

EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA

Subzonas hidrográficas de los ríos Tetuán y Ortega,
Cucuana, Luisa, Sumapaz, Prado, Cabrera e
Interfluvios directos al Magdalena

FASE 3

Producto P16: Indicadores del
Recurso Hídrico

CORTOLIMA

**Agua Centro Oriente
Unión Temporal**

**ERA
2024**



CONTRATO DE CONSULTORÍA 1052 - 2022

Ibagué – Colombia

Tabla de Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	14
2.	INDICADORES DEL SISTEMA HÍDRICO NATURAL.....	16
2.1.	ÍNDICE DE ARIDEZ	16
2.1.1.	IA en la subzona hidrográfica del río Cabrera	18
2.1.2.	IA en la subzona hidrográfica del río Cucuana	22
2.1.3.	IA en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz	29
2.1.4.	IA en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena	36
2.1.5.	IA en la subzona hidrográfica del río Prado	43
2.1.6.	IA en la subzona hidrográfica del río Sumapaz	47
2.1.7.	IA en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega	51
2.2.	ÍNDICE DE REGULACIÓN Y RETENCIÓN HÍDRICA (IRH)	55
2.2.1.	IRH en la subzona hidrográfica del río Cabrera.....	58
2.2.2.	IRH en la subzona hidrográfica del río Cucuana.....	59
2.2.3.	IRH en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz	61
2.2.4.	IRH en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena	63
2.2.5.	IRH en la subzona hidrográfica del río Prado	64
2.2.6.	IRH en la subzona hidrográfica del río Sumapaz.....	65
2.2.7.	IRH en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega	66
2.3.	ÍNDICE ESTANDARIZADO DE ESCORRENTÍA (SRI)	67
2.3.1.	SRI en la subzona hidrográfica del río Cabrera	68
2.3.2.	SRI en la subzona hidrográfica del río Cucuana	69
2.3.3.	SRI en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz.....	70
2.3.4.	SRI en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena	71
2.3.5.	SRI en la subzona hidrográfica del río Prado.....	72
2.3.6.	SRI en la subzona hidrográfica del río Sumapaz	73
2.3.7.	SRI en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega	74
2.4.	ÍNDICE DE RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS (IRS)	76
2.4.1.	IRS en la subzona hidrográfica del río Cabrera	79
2.4.2.	IRS en la subzona hidrográfica del río Cucuana	80
2.4.3.	IRS en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz.....	82
2.4.4.	IRS en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena	83
2.4.5.	IRS en la subzona hidrográfica del río Prado.....	84
2.4.6.	IRS en la subzona hidrográfica del río Sumapaz	86

2.4.7.	IRS en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega	88
3.	INDICADORES DE PRESIÓN POR USO DEL AGUA.....	89
3.1.	ÍNDICE DE USO DEL AGUA (IUA).....	89
3.1.1.	IUA en la subzona hidrográfica del río Cabrera	90
3.1.2.	IUA en la subzona hidrográfica del río Cucuana	94
3.1.3.	IUA en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz.....	99
3.1.4.	IUA en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena	104
3.1.5.	IUA en la subzona hidrográfica del río Prado.....	108
3.1.6.	IUA en la subzona hidrográfica del río Sumapaz.....	112
3.1.7.	IUA en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega	117
4.	INDICADORES DE ESTADO DE CALIDAD Y PRESIÓN POR CONTAMINACIÓN.....	121
4.1.	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)	121
4.1.1.	ICA en la subzona hidrográfica del río Cabrera.....	123
4.1.2.	ICA en la subzona hidrográfica del río Cucuana.....	126
4.1.3.	ICA en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz	130
4.1.4.	ICA en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena.....	133
4.1.5.	ICA en la subzona hidrográfica del río Prado	137
4.1.6.	ICA en la subzona hidrográfica del río Sumapaz	142
4.1.7.	ICA en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega.....	146
4.2.	ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA (IACAL).....	151
4.2.1.	IACAL en la subzona hidrográfica del río Cabrera	153
4.2.2.	IACAL en la subzona hidrográfica del río Cucuana.....	157
4.2.3.	IACAL en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz	162
4.2.4.	IACAL en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena.....	167
4.2.5.	IACAL en la subzona hidrográfica del río Prado	172
4.2.6.	IACAL en la subzona hidrográfica del río Sumapaz	177
4.2.7.	IACAL en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega.....	182
4.3.	ÍNDICE DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (IMA-BMWP-COL).....	186
4.3.1.	IMA en la subzona hidrográfica del río Cabrera.....	186
4.3.2.	IMA en la subzona hidrográfica del río Cucuana	187
4.3.3.	IMA en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz	188
4.3.4.	IMA en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena	189
4.3.5.	IMA en la subzona hidrográfica del río Prado	190
4.3.6.	IMA en la subzona hidrográfica del río Sumapaz.....	191
4.3.7.	IMA en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega	192
4.4.	ÍNDICE ECOLÓGICO DE CALIDAD DEL AGUA (IDG)	194
4.4.1.	IDG en la subzona hidrográfica del río Cabrera	194
4.4.2.	IDG en la subzona hidrográfica del río Cucuana	195
4.4.3.	IDG en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz.....	196

4.4.4.	IDG en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena	197
4.4.5.	IDG en la subzona hidrográfica del río Prado.....	198
4.4.6.	IDG en la subzona hidrográfica del río Sumapaz	199
4.4.7.	IDG en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega	199
5.	INDICADORES DE RIESGO EN LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA	202
5.1.	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO (IVH).....	202
5.1.1.	IVH en la subzona hidrográfica del río Cabrera.....	208
5.1.2.	IVH en la subzona hidrográfica del río Cucuana	210
5.1.3.	IVH en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz	214
5.1.4.	IVH en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena	218
5.1.5.	IVH en la subzona hidrográfica del río Prado.....	221
5.1.6.	IVH en la subzona hidrográfica del río Sumapaz.....	225
5.1.7.	IVH en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega	227
5.2.	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES (IVET).....	230
5.2.1.	IVET en la subzona hidrográfica del río Cabrera	236
5.2.2.	IVET en la subzona hidrográfica del río Cucuana	237
5.2.3.	IVET en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz	239
5.2.4.	IVET en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena	241
5.2.5.	IVET en la subzona hidrográfica del río Prado	242
5.2.6.	IVET en la subzona hidrográfica del río Sumapaz	244
5.2.7.	IVET en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega	246
6.	CONCLUSIONES	248
7.	REFERENCIAS	254

Lista de Tablas

TABLA 1. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ARIDEZ. FUENTE: (IDEAM, 2013)	16
TABLA 2. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA (IRH). (FUENTE: IDEAM, 2020A)	55
TABLA 3. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE ESTANDARIZADO DE ESCORRENTÍA (SRI). (FUENTE: SHUKLA Y WOOD, 2008).....	67
TABLA 4. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS. (FUENTE: IDEAM, 2018)	76
TABLA 5. RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA CABRERA	79
TABLA 6. RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA CUCUANA	81
TABLA 7. RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ.....	82
TABLA 8. RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA	84
TABLA 9. RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA PRADO	85
TABLA 10. RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA SUMAPAZ	87
TABLA 11. RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA TETUÁN Y ORTEGA	88
TABLA 12. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA. (FUENTE: IDEAM, 2020b)	89
TABLA 13. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO Y SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA	91
TABLA 14. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO Y SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA	95
TABLA 15. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO Y SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ	100
TABLA 16. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO Y SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA.....	105
TABLA 17. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO Y SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO	109
TABLA 18. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO Y SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ	113
TABLA 19. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO Y SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETUÁN Y ORTEGA	118
TABLA 20. PESOS PARA LAS VARIABLES DEL ICA.....	122
TABLA 21. DESCRIPTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DEL ÁMBITO NUMÉRICO DEL ICA. (FUENTE: IDEAM, 2013)	123
TABLA 22. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA	124
TABLA 23. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA	127
TABLA 24. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ	130
TABLA 25. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA.....	134
TABLA 26. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO	138

TABLA 27. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ	142
TABLA 28. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS ORTEGA-TETÚAN	147
TABLA 29 RANGOS DE LOS CATIACALES	152
TABLA 30 CATEGORIZACIÓN IACAL	152
TABLA 31. DETERMINACIÓN DEL IACAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA	153
TABLA 32. DETERMINACIÓN DEL IACAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA	158
TABLA 33. DETERMINACIÓN DEL IACAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ	162
TABLA 34. DETERMINACIÓN DEL IACAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA	167
TABLA 35. DETERMINACIÓN DEL IACAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO	173
TABLA 36. DETERMINACIÓN DEL IACAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ	177
TABLA 37. DETERMINACIÓN DEL IACAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS ORTEGA-TETÚAN	182
TABLA 38. INTERPRETACIÓN DEL BMWP/COL. (FUENTE: IDEAM, 2013)	186
TABLA 39. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA	187
TABLA 40. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA	188
TABLA 41. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE CABRERA Y SUMAPAZ	189
TABLA 42 ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA	190
TABLA 43. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO	191
TABLA 44. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ	192
TABLA 45. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETÚAN	192
TABLA 46. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ORTEGA	193
TABLA 47. CATEGORÍAS E INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO. (FUENTE: RUMEAU & COSTE, 1988)	194
TABLA 48. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO (IDG) EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE CABRERA Y SUMAPAZ	195
TABLA 49. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO (IDG) EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA	196
TABLA 50. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO (IDG) EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE CABRERA Y SUMAPAZ	197
TABLA 51. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO (IDG) EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA	197
TABLA 52. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO (IDG) EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO	198
TABLA 53. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO (IDG) EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ	199
TABLA 54. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO (IDG) EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETÚAN	200
TABLA 55. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO (IDG) EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ORTEGA	201
TABLA 56. MATRIZ DE CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO. FUENTE: (IDEAM, 2020c)	202
TABLA 57. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO CABRERA	209
TABLA 58. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO CABRERA	210

TABLA 59. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO CUCUANA.....	211
TABLA 60. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO CUCUANA	213
TABLA 61. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ	215
TABLA 62. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ	217
TABLA 63. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA.....	219
TABLA 64. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA.....	220
TABLA 65. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO PRADO	222
TABLA 66. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO PRADO	224
TABLA 67. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO SUMAPAZ.....	225
TABLA 68. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO SUMAPAZ	226
TABLA 69. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO TETÚAN Y ORTEGA.....	228
TABLA 70. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO TETÚAN Y ORTEGA	229
TABLA 71. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FRENTE A EVENTOS TORRENCIALES. (FUENTE: IDEAM, 2013).....	230
TABLA 72. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD TORRENCIAL POR VARIABILIDAD DE CAUDALES	230
TABLA 73. CRITERIOS PARA CATEGORIZAR EL ÍNDICE MORFOMÉTRICO	231
TABLA 74. MATRIZ DE CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE MORFOMÉTRICO (FUENTE: IDEAM, 2013).....	231
TABLA 75. CLASIFICACIÓN DE LOS ÍNDICES MORFOMÉTRICO DE TORRENCIALIDAD, VARIABILIDAD Y VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SZH DEL RÍO CABRERA.....	236
TABLA 76. CLASIFICACIÓN DE LOS ÍNDICES MORFOMÉTRICO DE TORRENCIALIDAD, VARIABILIDAD Y VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SZH DEL RÍO CUCUANA.....	238
TABLA 77. CLASIFICACIÓN DE LOS ÍNDICES MORFOMÉTRICO DE TORRENCIALIDAD, VARIABILIDAD Y VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SZH DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ.....	240
TABLA 78. CLASIFICACIÓN DE LOS ÍNDICES MORFOMÉTRICO DE TORRENCIALIDAD, VARIABILIDAD Y VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SZH DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA.....	241
TABLA 79. CLASIFICACIÓN DE LOS ÍNDICES MORFOMÉTRICO DE TORRENCIALIDAD, VARIABILIDAD Y VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SZH DEL RÍO PRADO.....	243
TABLA 80. CLASIFICACIÓN DE LOS ÍNDICES MORFOMÉTRICO DE TORRENCIALIDAD, VARIABILIDAD Y VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SZH DEL RÍO SUMAPAZ.....	245

