	0.01%
Eucalipto	1069.03342	5.64%
Frijol	3.45758704	0.02%
Granadilla	1.95659182	0.01%
Habichuela	13.5973341	0.07%
Herbazal natural abierto subxerófito	3129.52994	16.51%
Lulo	54.704607	0.29%
Macadamia	21.6934853	0.11%
Maíz	20.6404278	0.11%
Maracuyá	19.2968608	0.10%
Misceláneo de Cítricos	7.10689573	0.04%
Misceláneo de cultivos y espacios naturales	51.55633	0.27%
Misceláneo de pastos y cultivos	199.209801	1.05%
Misceláneo de pastos y espacios naturales	6.27199999	0.03%
Otras asociaciones de cultivos	106.747602	0.56%
Otras superficies artificiales con construcción	192.635671	1.02%
Otras superficies artificiales sin construcción	62.4657397	0.33%
Otros cultivos arbóreos plantados densos	103.074364	0.54%
Otros cultivos arbustivos plantados abiertos	1.03026955	0.01%
Otros Cultivos confinados	8.081426	0.04%
Otros cultivos herbáceos plantados densos	4.12811361	0.02%
Papayo	2.50988171	0.01%

Pasto cultivado	5495.28316	28.99%
Pasto cultivado arbolado	149.385486	0.79%
Pasto cultivado enmalezado	1192.87587	6.29%
Pasto de corte	36.5149479	0.19%
Pepino	0.02341439	0.00%
Pimentón	2.91140986	0.02%
Pino	762.697755	4.02%
Piña	631.315927	3.33%
Pitaya	11.3249922	0.06%
Plátano	110.928227	0.59%
Ríos	17.2697046	0.09%
Superficies de inundación temporal	8.66875364	0.05%
Tomate	45.5687618	0.24%
Tomate-Habichuela	12.4382541	0.07%
Vegetación secundaria o transición	2686.64286	14.17%
Yuca	1.90309472	0.01%
Yuca-Plátano	3.27777011	0.02%
Zapallo	11.1429441	0.06%
Zonas urbanas discontinuas	249.526236	1.32%
Total general	18958.6271	100.00%



Anexo 3: Coberturas suelo cuenca Cali (municipio Cali).

Mapa de Cobertura del suelo de la cuenca Cali, impreso en hoja de mayor formato.

Tabla 140. Coberturas del suelo cuenca Cali (municipio Cali).

Cobertura	Área (ha)	Área (%)
Afloramientos rocosos	134.441657	0.62%
Arbustal y matorral denso alto de tierra firme	3.4783E-06	0.00%
Arbustal y matorral denso bajo de tierra firme	3.3244E-05	0.00%
Áreas naturales desnudas	118.452809	0.55%
Áreas quemadas	104.807936	0.49%
Bosque mixto abierto alto de tierra firme	2110.56661	9.80%
Bosque mixto denso alto de tierra firme	9788.9411	45.47%
Bosque mixto denso bajo de tierra firme	0.00011395	0.00%
Bosque mixto fragmentado con pastos y cultivos	197.532201	0.92%
Bosque mixto fragmentado con vegetación natural	5.8374E-06	0.00%
Café	2.46858977	0.01%
Estanques artificiales	0.3623533	0.00%
Herbazal natural denso no arbolado	0.00025344	0.00%
Hortalizas	105.710074	0.49%
Misceláneo de cultivos y espacios naturales	59.1570646	0.27%
Misceláneo de pastos y cultivos	333.211167	1.55%
Otras asociaciones de cultivos	1.9195E-05	0.00%
Otras palmeras naturales de tierra firme	8.57552755	0.04%
Otras superficies artificiales con construcción	16.6000559	0.08%
Otras superficies artificiales sin construcción	194.877548	0.91%
Otros cultivos arbóreos plantados densos	106.960795	0.50%
Otros cultivos arbustivos plantados abiertos	172.105753	0.80%
Pasto cultivado	2342.64172	10.88%
Pasto cultivado arbolado	1128.18308	5.24%
Pasto cultivado enmalezado	749.008411	3.48%
Pino	61.0377505	0.28%
Vegetación secundaria o transición	737.532575	3.43%
Zonas urbanas continuas	2851.05538	13.24%
Zonas urbanas discontinuas	202.277758	0.94%
Total general	21526.5084	100.00%

Anexo 4. Formato encuesta levantamiento información primaria y formatos diligenciados impresos en formatos independientes.