TABLA 81. CLASIFICACIÓN DE LOS ÍNDICES MORFOMÉTRICO DE TORRENCIALIDAD, VARIABILIDAD Y VULNERABILIDAD A EVENTOS

TORRENCIALES EN LA SZH DEL RÍO TETUÁN Y ORTEGA.....247

Lista de Figuras

FIGURA 1. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA PARA AÑO MEDIO	19
FIGURA 2. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA PARA AÑO SECO.....	20
FIGURA 3. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA PARA AÑO HÚMEDO	21
FIGURA 4. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA PARA AÑO MEDIO	23
FIGURA 5. MAPAS MENSUALES DEL ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA PARA AÑO MEDIO	24
FIGURA 6. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA PARA AÑO SECO.....	25
FIGURA 7. MAPAS MENSUALES DEL ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA PARA AÑO SECO	26
FIGURA 8. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA PARA AÑO HÚMEDO	27
FIGURA 9. MAPAS MENSUALES DEL ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA PARA AÑO HÚMEDO.....	28
FIGURA 10. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ PARA AÑO MEDIO	30
FIGURA 11. MAPAS MENSUALES DE ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ PARA AÑO MEDIO	31
FIGURA 12. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ PARA AÑO SECO	32
FIGURA 13. MAPAS MENSUALES DE ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ PARA AÑO SECO.....	33
FIGURA 14. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ PARA AÑO HÚMEDO	34
FIGURA 15. MAPAS MENSUALES DE ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ PARA AÑO HÚMEDO	35
FIGURA 16. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA PARA AÑO MEDIO	37
FIGURA 17. MAPAS MENSUALES DE ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA PARA AÑO MEDIO.....	38
FIGURA 18. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA PARA AÑO SECO.....	39
FIGURA 19. MAPAS MENSUALES DE ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA PARA AÑO SECO	40
FIGURA 20. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA PARA AÑO HÚMEDO	41
FIGURA 21. MAPAS MENSUALES DE ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA PARA AÑO HÚMEDO	42
FIGURA 22. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO PARA AÑO MEDIO	44
FIGURA 23. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO PARA AÑO SECO	45

FIGURA 24. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO PARA AÑO HÚMEDO	46
FIGURA 25. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ PARA AÑO MEDIO	48
FIGURA 26. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ PARA AÑO SECO.....	49
FIGURA 27. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ PARA AÑO HÚMEDO	50
FIGURA 28. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETÚAN Y ORTEGA PARA AÑO MEDIO.....	52
FIGURA 29. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETÚAN Y ORTEGA PARA AÑO SECO	53
FIGURA 30. ÍNDICE DE ARIDEZ EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETÚAN Y ORTEGA PARA AÑO HÚMEDO	54
FIGURA 31. ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA, EN EL PERIODO (1990 A 2023)	58
FIGURA 32. ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA, EN EL PERIODO (1990 A 2023)	59
FIGURA 33. MAPA DE ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA, EN EL PERIODO (1990 A 2023)	60
FIGURA 34. ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ, EN EL PERIODO (1990 A 2023)	61
FIGURA 35. MAPA DE ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ, EN EL PERIODO (1990 A 2023).....	62
FIGURA 36. ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA, EN EL PERIODO (1990 A 2023)	63
FIGURA 37. ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO, EN EL PERIODO (1990 A 2023)	64
FIGURA 38. ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ, EN EL PERIODO (1990 A 2023)	65
FIGURA 39. ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETÚAN Y ORTEGA, EN EL PERIODO (1990 A 2023)	66
FIGURA 40. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL ÍNDICE DE ESCORRENTÍA ESTANDARIZADO PARA EL PERIODO 1990 A 2023 EN LA QUEBRADA DOCHE (PUNTO DE CIERRE)	68
FIGURA 41. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL ÍNDICE DE ESCORRENTÍA ESTANDARIZADO PARA EL PERIODO 1990 A 2023 EN EL RÍO CUCUANA (PUNTO DE CIERRE)	69
FIGURA 42. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL ÍNDICE DE ESCORRENTÍA ESTANDARIZADO PARA EL PERIODO 1990 A 2023 EN LA QUEBRADA LOS ÁNGELES (PUNTO DE CIERRE).....	70
FIGURA 43. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL ÍNDICE DE ESCORRENTÍA ESTANDARIZADO PARA EL PERIODO 1990 A 2023 EN EL RÍO LUISA (PUNTO DE CIERRE)	71
FIGURA 44. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL ÍNDICE DE ESCORRENTÍA ESTANDARIZADO PARA EL PERIODO 1990 A 2023 EN EL RÍO PRADO (PUNTO DE CIERRE)	72
FIGURA 45. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL ÍNDICE DE ESCORRENTÍA ESTANDARIZADO PARA EL PERIODO 1990 A 2023 EN LA QUEBRADA APICALÁ (PUNTO DE CIERRE)	73
FIGURA 46. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL ÍNDICE DE ESCORRENTÍA ESTANDARIZADO PARA EL PERIODO 1990 A 2023 EN EL RÍO TETÚAN (PUNTO DE CIERRE)	74

FIGURA 47. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL ÍNDICE DE ESCORRENTÍA ESTANDARIZADO PARA EL PERIODO 1990 A 2023 EN EL RÍO ORTEGA (PUNTO DE CIERRE)	75
FIGURA 48. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA PARA EL PERIODO (1990 A 2023)	80
FIGURA 49. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA PARA EL PERIODO (1990 A 2023)	81
FIGURA 50. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ PARA EL PERIODO (1990 A 2023)	83
FIGURA 51. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA PARA EL PERIODO (1990 A 2023)	84
FIGURA 52. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO PARA EL PERIODO (1990 A 2023)	86
FIGURA 53. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ PARA EL PERIODO (1990 A 2023)	87
FIGURA 54. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETUÁN Y ORTEGA PARA EL PERIODO (1990 A 2023).....	88
FIGURA 55. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA	91
FIGURA 56. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA	92
FIGURA 57. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA.....	93
FIGURA 58. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA	94
FIGURA 59. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA	96
FIGURA 60. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA	97
FIGURA 61. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA.....	98
FIGURA 62. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA	99
FIGURA 63. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ	101
FIGURA 64. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ	102
FIGURA 65. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ.....	103
FIGURA 66. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ	104
FIGURA 67. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA	106
FIGURA 68. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA.....	106

FIGURA 69. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA	107
FIGURA 70. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA	107
FIGURA 71. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO	109
FIGURA 72. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO	110
FIGURA 73. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO.....	111
FIGURA 74. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO.....	112
FIGURA 75. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ	114
FIGURA 76. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ.....	115
FIGURA 77. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ.....	116
FIGURA 78. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ.....	117
FIGURA 79. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETUÁN Y ORTEGA.....	119
FIGURA 80. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO MEDIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETUÁN Y ORTEGA.....	119
FIGURA 81. ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETUÁN Y ORTEGA	120
FIGURA 82. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA PARA AÑO SECO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETUÁN Y ORTEGA	120
FIGURA 83. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) EN ÉPOCA SECA Y HÚMEDA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA	125
FIGURA 84. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) EN ÉPOCA SECA Y HÚMEDA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA	129
FIGURA 85. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) EN ÉPOCA SECA Y HÚMEDA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ	132
FIGURA 86. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) EN ÉPOCA SECA Y HÚMEDA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA	136
FIGURA 87. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) EN ÉPOCA SECA Y HÚMEDA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO.....	140
FIGURA 88. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) EN ÉPOCA SECA Y HÚMEDA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ	145
FIGURA 89. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) EN ÉPOCA SECA Y HÚMEDA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS ORTEGA-TETUÁN.....	149
FIGURA 90. IACAL AÑO SECO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 SECO) Y CARGA APORTADA (E2 SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA	155
FIGURA 91. IACAL AÑO MEDIO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 MEDIO) Y CARGA APORTADA (E2 MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA	156

FIGURA 92. IACAL AÑO SECO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 SECO) Y CARGA APORTADA (E2 SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA	159
FIGURA 93. IACAL AÑO MEDIO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 MEDIO) Y CARGA APORTADA (E2 MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA	160
FIGURA 94. IACAL AÑO SECO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 SECO) Y CARGA APORTADA (E2 SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ.....	165
FIGURA 95. IACAL AÑO MEDIO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 MEDIO) Y CARGA APORTADA (E2 MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ.....	166
FIGURA 96. IACAL AÑO SECO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 SECO) Y CARGA APORTADA (E2 SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA	170
FIGURA 97. IACAL AÑO MEDIO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 MEDIO) Y CARGA APORTADA (E2 MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA	171
FIGURA 98. IACAL AÑO SECO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 SECO) Y CARGA APORTADA (E2 SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO	175
FIGURA 99. IACAL AÑO MEDIO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 MEDIO) Y CARGA APORTADA (E2 MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO.....	176
FIGURA 100. IACAL AÑO SECO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 SECO) Y CARGA APORTADA (E2 SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ.....	179
FIGURA 101. IACAL AÑO MEDIO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 MEDIO) Y CARGA APORTADA (E2 MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ.....	180
FIGURA 102. IACAL AÑO SECO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 SECO) Y CARGA APORTADA (E2 SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS ORTEGA- TETÚAN.....	183
FIGURA 103. IACAL AÑO MEDIO BAJO ESCENARIOS DE META (E1 MEDIO) Y CARGA APORTADA (E2 MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS ORTEGA- TETÚAN	184
FIGURA 104. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO CABRERA.....	208
FIGURA 105. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO CABRERA	209
FIGURA 106. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO CUCUANA.....	210
FIGURA 107. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO CUCUANA	212
FIGURA 108. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ	214
FIGURA 109. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ	216
FIGURA 110. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA	218
FIGURA 111. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A MAGDALENA.....	219
FIGURA 112. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO PRADO.....	221
FIGURA 113. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO PRADO	223
FIGURA 114. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO SUMAPAZ.....	225
FIGURA 115. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO SUMAPAZ	226

FIGURA 116. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO MEDIO EN LA SZH DEL RÍO TETÚAN Y ORTEGA 227

FIGURA 117. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA AÑO SECO EN LA SZH DEL RÍO TETÚAN Y ORTEGA ..228

FIGURA 118. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CABRERA.....236

FIGURA 119. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CUCUANA.....237

FIGURA 120. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DIRECTOS AL MAGDALENA ENTRE LOS
 RÍOS CABRERA Y SUMAPAZ.....239

FIGURA 121. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS A
 MAGDALENA 241

FIGURA 122. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PRADO.....242

FIGURA 123. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ.....244

FIGURA 124. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TETUÁN Y ORTEGA 246

1. Introducción

La disponibilidad del agua en el territorio está determinada por la concurrencia de la cantidad, la calidad y la oportunidad de la oferta hídrica frente a las demandas socioeconómicas y ambientales. Un cuerpo de agua puede presentar una alta fluctuación temporal de los caudales que impida satisfacer las demandas para uso doméstico, agrícola, pecuario, piscícola e industrial en determinadas épocas del año, o bien una calidad insuficiente que restrinja su aprovechamiento aun cuando la oferta sea suficiente en términos volumétricos. La gestión integral del recurso hídrico requiere, en consecuencia, contar con información actualizada sobre la variabilidad, el estado y las tendencias del agua a través de la aplicación sistemática de indicadores hídricos regionales.

En este marco, la Evaluación Regional del Agua (ERA) se constituye en el instrumento técnico de soporte para la administración del recurso hídrico, mediante la generación actualizada de los indicadores del Sistema Hídrico Natural, los indicadores de Presión por el Uso del Agua, los indicadores de Estado de la Calidad del Agua y los indicadores de Riesgo en las subzonas hidrográficas de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA.

El presente documento corresponde al producto "Indicadores del Recurso Hídrico" de la Evaluación Regional del Agua del Departamento del Tolima - Fase 3, y tiene como objetivo consolidar y analizar los indicadores hídricos regionales para siete subzonas hidrográficas (SZH) del departamento: río Cabrera, río Cucuana, directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz, río Luisa y otros directos al Magdalena, río Prado, río Sumapaz, y ríos Tetuán y Ortega. El análisis se desarrolla con un nivel de detalle a escala de unidad de análisis (UA), con un total de 196 unidades distribuidas en las siete subzonas, lo que permite identificar zonas críticas y orientar la toma de decisiones de manejo a una escala operativa adecuada para la gestión territorial.

El documento aborda cuatro grupos de indicadores definidos por la metodología del IDEAM. Los indicadores del Sistema Hídrico Natural comprenden el Índice de Aridez (IA) en escenarios de año húmedo, medio y seco; el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH); el Índice Estandarizado de Escorrentía (SRI); y el rendimiento medio de sedimentos. Los indicadores de Presión por el Uso del Agua incluyen el Índice de Uso del Agua (IUA) para condiciones de año medio y año seco, así como la cuantificación de la demanda hídrica total y sectorial. Los indicadores de Estado de la Calidad y Presión por Contaminación integran el Índice de Calidad del Agua (ICA), el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL) el Índice de Macroinvertebrados Acuáticos (IMA) y el Índice Ecológico de Calidad del Agua (IDG). Finalmente, los indicadores de Riesgo

corresponden al Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH) y al Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET).

Estos indicadores fueron calculados a partir de la información hidrometeorológica del periodo 1990–2023, complementada con la modelación hidrológica desarrollada en el marco de la ERA, las campañas de monitoreo de calidad del agua ejecutadas en época seca y época húmeda, y la información de demandas hídricas sectoriales actualizada para el departamento. Los resultados se presentan a escala de unidad de análisis y se consolidan por subzona hidrográfica, generando una caracterización detallada que sirve como insumo para los procesos de planificación y administración del recurso hídrico en el territorio.

2. Indicadores del Sistema Hídrico Natural

2.1. Índice de Aridez

De acuerdo con IDEAM, (2013), el índice de aridez permite identificar áreas con déficit o excedente de agua, a través de la cuantificación del grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de la zona de estudio y su cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$Ia = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

Ia : índice de aridez (adimensional)

ETP : evapotranspiración potencial (mm)

ETR : evapotranspiración real (mm)

La *Tabla 1* presenta la clasificación del índice de aridez.

Tabla 1. Categorías del índice de aridez. Fuente: (IDEAM, 2013)

Límites de categorías	Categoría	Descripción
<0.15		Altos excedentes de agua
0.15 - 0.19		Excedentes de agua
0.20 - 0.29		Entre moderado y excedentes de agua
0.30 - 0.39		Moderado
0.40 - 0.49		Entre moderado y deficitario de agua
0.50 - 0.59		Deficitario de agua
>0.59		Altamente deficitario de agua

A partir de los requerimientos de información para la estimación de la evapotranspiración, en Colombia se han probado diversas expresiones para la estimación de la evapotranspiración, de acuerdo con Jaramillo (2006), la ecuación aplicada y que mejor podría describir el comportamiento de la evapotranspiración potencial en la zona de estudio, bajo las consideraciones de información disponible, corresponde a la ecuación de Penman-Monteith.

La evapotranspiración real se determinó a escala mensual a través de la metodología de BUDYKO (IDEAM, 2013):

$$ETR_i = \left[ETP_i * P_i * \tanh\left(\frac{P_i}{ETP_i}\right) * \left(1 - \cosh\left(\frac{ETP_i}{P_i}\right) + \sinh\left(\frac{ETP_i}{P_i}\right)\right) \right]^{1/2}$$

Donde:

ETR_i : evapotranspiración real del mes i (mm)

ETP_i : evapotranspiración potencial del mes i (mm)

P_i : precipitación del mes i (mm)

Lo anterior se aplicó a las 3 condiciones hidrológicas: 1) año medio, corresponde a la información mensual multianual, 2) año seco, se define como el episodio histórico de la fase cálida del ENSO más severo del que se tiene registro, el cual se identificó el año 2015/2016 y 3) año húmedo, es el episodio más extremo de la fase fría del ENSO, en este caso 2010/2011.

2.1.1. IA en la subzona hidrográfica del río Cabrera

Para condiciones de año medio, la distribución mensual del IA se torna más equilibrada entre categorías de excedentes y déficit: Moderado a excedentes (25 %), Altamente deficitario (17 %), Moderado (17 %), Deficitario (13 %) y Excedentes (11 %). Los meses favorables son noviembre (IA medio = 0,14), marzo y octubre (IA medio = 0,24), dominados por Altos excedentes y Moderado a excedentes (Figura 1). Los meses críticos son julio, agosto y septiembre, con categoría predominante Altamente deficitario (IA medio en agosto = 0,73). Quebrada Doche 4 continúa como la unidad más deficitaria (IA medio anual = 0,494) y Directos Riachón como la más excedentaria (IA medio anual = 0,270). Es decir, las condiciones de aridez aumentan con respecto al año húmedo, especialmente durante el segundo semestre.

En condiciones de año seco la subzona se torna marcadamente deficitaria: la categoría Altamente deficitaria concentra el 63 % de las observaciones mensuales, seguida por Moderado (10 %), Deficitario (9 %) y Moderado a excedentes (8 %). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,93), diciembre (IA medio = 0,94) y septiembre (IA medio = 0,82), todos en categoría Altamente deficitario (Figura 2). Los meses favorables se reducen a abril (IA medio = 0,22, Excedentes), noviembre (IA medio = 0,30, Moderado) y marzo (IA medio = 0,34, Moderado), siendo los únicos en los que no domina el déficit hídrico. Quebrada Doche 4 se mantiene como la unidad más deficitaria (IA medio anual = 0,715), mientras que Directos Riachón presenta la condición menos crítica (IA medio anual = 0,531), aunque ya en categoría Deficitario. La subzona muestra una clara sensibilidad al evento ENSO cálido, con generalización del déficit hídrico durante prácticamente todo el año.

En condiciones de año húmedo, las 21 unidades de análisis de la subzona del río Cabrera presentan una distribución dominada por las categorías de excedentes hídricos: Altos excedentes (37 % de las observaciones mensuales), Moderado a excedentes (15 %) y Excedentes (14 %), seguidas en menor medida por Altamente deficitario (10 %) y Deficitario (10 %). Los meses más favorables son abril, noviembre y diciembre, con IA promedio entre 0,08 y 0,14, dominados por categorías de Altos excedentes (Figura 3). Los meses críticos son agosto, septiembre y enero, en los que se concentran las condiciones de Altamente deficitario y Deficitario (IA medio de agosto = 0,74). Dentro de la subzona, Quebrada Doche 4 es la unidad con condiciones más deficitarias (IA medio anual = 0,383), mientras que Directos Riachón presenta las condiciones más favorables (IA medio anual = 0,183).

Índice de Aridez para año medio en la SZH del río CABRERA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Quebrada Garrapata	0.528	0.444	0.296	0.327	0.418	0.653	0.768	0.832	0.665	0.308	0.18	0.31
(2): Quebrada Doche 4	0.551	0.467	0.32	0.346	0.43	0.653	0.768	0.835	0.684	0.331	0.199	0.339
(3): Quebrada Alpujarita	0.538	0.447	0.315	0.322	0.387	0.61	0.701	0.792	0.666	0.321	0.196	0.349
(4): Quebrada Doche 3	0.52	0.435	0.298	0.316	0.392	0.624	0.733	0.81	0.66	0.305	0.18	0.32
(5): Quebrada Las Pavas	0.463	0.382	0.254	0.273	0.347	0.597	0.709	0.788	0.615	0.26	0.149	0.27
(6): Quebrada Doche 2	0.437	0.348	0.243	0.265	0.32	0.56	0.665	0.766	0.611	0.241	0.141	0.272
(7): Quebrada Carpintero	0.399	0.306	0.222	0.256	0.3	0.524	0.619	0.744	0.6	0.215	0.128	0.262
(8): Quebrada Doche 1	0.482	0.389	0.273	0.29	0.346	0.585	0.689	0.781	0.639	0.274	0.162	0.303
(9): Quebrada San Pedro	0.501	0.407	0.289	0.302	0.353	0.569	0.647	0.76	0.648	0.291	0.18	0.341
(10): Quebrada Las Lajas	0.462	0.37	0.257	0.263	0.306	0.521	0.598	0.722	0.608	0.259	0.16	0.307
(11): Quebrada San Si Puedes	0.449	0.354	0.246	0.251	0.289	0.496	0.579	0.706	0.589	0.247	0.151	0.293
(12): Quebrada El Chorro	0.394	0.297	0.211	0.222	0.258	0.458	0.546	0.683	0.552	0.208	0.126	0.251
(13): Quebrada Corama	0.38	0.286	0.204	0.215	0.251	0.453	0.547	0.683	0.545	0.199	0.12	0.243
(14): Quebrada El Borrachero	0.358	0.268	0.189	0.195	0.231	0.432	0.53	0.664	0.517	0.185	0.113	0.225
(15): Quebrada Sevilla	0.402	0.313	0.216	0.213	0.247	0.446	0.547	0.679	0.549	0.211	0.129	0.255
(16): Quebrada Rodada	0.383	0.295	0.202	0.2	0.235	0.444	0.548	0.682	0.538	0.199	0.121	0.241
(17): Quebrada Guamito	0.359	0.272	0.186	0.185	0.222	0.436	0.543	0.677	0.521	0.186	0.112	0.223
(18): Quebrada La Montaña	0.325	0.242	0.168	0.172	0.214	0.445	0.562	0.693	0.517	0.175	0.102	0.203
(19): Quebrada La Honda	0.265	0.194	0.139	0.15	0.191	0.437	0.553	0.693	0.494	0.15	0.086	0.167
(20): Directos Cabrera	0.508	0.42	0.294	0.287	0.331	0.547	0.636	0.753	0.641	0.294	0.181	0.341
(21): Directos Riachon	0.289	0.206	0.149	0.139	0.173	0.354	0.469	0.598	0.418	0.152	0.098	0.189

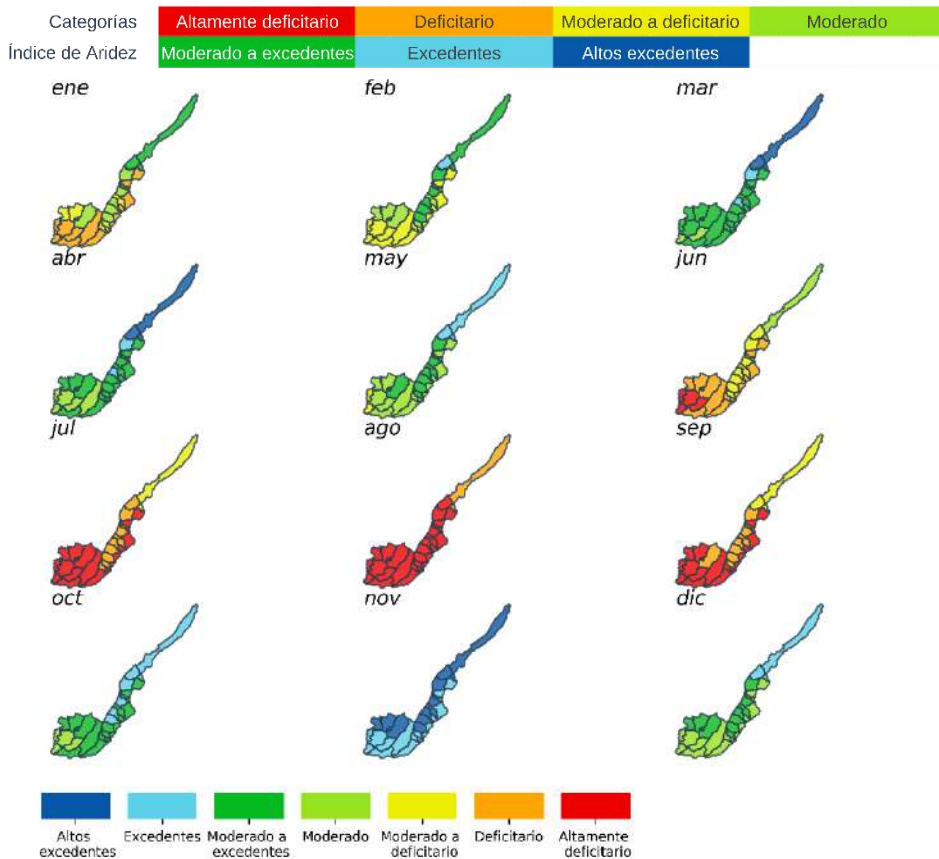


Figura 1. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Cabrera para año medio