		CONVENIO 102 DE 2021 CVC-UNAL			
FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE LINEA DE BASE PRACTICAS AGRONOMICAS					
Fecha:		N° de muestra			
Nombre del recaudador de datos :					
IDENTIFICACIÓN DEL USUARIO					
Nombre del Propietario	Encargado	Cargo:			
Cedula:		Teléfono:			
Nombre del predio/de la finca :					
Dirección:		Correo electrónico:			
Otro contacto (Nombre/Teléfono):					
Persona encuestada (En caso de no ser el propietario):					
INFORMACIÓN SITIO DE MUESTREO					
Cuenca		Municipio:			
Corregimiento/Vereda/Barrio			Altitud:		
Área del predio:		Coordenadas:	Latitud:	Longitud:	
Sector:	Agrícola: ____	Avícola: ____	Porcícola: ____	Industrial: ____	
Pendiente predominante:					
¿ Pasa algún cuerpo de agua (quebrada, río) por su finca? SI ___ NO ___ ¿ Cuál?					
INFORMACION DE LOS CULTIVOS					
Describir los cultivos actuales de la finca, edad de los cultivos, estado					
Cultivos o usos anteriores del predio (con escala de tiempos)					
Uso del suelo de los alrededores (zonas industriales, potreros, cultivos, zona urbana, otros)					
¿ Cuáles es el sistema de cultivo? Monocultivo ___ múltiple ___ mixto ___ rotación ___ mezcla de cultivo y ganadería ___ agroforesta ___ cultivo mejorado ___ barbecho ___ Describir:					
Tiene análisis de suelos : Si ___ No ___ Tipo de análisis: Caracterización ___ Completo ___ Solubles ___, otro ___					
Hace cuanto hizo el último análisis: menos de un año ___ , mas de un año ___					
Tiene analisis foliar de los cultivos si ___ , no ___ fecha del último ___					
¿ Qué tipo de fertilización utiliza?: Orgánica ___ Química ___ Ambas ___ Describir Método de fertilización:					
Usa insumos biológicos para el suelo (micorrizas, trichoderma, EM, bacillus ...) si ___ , no ___ Cuales:					
¿ Cuál es la técnica con la que prepara el suelo? Tipo de labranza?					
Usa enmiendas al suelo antes de la siembra? Cuales?					

Usa Materia organica: Si _____, No _____, Cual: Compost _____, Gallinaza o bovinaza _____, Otro _____	
De donde toma el agua para riego: _____	
Tipo de riego: Gravedad _____, Aspersión _____, Goteo _____, No tiene _____ otro _____	
Tiene análisis de aguas: si _____, no _____ Tipo: Físicoquímico _____, Microbiológico _____	
Condiciones del drenaje del Suelo: Externo _____, Interno _____	
Usa pozos para monitoreo del nivel freático en el año: Si _____, No _____	
¿ Cuáles son los periodos de siembra y cosecha?: _____	
Rendimiento del cultivo: Bueno _____, Regular _____, Bajo _____	
Como controla las malezas? Guadaña _____, Metodos físicos _____, Metodos quimicos, Alterna métodos _____	
Con que productos controla malezas? _____	
Hace labores mecanizadas _____. Cuales: _____	
Cuales plagas y enfermedades se presentan en el cultivo? _____	
Metodos de control de plagas y enfermedades: Físicos _____, Quimicos _____, Repelentes _____, Orgánicos _____, Integrado _____	
¿ Qué insumos utiliza para la protección del cultivo? Para plagas y enfermedades: Químicos _____, Biológicos _____, Orgánicos _____	

¿ Tiene asistencia técnica?: SI ____ NO ____ En caso de SI, es: Particular _____ Estatal ____ Otras _____	

Tiene Certificación BPA del Ica? Si _____ No _____				
Que otras certificaciones de calidad tiene su cultivo (Globalgap, rainforest..):				
Su cultivo usa emparrados o espalderas si _____ No _____ Tipo de postes:				
Tiene problemas con vertebrados plaga (Pájaros, Murcielagos, Chuchas, otros) si _____ No _____				
Como controla los vertebrados plaga:				
Usa coberturas plasticas en el cultivo: Si _____ No _____ Como las desecha despues de su uso?				
Realiza practicas de conservación de suelos: Si _____ no _____ Cual				

DÍA DEL MUESTREO				
Humedad:		Temperatura:		Profundidad de la muestra
Condición climática (soleado, lluvioso, nublado): _____				
Estado del suelo por cada muestra a integrar (seco, compactado, humedo, maleable). _____				
Topografía del terreno: _____				
Código fotografías: _____				
Descripción del área y zonas de muestra: _____				
Observaciones: _____				