Índice de Aridez para año seco en la SZH del río CABRERA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Quebrada Garrapata	0.794	0.819	0.382	0.328	0.806	0.824	0.784	0.963	0.82	0.637	0.354	0.953
(2): Quebrada Doche 4	0.808	0.811	0.409	0.342	0.79	0.802	0.806	0.958	0.845	0.663	0.389	0.953
(3): Quebrada Alpujarrita	0.798	0.775	0.419	0.307	0.747	0.75	0.774	0.943	0.869	0.639	0.408	0.953
(4): Quebrada Doche 3	0.781	0.781	0.388	0.303	0.77	0.783	0.788	0.952	0.842	0.618	0.357	0.953
(5): Quebrada Las Pavas	0.722	0.757	0.345	0.26	0.767	0.781	0.77	0.955	0.812	0.55	0.297	0.952
(6): Quebrada Doche 2	0.696	0.725	0.334	0.224	0.739	0.725	0.767	0.946	0.841	0.561	0.303	0.945
(7): Quebrada Carpintero	0.671	0.701	0.381	0.191	0.726	0.671	0.729	0.937	0.885	0.554	0.296	0.932
(8): Quebrada Doche 1	0.727	0.747	0.369	0.253	0.739	0.745	0.786	0.949	0.869	0.597	0.337	0.948
(9): Quebrada San Pedro	0.779	0.757	0.453	0.271	0.718	0.708	0.74	0.93	0.884	0.634	0.417	0.945
(10): Quebrada Las Lajas	0.745	0.717	0.389	0.238	0.64	0.64	0.713	0.915	0.855	0.587	0.36	0.939
(11): Quebrada San Si Puedes	0.739	0.709	0.348	0.224	0.612	0.596	0.696	0.907	0.848	0.559	0.322	0.936
(12): Quebrada El Chorro	0.695	0.667	0.308	0.188	0.607	0.553	0.674	0.897	0.827	0.512	0.277	0.931
(13): Quebrada Corama	0.679	0.653	0.3	0.172	0.616	0.544	0.68	0.904	0.818	0.499	0.261	0.928
(14): Quebrada El Borrachero	0.676	0.628	0.276	0.16	0.588	0.551	0.673	0.906	0.785	0.475	0.237	0.923
(15): Quebrada Sevilla	0.737	0.666	0.309	0.171	0.588	0.551	0.676	0.903	0.794	0.504	0.252	0.929
(16): Quebrada Rodada	0.729	0.663	0.298	0.162	0.576	0.585	0.676	0.918	0.791	0.491	0.239	0.932
(17): Quebrada Guamito	0.709	0.648	0.271	0.156	0.567	0.592	0.675	0.924	0.781	0.477	0.216	0.932
(18): Quebrada La Montaña	0.7	0.652	0.256	0.153	0.601	0.634	0.693	0.94	0.764	0.485	0.197	0.937
(19): Quebrada La Honda	0.684	0.622	0.22	0.14	0.591	0.675	0.705	0.946	0.762	0.49	0.167	0.948
(20): Directos Cabrera	0.806	0.752	0.431	0.258	0.672	0.676	0.725	0.93	0.857	0.608	0.369	0.946
(21): Directos Riachon	0.663	0.594	0.205	0.126	0.526	0.588	0.647	0.884	0.699	0.385	0.172	0.889

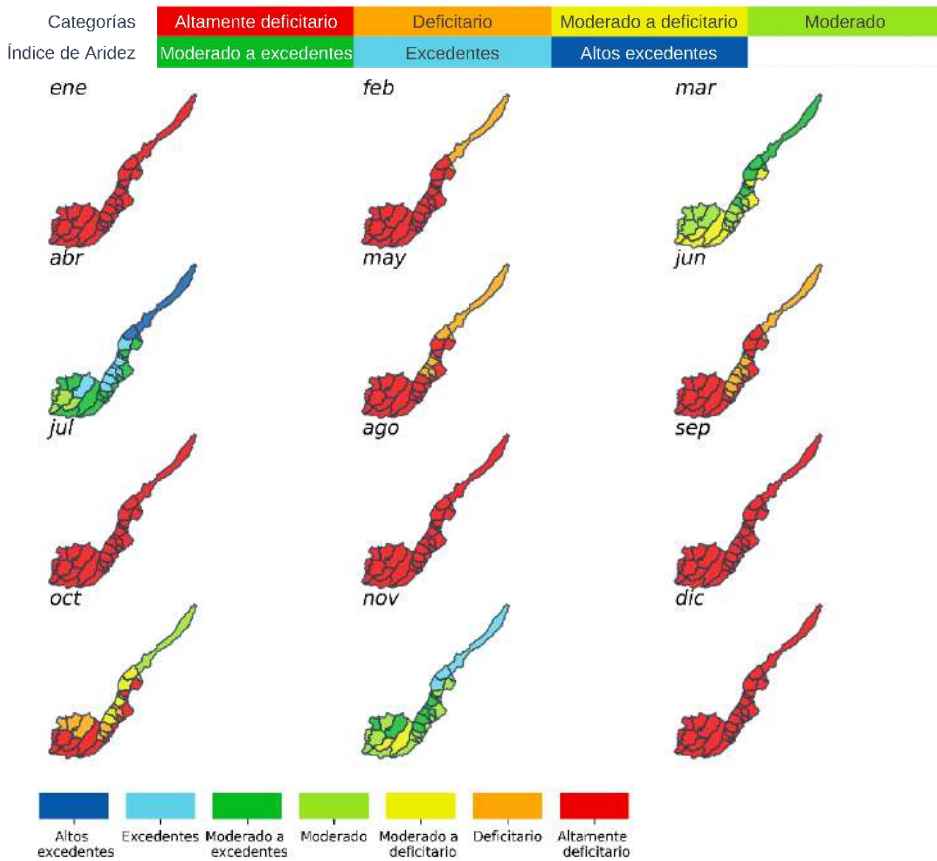


Figura 2. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Cabrera para año seco

Índice de Aridez para año húmedo en la SZH del río CABRERA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Quebrada Garrapata	0.561	0.284	0.233	0.097	0.295	0.489	0.471	0.831	0.668	0.208	0.09	0.151
(2): Quebrada Doche 4	0.605	0.299	0.275	0.11	0.297	0.507	0.483	0.844	0.669	0.23	0.098	0.175
(3): Quebrada Alpujarrita	0.596	0.241	0.244	0.105	0.322	0.501	0.332	0.824	0.605	0.239	0.101	0.165
(4): Quebrada Doche 3	0.568	0.249	0.228	0.097	0.297	0.479	0.382	0.828	0.611	0.216	0.093	0.153
(5): Quebrada Las Pavas	0.492	0.203	0.172	0.078	0.278	0.437	0.306	0.8	0.546	0.175	0.083	0.122
(6): Quebrada Doche 2	0.475	0.144	0.144	0.078	0.237	0.437	0.245	0.783	0.532	0.163	0.076	0.13
(7): Quebrada Carpintero	0.432	0.107	0.11	0.076	0.197	0.44	0.198	0.772	0.551	0.135	0.066	0.123
(8): Quebrada Doche 1	0.528	0.166	0.177	0.087	0.271	0.457	0.284	0.804	0.558	0.197	0.086	0.153
(9): Quebrada San Pedro	0.572	0.165	0.194	0.103	0.296	0.495	0.27	0.814	0.602	0.212	0.091	0.165
(10): Quebrada Las Lajas	0.555	0.127	0.177	0.094	0.268	0.47	0.242	0.788	0.55	0.2	0.084	0.16
(11): Quebrada San Si Puedes	0.535	0.125	0.164	0.087	0.242	0.445	0.228	0.765	0.504	0.187	0.079	0.152
(12): Quebrada El Chorro	0.472	0.105	0.124	0.072	0.19	0.403	0.182	0.732	0.459	0.144	0.067	0.129
(13): Quebrada Corama	0.457	0.105	0.116	0.069	0.174	0.391	0.172	0.718	0.438	0.136	0.065	0.124
(14): Quebrada El Borrachero	0.441	0.105	0.111	0.063	0.159	0.362	0.161	0.686	0.381	0.13	0.062	0.118
(15): Quebrada Sevilla	0.501	0.136	0.135	0.07	0.183	0.377	0.186	0.708	0.374	0.149	0.072	0.141
(16): Quebrada Rodada	0.503	0.128	0.129	0.066	0.162	0.365	0.179	0.69	0.332	0.133	0.069	0.136
(17): Quebrada Guamito	0.501	0.117	0.119	0.061	0.143	0.333	0.173	0.671	0.304	0.126	0.064	0.127
(18): Quebrada La Montaña	0.524	0.099	0.106	0.056	0.123	0.316	0.176	0.642	0.274	0.127	0.059	0.117
(19): Quebrada La Honda	0.511	0.077	0.084	0.048	0.096	0.288	0.171	0.583	0.227	0.111	0.048	0.098
(20): Directos Cabrera	0.629	0.206	0.221	0.1	0.27	0.474	0.281	0.793	0.504	0.219	0.099	0.19
(21): Directos Riachon	0.537	0.084	0.09	0.049	0.095	0.206	0.129	0.506	0.212	0.128	0.054	0.107

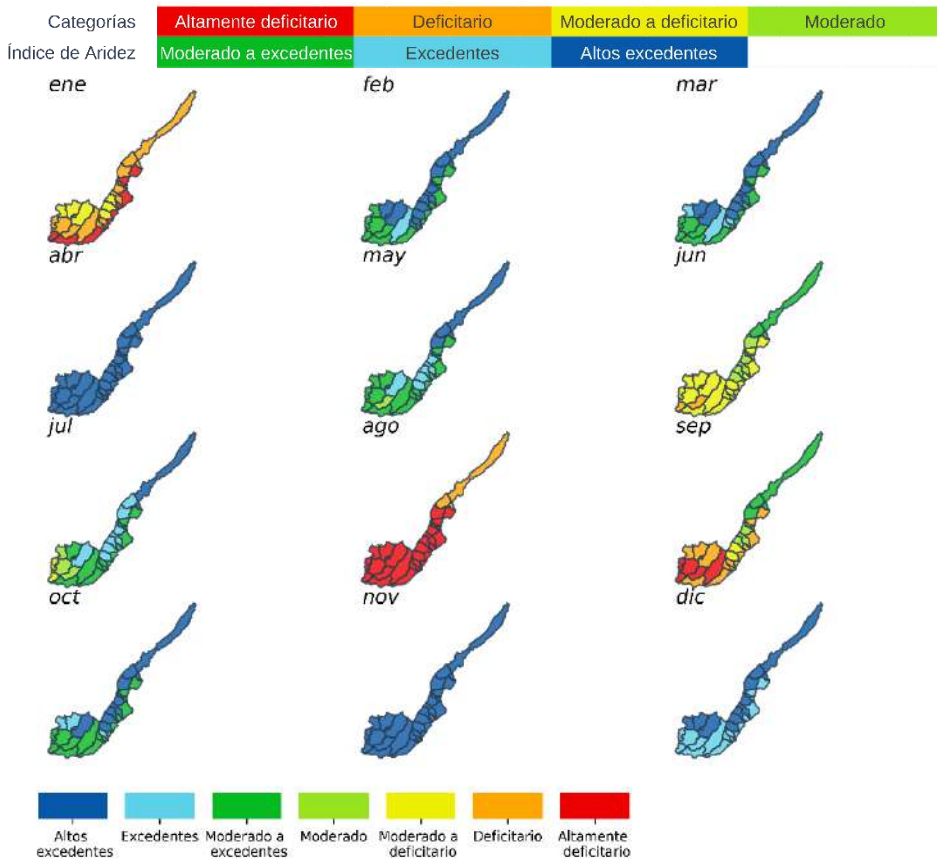


Figura 3. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Cabrera para año húmedo

2.1.2. IA en la subzona hidrográfica del río Cucuana

Para condiciones de año medio, la subzona del río Cucuana mantiene un patrón con predominio de categorías excedentarias y moderadas: Moderado a excedentes (27 %), Excedentes (21 %), Altos excedentes (17 %) y Moderado (14 %), con presencia limitada de categorías deficitarias. Los meses favorables son abril (IA medio = 0,15), noviembre (0,15) y mayo (0,17). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,48), julio (0,42) y enero (0,38), con categoría dominante Altamente deficitario en agosto y julio. La unidad más deficitaria pasa a ser Quebrada La Pava (IA medio anual = 0,399) y la más excedentaria sigue siendo Río Crisol (IA medio anual = 0,145). La subzona conserva en este escenario una oferta hídrica relativa favorable, especialmente en los meses de mayor precipitación (Figura 4 y Figura 5).

En condiciones de año seco la situación se invierte: la categoría Altamente deficitario concentra el 38 % de las observaciones mensuales, seguida por Moderado a excedentes (21 %), Excedentes (10 %) y, en proporciones similares, Moderado a deficitario, Moderado y Deficitario (alrededor de 8 % cada una). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,92), diciembre (0,89) y enero (0,76), todos dominados por Altamente deficitario. Los meses favorables son abril (IA medio = 0,15, Excedentes), noviembre (0,19, Moderado a excedentes) y marzo (0,25, Moderado a excedentes). La unidad más deficitaria es Quebrada Chicuambe (IA medio anual = 0,596), mientras que Río Crisol se mantiene como la más excedentaria (IA medio anual = 0,356). A diferencia del año medio, la condición de déficit se generaliza durante el segundo semestre y los meses de inicio del año (Figura 6 y Figura 7).

En condiciones de año húmedo, las 35 unidades de análisis de la subzona del río Cucuana presentan una distribución netamente excedentaria: Altos excedentes (48 % de las observaciones), Moderado a excedentes (17 %), Excedentes (13 %) y Moderado (13 %), con presencia muy reducida de categorías deficitarias (Altamente deficitario apenas 3 %). Los meses más favorables son abril (IA medio = 0,06), noviembre (0,08) y julio (0,11), dominados por Altos excedentes (Figura 8 y Figura 9). Los meses críticos corresponden a agosto (IA medio = 0,48, dominante Altamente deficitario), enero (IA medio = 0,38, Moderado a deficitario) y junio (IA medio = 0,24, Moderado). La unidad más deficitaria es Río Cucuana 16 (IA medio anual = 0,300), correspondiente al sector más alto del cauce, mientras que la más excedentaria es Río Crisol (IA medio anual = 0,105).

Índice de Aridez para año medio en la SZH del río CUCUANA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Cucuana 16	0.478	0.413	0.274	0.188	0.244	0.508	0.647	0.696	0.503	0.257	0.205	0.322
(2): Quebrada Chicumbe	0.471	0.399	0.257	0.183	0.238	0.495	0.642	0.695	0.497	0.244	0.19	0.307
(3): Río Cucuana 15	0.487	0.439	0.281	0.181	0.236	0.499	0.656	0.696	0.51	0.256	0.209	0.329
(4): Quebrada La Pava	0.492	0.458	0.284	0.175	0.229	0.491	0.655	0.691	0.507	0.253	0.213	0.338
(5): Río Cucuana 14	0.476	0.411	0.263	0.179	0.231	0.488	0.642	0.69	0.498	0.244	0.194	0.314
(6): Río Cucuana 13	0.48	0.416	0.266	0.179	0.228	0.486	0.641	0.689	0.497	0.244	0.197	0.317
(7): Quebrada Chipalo	0.493	0.423	0.27	0.18	0.224	0.469	0.621	0.668	0.47	0.245	0.211	0.34
(8): Río Cucuana 12	0.471	0.398	0.251	0.178	0.228	0.477	0.631	0.684	0.485	0.235	0.186	0.306
(9): Río Cucuana 11	0.472	0.392	0.25	0.18	0.227	0.466	0.611	0.666	0.466	0.235	0.188	0.31
(10): Quebrada Guavio	0.434	0.348	0.223	0.165	0.205	0.426	0.562	0.621	0.422	0.209	0.167	0.28
(11): Río Cucuana 10	0.464	0.379	0.244	0.175	0.215	0.441	0.581	0.637	0.438	0.227	0.188	0.311
(12): Quebrada Molina	0.463	0.374	0.24	0.168	0.202	0.413	0.551	0.608	0.406	0.221	0.192	0.319
(13): Río Cucuana 9	0.448	0.358	0.232	0.168	0.203	0.415	0.55	0.61	0.413	0.215	0.178	0.297
(14): Río Chili 4	0.464	0.37	0.242	0.177	0.209	0.408	0.538	0.599	0.411	0.227	0.191	0.314
(15): Río Tuamo	0.434	0.339	0.222	0.163	0.185	0.34	0.458	0.526	0.347	0.21	0.182	0.299
(16): Río Manso	0.302	0.211	0.141	0.113	0.12	0.19	0.249	0.312	0.2	0.139	0.119	0.201
(17): Río Tuamo 1	0.338	0.239	0.16	0.124	0.131	0.21	0.282	0.351	0.217	0.16	0.14	0.233
(18): Río Chili 3	0.399	0.304	0.2	0.153	0.17	0.303	0.398	0.473	0.317	0.191	0.158	0.265
(19): Quebrada Grande	0.28	0.2	0.131	0.108	0.113	0.178	0.209	0.272	0.197	0.122	0.103	0.186
(20): Río Chili 2	0.299	0.219	0.143	0.118	0.123	0.196	0.221	0.293	0.226	0.13	0.105	0.196
(21): Río Crisol	0.223	0.152	0.103	0.087	0.095	0.156	0.189	0.243	0.159	0.099	0.089	0.148
(22): Río Chili 1	0.242	0.165	0.11	0.09	0.098	0.158	0.197	0.249	0.161	0.105	0.094	0.162
(23): Río Cucuana 8	0.395	0.299	0.196	0.15	0.18	0.36	0.473	0.539	0.358	0.183	0.147	0.249
(24): Quebrada Guadualito	0.36	0.267	0.177	0.139	0.157	0.287	0.368	0.443	0.302	0.164	0.133	0.229
(25): Río Cucuana 6	0.395	0.296	0.199	0.155	0.183	0.357	0.459	0.53	0.359	0.183	0.144	0.247
(26): Quebrada Aguas Claras	0.35	0.262	0.173	0.139	0.151	0.258	0.308	0.392	0.29	0.158	0.124	0.225
(27): Río Cucuana 5	0.358	0.26	0.176	0.139	0.165	0.323	0.415	0.483	0.321	0.162	0.131	0.223
(28): Quebrada El Cedral	0.306	0.219	0.145	0.119	0.128	0.214	0.255	0.33	0.238	0.135	0.111	0.198
(29): Río Cucuana 4	0.341	0.245	0.164	0.131	0.15	0.278	0.354	0.426	0.286	0.153	0.129	0.219
(30): Río San Marcos 2	0.308	0.212	0.141	0.114	0.123	0.203	0.248	0.323	0.22	0.136	0.118	0.204
(31): Río Cucuana 3	0.372	0.26	0.173	0.138	0.147	0.245	0.301	0.39	0.268	0.169	0.149	0.252
(32): Río Cucuanita	0.282	0.193	0.126	0.103	0.109	0.163	0.183	0.262	0.184	0.127	0.114	0.194
(33): Río Cucuana 2	0.389	0.263	0.173	0.139	0.14	0.214	0.252	0.35	0.245	0.177	0.16	0.272
(34): Río Perrillo	0.258	0.174	0.116	0.097	0.104	0.162	0.186	0.258	0.176	0.116	0.103	0.175
(35): Río Cucuana 1	0.235	0.162	0.109	0.091	0.099	0.162	0.19	0.253	0.167	0.106	0.095	0.159
Categorías	Altamente deficitario			Deficitario			Moderado a deficitario			Moderado		
Índice de Aridez	Moderado a excedentes			Excedentes			Altos excedentes					

Figura 4. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Cucuana para año medio

Índice de Aridez para año medio en la SZH de río CUCUANA

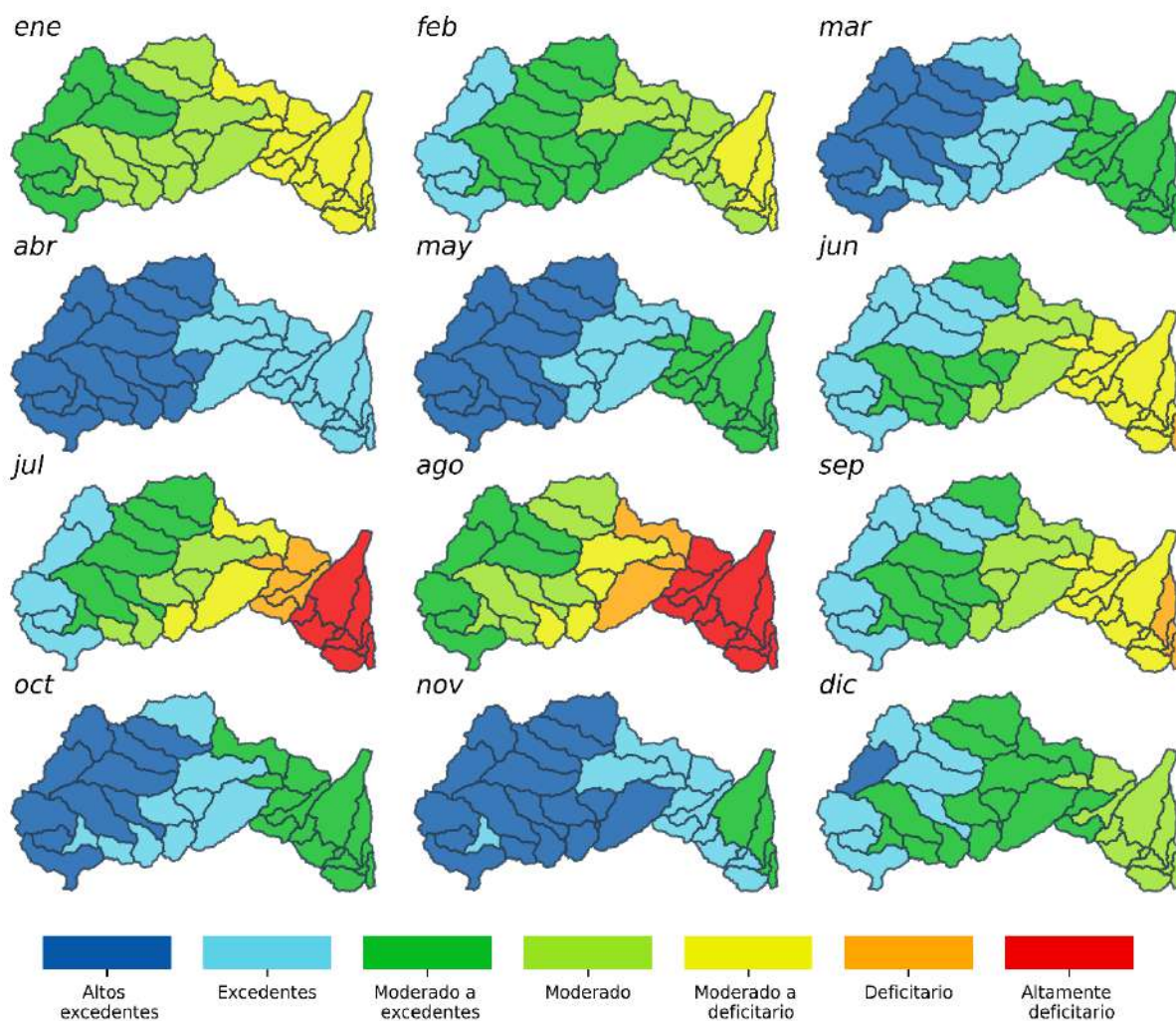


Figura 5. Mapas mensuales del Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Cucuana
 para año medio

Índice de Aridez para año seco en la SZH del río CUCUANA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Cucuana 16	0.858	0.652	0.289	0.152	0.48	0.664	0.885	0.965	0.582	0.435	0.218	0.887
(2): Quebrada Chicumbe	0.858	0.577	0.295	0.162	0.545	0.679	0.87	0.965	0.684	0.399	0.216	0.905
(3): Río Cucuana 15	0.86	0.626	0.293	0.159	0.499	0.687	0.877	0.965	0.633	0.417	0.224	0.89
(4): Quebrada La Pava	0.86	0.563	0.289	0.168	0.512	0.707	0.865	0.964	0.639	0.37	0.247	0.9
(5): Río Cucuana 14	0.858	0.571	0.294	0.164	0.534	0.679	0.86	0.964	0.68	0.384	0.223	0.905
(6): Río Cucuana 13	0.853	0.566	0.293	0.167	0.536	0.678	0.854	0.964	0.677	0.369	0.23	0.906
(7): Quebrada Chipalo	0.876	0.497	0.293	0.181	0.522	0.739	0.86	0.964	0.631	0.32	0.272	0.905
(8): Río Cucuana 12	0.867	0.505	0.303	0.163	0.576	0.681	0.851	0.965	0.71	0.348	0.231	0.912
(9): Río Cucuana 11	0.841	0.502	0.299	0.171	0.555	0.683	0.826	0.963	0.692	0.336	0.237	0.911
(10): Quebrada Guavio	0.807	0.465	0.269	0.161	0.531	0.648	0.775	0.955	0.681	0.297	0.216	0.903
(11): Río Cucuana 10	0.835	0.486	0.286	0.173	0.523	0.693	0.804	0.959	0.66	0.31	0.244	0.909
(12): Quebrada Molina	0.853	0.449	0.285	0.174	0.501	0.708	0.796	0.955	0.616	0.286	0.262	0.911
(13): Río Cucuana 9	0.82	0.477	0.273	0.168	0.498	0.66	0.767	0.954	0.662	0.298	0.23	0.904
(14): Río Chili 4	0.812	0.48	0.296	0.181	0.483	0.649	0.727	0.949	0.652	0.308	0.244	0.916
(15): Río Tuamo	0.796	0.451	0.299	0.178	0.416	0.55	0.58	0.931	0.621	0.27	0.237	0.919
(16): Río Manso	0.691	0.319	0.232	0.139	0.265	0.282	0.242	0.87	0.527	0.187	0.161	0.901
(17): Río Tuamo 1	0.713	0.319	0.256	0.15	0.281	0.336	0.287	0.868	0.53	0.208	0.182	0.91
(18): Río Chili 3	0.768	0.432	0.283	0.172	0.391	0.453	0.455	0.925	0.634	0.251	0.208	0.912
(19): Quebrada Grande	0.744	0.316	0.209	0.12	0.265	0.247	0.203	0.899	0.559	0.172	0.136	0.893
(20): Río Chili 2	0.77	0.349	0.225	0.128	0.291	0.269	0.22	0.92	0.618	0.177	0.136	0.875
(21): Río Crisol	0.591	0.238	0.143	0.093	0.257	0.255	0.301	0.83	0.444	0.146	0.113	0.858
(22): Río Chili 1	0.626	0.268	0.16	0.099	0.253	0.261	0.267	0.842	0.447	0.162	0.124	0.888
(23): Río Cucuana 8	0.758	0.428	0.244	0.157	0.473	0.562	0.647	0.94	0.666	0.249	0.19	0.902
(24): Quebrada Guadualito	0.746	0.395	0.243	0.146	0.401	0.418	0.437	0.932	0.635	0.219	0.167	0.9
(25): Río Cucuana 6	0.738	0.417	0.251	0.16	0.49	0.533	0.611	0.943	0.703	0.239	0.181	0.9
(26): Quebrada Aguas Claras	0.777	0.4	0.251	0.148	0.367	0.352	0.321	0.938	0.676	0.202	0.155	0.89
(27): Río Cucuana 5	0.692	0.374	0.229	0.146	0.461	0.484	0.591	0.935	0.667	0.209	0.158	0.883
(28): Quebrada El Cedral	0.728	0.336	0.209	0.131	0.319	0.293	0.301	0.916	0.609	0.176	0.141	0.869
(29): Río Cucuana 4	0.673	0.351	0.223	0.143	0.414	0.403	0.539	0.919	0.636	0.194	0.146	0.87
(30): Río San Marcos 2	0.681	0.312	0.197	0.139	0.31	0.286	0.414	0.875	0.548	0.178	0.15	0.864
(31): Río Cucuana 3	0.698	0.375	0.239	0.189	0.372	0.326	0.543	0.883	0.601	0.205	0.175	0.857
(32): Río Cucuanita	0.632	0.26	0.177	0.113	0.289	0.24	0.448	0.776	0.512	0.154	0.131	0.826
(33): Río Cucuana 2	0.697	0.391	0.254	0.224	0.328	0.268	0.525	0.855	0.584	0.206	0.195	0.851
(34): Río Perrillo	0.624	0.246	0.16	0.108	0.276	0.243	0.415	0.79	0.485	0.147	0.127	0.825
(35): Río Cucuana 1	0.595	0.231	0.15	0.099	0.267	0.257	0.384	0.809	0.472	0.141	0.118	0.853
Categorías	Altamente deficitario			Deficitario			Moderado a deficitario			Moderado		
Índice de Aridez	Moderado a excedentes			Excedentes			Altos excedentes					

Figura 6. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Cucuana para año seco

Índice de Aridez para año seco en la SZH de río CUCUANA

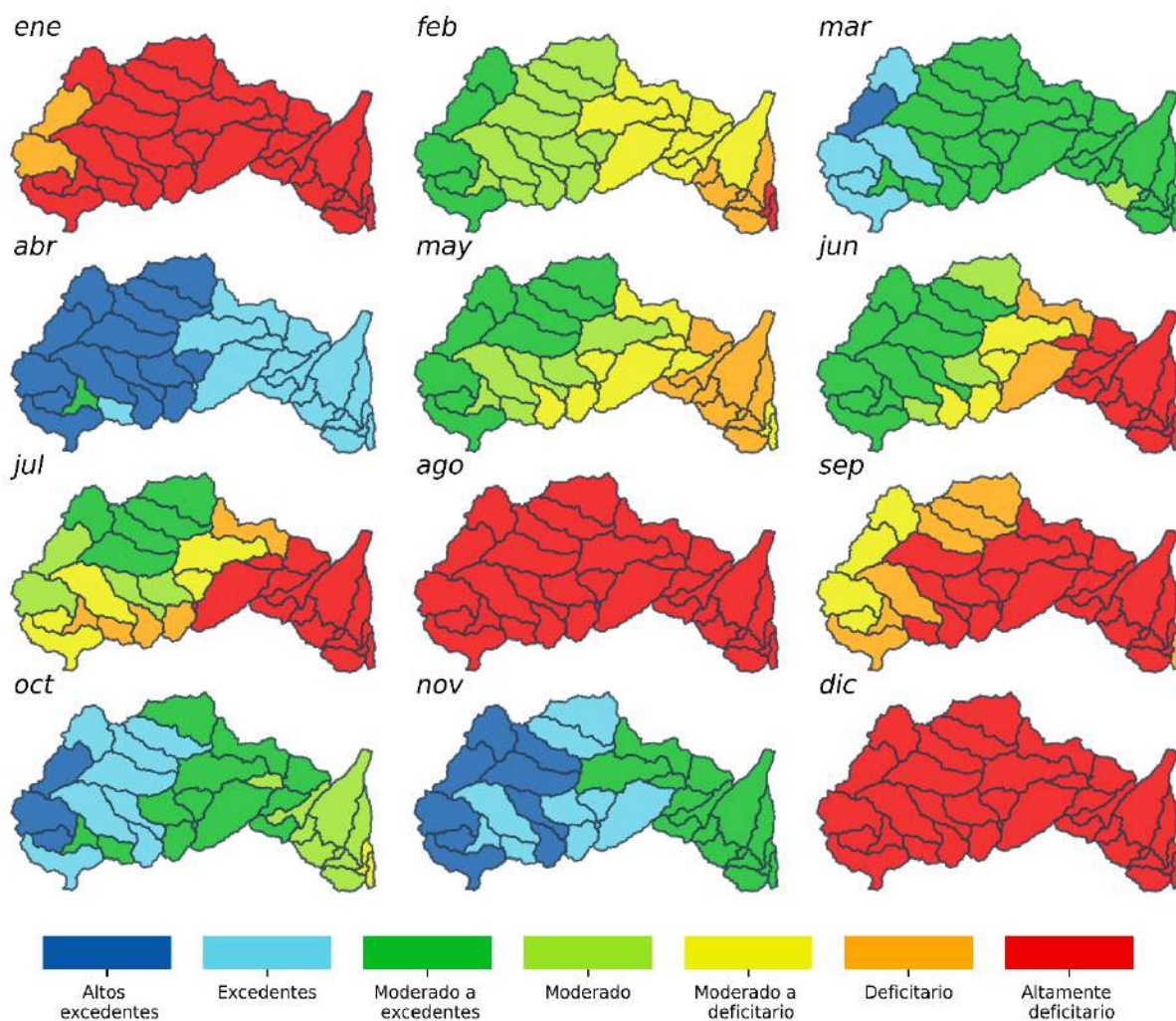


Figura 7. Mapas mensuales del Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Cucuana
 para año seco

Índice de Aridez para año húmedo en la SZH del río CUCUANA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Cucuana 16	0.403	0.261	0.215	0.066	0.223	0.372	0.197	0.69	0.349	0.384	0.144	0.302
(2): Quebrada Chicumbe	0.438	0.23	0.202	0.066	0.25	0.343	0.171	0.681	0.327	0.339	0.128	0.275
(3): Río Cucuana 15	0.332	0.28	0.17	0.055	0.156	0.344	0.21	0.624	0.363	0.392	0.136	0.314
(4): Quebrada La Pava	0.302	0.295	0.157	0.05	0.135	0.33	0.212	0.581	0.366	0.398	0.134	0.323
(5): Río Cucuana 14	0.374	0.24	0.179	0.06	0.185	0.329	0.181	0.642	0.343	0.359	0.129	0.284
(6): Río Cucuana 13	0.348	0.241	0.17	0.058	0.161	0.325	0.185	0.626	0.344	0.365	0.128	0.293
(7): Quebrada Chipalo	0.396	0.292	0.178	0.066	0.188	0.348	0.156	0.632	0.358	0.393	0.142	0.299
(8): Río Cucuana 12	0.434	0.221	0.186	0.064	0.239	0.32	0.157	0.644	0.312	0.325	0.123	0.274
(9): Río Cucuana 11	0.45	0.228	0.184	0.068	0.233	0.321	0.155	0.646	0.298	0.318	0.121	0.247
(10): Quebrada Guavio	0.46	0.19	0.17	0.068	0.226	0.29	0.133	0.607	0.242	0.261	0.102	0.203
(11): Río Cucuana 10	0.464	0.235	0.182	0.072	0.221	0.313	0.14	0.627	0.282	0.308	0.119	0.231
(12): Quebrada Molina	0.463	0.259	0.178	0.076	0.212	0.302	0.121	0.613	0.28	0.314	0.123	0.232
(13): Río Cucuana 9	0.457	0.218	0.176	0.072	0.215	0.292	0.13	0.602	0.255	0.275	0.108	0.208
(14): Río Chili 4	0.497	0.235	0.191	0.081	0.22	0.293	0.132	0.602	0.254	0.27	0.112	0.207
(15): Río Tuamo	0.489	0.228	0.182	0.078	0.187	0.225	0.115	0.55	0.189	0.203	0.099	0.178
(16): Río Manso	0.355	0.135	0.12	0.057	0.119	0.13	0.067	0.355	0.085	0.091	0.052	0.096
(17): Río Tuamo 1	0.406	0.159	0.145	0.061	0.123	0.137	0.084	0.368	0.099	0.104	0.068	0.118
(18): Río Chili 3	0.458	0.187	0.158	0.075	0.175	0.206	0.094	0.512	0.142	0.158	0.073	0.146
(19): Quebrada Grande	0.313	0.109	0.083	0.058	0.109	0.152	0.047	0.274	0.078	0.093	0.037	0.086
(20): Río Chili 2	0.319	0.106	0.079	0.066	0.118	0.183	0.045	0.287	0.08	0.105	0.034	0.09
(21): Río Crisol	0.253	0.087	0.081	0.043	0.088	0.129	0.053	0.24	0.083	0.088	0.04	0.078
(22): Río Chili 1	0.281	0.095	0.084	0.045	0.089	0.128	0.053	0.236	0.085	0.089	0.042	0.083
(23): Río Cucuana 8	0.437	0.158	0.156	0.069	0.193	0.259	0.109	0.539	0.179	0.195	0.08	0.155
(24): Quebrada Guadualito	0.403	0.139	0.127	0.068	0.16	0.215	0.079	0.46	0.128	0.148	0.059	0.126
(25): Río Cucuana 6	0.429	0.154	0.151	0.072	0.198	0.269	0.104	0.538	0.163	0.185	0.072	0.148
(26): Quebrada Aguas Claras	0.374	0.125	0.102	0.074	0.152	0.226	0.059	0.407	0.106	0.137	0.045	0.113
(27): Río Cucuana 5	0.397	0.13	0.136	0.067	0.176	0.251	0.093	0.504	0.141	0.162	0.064	0.132
(28): Quebrada El Cedral	0.329	0.11	0.093	0.06	0.122	0.186	0.056	0.347	0.095	0.118	0.042	0.098
(29): Río Cucuana 4	0.364	0.13	0.127	0.064	0.147	0.218	0.085	0.464	0.128	0.15	0.06	0.124
(30): Río San Marcos 2	0.33	0.118	0.101	0.052	0.111	0.168	0.068	0.357	0.106	0.12	0.048	0.104
(31): Río Cucuana 3	0.384	0.143	0.126	0.058	0.128	0.198	0.094	0.447	0.135	0.152	0.06	0.133
(32): Río Cucuanita	0.279	0.113	0.099	0.046	0.098	0.148	0.067	0.302	0.1	0.109	0.047	0.101
(33): Río Cucuana 2	0.382	0.146	0.117	0.053	0.113	0.179	0.094	0.413	0.134	0.143	0.057	0.131
(34): Río Perrillo	0.269	0.102	0.092	0.043	0.095	0.14	0.063	0.29	0.094	0.1	0.044	0.09
(35): Río Cucuana 1	0.257	0.095	0.087	0.042	0.092	0.136	0.058	0.268	0.089	0.096	0.042	0.083
Categorías	Altamente deficitario			Deficitario			Moderado a deficitario			Moderado		
Índice de Aridez	Moderado a excedentes			Excedentes			Altos excedentes					

Figura 8. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Cucuana para año húmedo

Índice de Aridez para año húmedo en la SZH de río CUCUANA

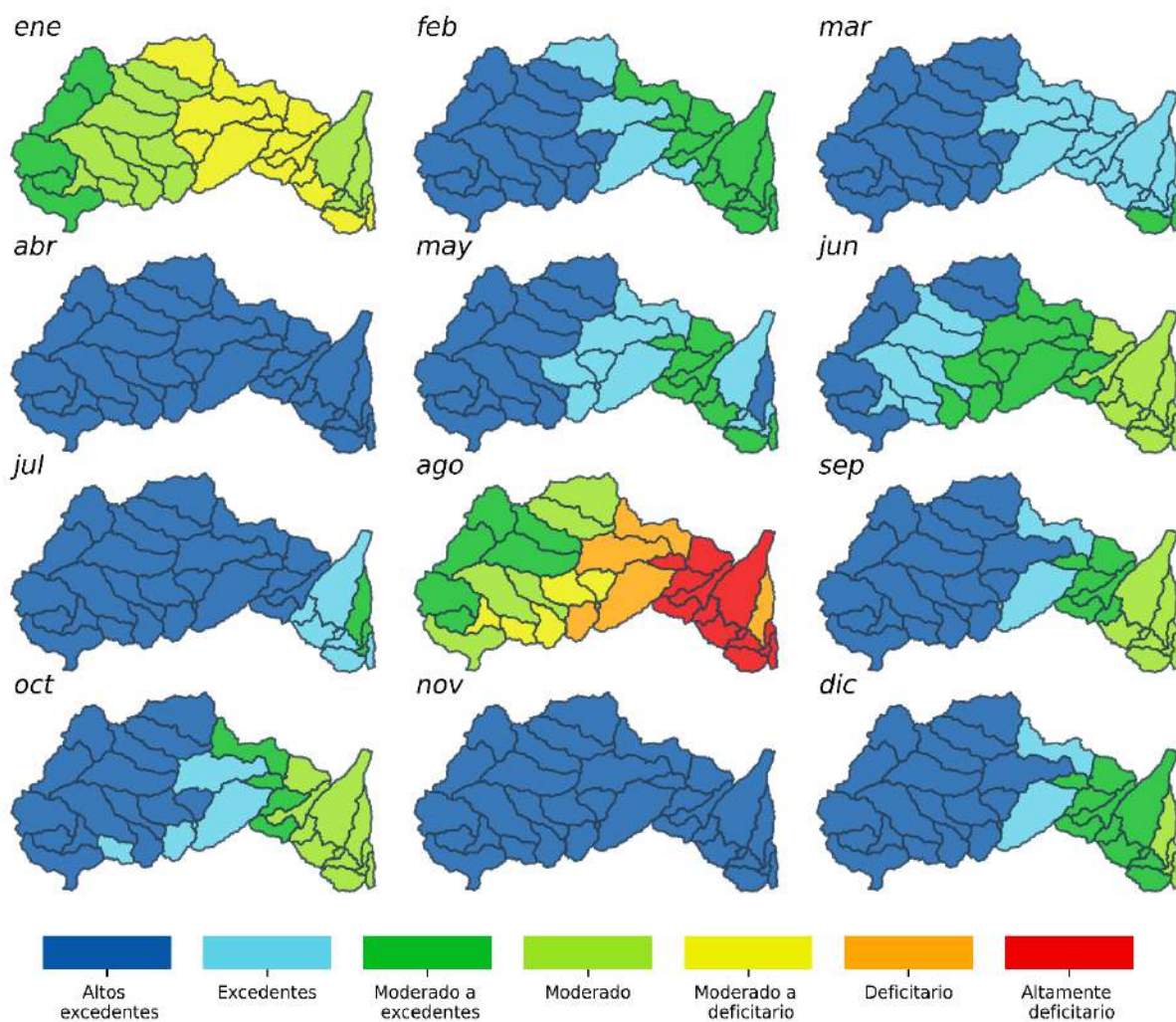


Figura 9. Mapas mensuales del Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Cucuana
 para año húmedo

2.1.3. IA en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

Para condiciones de año medio, la subzona presenta una distribución más diversa: Moderado a excedentes (33 %) y Altamente deficitario (20 %) son las categorías más representativas, seguidas por Moderado (13 %), Moderado a deficitario (11 %), Excedentes (9 %) y Deficitario (9 %). Los meses favorables son noviembre (IA medio = 0,15, Altos excedentes), abril (0,21, Moderado a excedentes) y octubre (0,23, Moderado a excedentes). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,74), julio (0,68) y junio (0,55), con dominancia de las categorías Altamente deficitario y Deficitario. La unidad más deficitaria sigue siendo Quebrada Los Ángeles 5 (IA medio anual = 0,475) y la más excedentaria es Quebrada El Consuelo (IA medio anual = 0,322). En este escenario las condiciones deficitarias se concentran principalmente en la temporada seca de mitad de año (Figura 10 y Figura 11).

En condiciones de año seco la subzona presenta el patrón más severo entre las analizadas: la categoría Altamente deficitario concentra el 66 % de las observaciones mensuales, seguida muy de lejos por Moderado a excedentes (14 %), Deficitario (6 %) y Excedentes (5 %). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,96, prácticamente al límite superior de la categoría Altamente deficitario), diciembre (0,91) y julio (0,85). Los meses favorables son abril (IA medio = 0,20, Excedentes), noviembre (0,22, Moderado a excedentes) y marzo (0,25, Moderado a excedentes), siendo los únicos en los que no domina el déficit. La unidad más deficitaria sigue siendo Quebrada Los Ángeles 5 (IA medio anual = 0,738), mientras que Quebrada El Consuelo presenta la condición menos crítica (IA medio anual = 0,572), aunque ya en categoría Deficitario. La subzona evidencia una alta sensibilidad al ENSO cálido, con una generalización del déficit hídrico durante diez de los doce meses (Figura 12 y Figura 13).

En condiciones de año húmedo, las 45 unidades de análisis de la subzona presentan una distribución dominada por categorías de excedentes y condiciones intermedias: Altos excedentes (24 %), Moderado a excedentes (22 %), Moderado (18 %) y Moderado a deficitario (13 %), con Excedentes (12 %) y presencia menor de categorías deficitarias (Figura 14 y Figura 15). Los meses favorables son abril (IA medio = 0,07), noviembre (0,10) y diciembre (0,20), dominados por Altos excedentes. Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,74, dominante Altamente deficitario), septiembre (0,44, Moderado a deficitario) y enero (0,43, Moderado a deficitario). La unidad más deficitaria es Quebrada Los Ángeles 5 (IA medio anual = 0,377), mientras que Quebrada El Baño es la más excedentaria (IA medio anual = 0,233).

Índice de Aridez para año medio en la SZH del río DM_CABRERA_SUMAPAZ

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Quebrada Anacarco	0.471	0.396	0.263	0.278	0.352	0.615	0.729	0.798	0.619	0.268	0.152	0.273
(2): Quebrada Ularco	0.507	0.449	0.297	0.302	0.392	0.674	0.784	0.829	0.643	0.299	0.164	0.285
(3): Quebrada Mercadillo	0.469	0.397	0.265	0.268	0.346	0.628	0.738	0.801	0.615	0.267	0.15	0.268
(4): Quebrada El Cajon	0.483	0.42	0.281	0.279	0.366	0.67	0.77	0.82	0.631	0.281	0.155	0.278
(5): Quebrada Chaquirco	0.483	0.423	0.289	0.283	0.373	0.698	0.787	0.83	0.629	0.279	0.154	0.277
(6): Quebrada Los Angeles 5	0.495	0.437	0.307	0.301	0.4	0.741	0.813	0.849	0.64	0.287	0.153	0.28
(7): Quebrada Bateas	0.445	0.375	0.253	0.245	0.322	0.63	0.735	0.795	0.592	0.251	0.142	0.259
(8): Quebrada Los Angeles 4	0.437	0.363	0.245	0.242	0.314	0.608	0.716	0.784	0.588	0.243	0.139	0.254
(9): Quebrada Bermejo	0.395	0.313	0.212	0.211	0.269	0.532	0.651	0.742	0.553	0.214	0.126	0.236
(10): Quebrada Los Angeles 3	0.407	0.322	0.222	0.232	0.289	0.544	0.656	0.751	0.576	0.22	0.129	0.246
(11): Quebrada El Rodeo	0.384	0.293	0.213	0.246	0.29	0.524	0.624	0.747	0.589	0.205	0.121	0.249
(12): Quebrada Los Angeles 2	0.392	0.304	0.214	0.225	0.275	0.52	0.631	0.74	0.571	0.212	0.126	0.245
(13): Quebrada El Lindero	0.348	0.257	0.189	0.223	0.26	0.48	0.576	0.715	0.561	0.181	0.109	0.229
(14): Quebrada Los Angeles 1	0.371	0.283	0.196	0.202	0.246	0.474	0.584	0.706	0.542	0.196	0.117	0.231
(15): Quebrada Tamirco	0.48	0.425	0.292	0.28	0.374	0.71	0.792	0.834	0.629	0.279	0.153	0.274
(16): Quebrada Jagual	0.458	0.394	0.267	0.254	0.336	0.651	0.752	0.805	0.603	0.265	0.149	0.267
(17): Quebrada Las Damas	0.44	0.37	0.248	0.231	0.304	0.596	0.712	0.778	0.577	0.249	0.147	0.262
(18): Quebrada Yabi 3	0.426	0.349	0.232	0.216	0.282	0.563	0.687	0.76	0.559	0.236	0.143	0.253
(19): Quebrada De Colopo	0.394	0.316	0.211	0.204	0.265	0.542	0.664	0.746	0.542	0.215	0.128	0.232
(20): Quebrada Yabi 2	0.385	0.303	0.203	0.196	0.254	0.525	0.657	0.741	0.539	0.21	0.125	0.227
(21): Quebrada El Baño	0.348	0.266	0.182	0.182	0.235	0.503	0.642	0.736	0.527	0.191	0.111	0.205
(22): Quebrada Yabi 1	0.368	0.285	0.193	0.192	0.246	0.507	0.636	0.731	0.535	0.2	0.118	0.219
(23): Quebrada Señorías	0.431	0.354	0.235	0.214	0.281	0.56	0.687	0.754	0.556	0.242	0.149	0.261
(24): Quebrada El Salado	0.421	0.341	0.226	0.208	0.272	0.55	0.68	0.752	0.551	0.236	0.145	0.253
(25): Quebrada Tortugas	0.393	0.312	0.206	0.196	0.254	0.528	0.663	0.743	0.536	0.216	0.13	0.231
(26): Quebrada Ata	0.365	0.28	0.186	0.183	0.238	0.512	0.655	0.739	0.524	0.198	0.118	0.21
(27): Quebrada Goloso	0.415	0.33	0.213	0.195	0.262	0.55	0.68	0.749	0.535	0.234	0.14	0.241
(28): Quebrada La Mata	0.4	0.333	0.209	0.182	0.259	0.533	0.673	0.731	0.511	0.226	0.145	0.236
(29): Quebrada La Barriolosa	0.409	0.349	0.221	0.181	0.258	0.514	0.667	0.721	0.513	0.231	0.162	0.251
(30): Quebrada La Arenosa	0.397	0.329	0.211	0.177	0.243	0.501	0.659	0.71	0.504	0.219	0.152	0.242
(31): Quebrada Santa Lucía	0.405	0.34	0.219	0.18	0.247	0.501	0.664	0.712	0.509	0.224	0.158	0.251
(32): Quebrada Guadualeja	0.392	0.324	0.206	0.173	0.232	0.491	0.652	0.699	0.496	0.211	0.147	0.24
(33): Quebrada El Tigre	0.376	0.319	0.201	0.168	0.221	0.485	0.648	0.686	0.484	0.204	0.142	0.233
(34): Quebrada El Consuelo	0.327	0.286	0.174	0.151	0.194	0.465	0.642	0.659	0.456	0.18	0.122	0.202
(35): Quebrada La Honda	0.335	0.297	0.181	0.153	0.195	0.459	0.647	0.653	0.449	0.182	0.127	0.21
(36): Quebrada Agua Blanca	0.381	0.336	0.209	0.166	0.213	0.463	0.651	0.662	0.46	0.2	0.148	0.241
(37): Quebrada La Barriolosa 2	0.4	0.352	0.227	0.175	0.222	0.469	0.658	0.674	0.474	0.211	0.159	0.264
(38): Quebrada de Batatas	0.422	0.354	0.24	0.18	0.225	0.477	0.651	0.679	0.478	0.221	0.169	0.283
(39): Quebrada Duarte	0.457	0.382	0.275	0.19	0.235	0.489	0.665	0.69	0.487	0.239	0.199	0.326
(40): Quebrada El Pital	0.476	0.395	0.296	0.195	0.242	0.495	0.675	0.697	0.49	0.251	0.216	0.352
(41): Quebrada Monteraldo	0.499	0.407	0.318	0.201	0.248	0.504	0.686	0.705	0.491	0.261	0.234	0.38
(42): Quebrada Limonal	0.498	0.405	0.317	0.201	0.248	0.502	0.682	0.702	0.487	0.259	0.235	0.381
(43): Quebrada Tigrío	0.478	0.394	0.279	0.204	0.247	0.487	0.658	0.695	0.483	0.251	0.213	0.343
(44): Directos Magdalena 1	0.462	0.398	0.261	0.247	0.332	0.631	0.745	0.797	0.595	0.27	0.155	0.266
(45): Directos Magdalena 2	0.461	0.387	0.261	0.197	0.253	0.503	0.675	0.71	0.492	0.246	0.196	0.317
Categorías	Altamente deficitario				Deficitario			Moderado a deficitario			Moderado	
Índice de Aridez	Moderado a excedentes				Excedentes			Altos excedentes				

Figura 10. Índice de aridez en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz para año medio

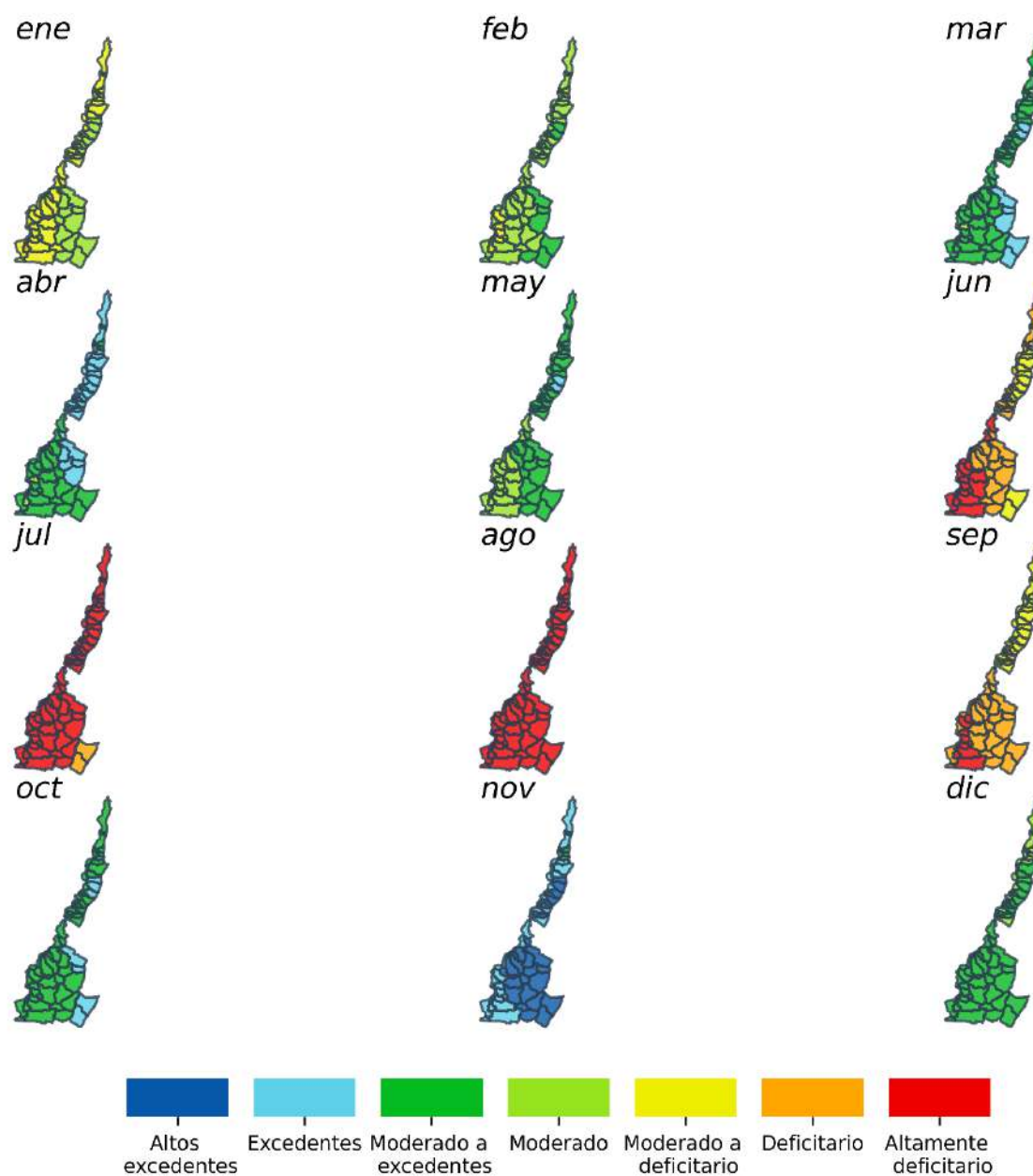


Figura 11. Mapas mensuales de Índice de aridez en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz para año medio

Índice de Aridez para año seco en la SZH del río DM_CABRERA_SUMAPAZ

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Quebrada Anacarco	0.708	0.758	0.344	0.266	0.782	0.804	0.795	0.962	0.821	0.538	0.291	0.958
(2): Quebrada Ularco	0.636	0.784	0.348	0.322	0.844	0.88	0.839	0.973	0.837	0.586	0.308	0.964
(3): Quebrada Mercadillo	0.623	0.761	0.319	0.274	0.793	0.826	0.836	0.965	0.811	0.581	0.273	0.959
(4): Quebrada El Cajon	0.614	0.803	0.294	0.317	0.842	0.877	0.883	0.971	0.821	0.664	0.254	0.969
(5): Quebrada Chaquirco	0.533	0.869	0.289	0.37	0.873	0.908	0.924	1	0.81	0.731	0.236	0.972
(6): Quebrada Los Angeles 5	0.463	0.951	0.284	0.46	0.907	0.954	0.964	1	0.813	0.81	0.248	1
(7): Quebrada Bateas	0.579	0.802	0.265	0.281	0.778	0.841	0.883	0.966	0.791	0.629	0.229	0.956
(8): Quebrada Los Angeles 4	0.589	0.772	0.278	0.259	0.767	0.812	0.853	0.962	0.792	0.6	0.235	0.954
(9): Quebrada Bermejo	0.653	0.702	0.27	0.198	0.672	0.727	0.791	0.948	0.777	0.519	0.23	0.934
(10): Quebrada Los Angeles 3	0.65	0.703	0.292	0.206	0.714	0.715	0.783	0.951	0.805	0.527	0.253	0.943
(11): Quebrada El Rodeo	0.642	0.697	0.346	0.181	0.729	0.682	0.734	0.943	0.871	0.543	0.267	0.935
(12): Quebrada Los Angeles 2	0.659	0.687	0.29	0.188	0.683	0.695	0.763	0.944	0.809	0.523	0.254	0.935
(13): Quebrada El Lindero	0.624	0.663	0.346	0.156	0.696	0.622	0.706	0.932	0.871	0.515	0.25	0.926
(14): Quebrada Los Angeles 1	0.68	0.66	0.274	0.17	0.622	0.635	0.721	0.93	0.788	0.496	0.233	0.928
(15): Quebrada Tamirco	0.509	0.889	0.28	0.38	0.875	0.919	0.944	1	0.798	0.758	0.226	0.973
(16): Quebrada Jagual	0.569	0.812	0.276	0.298	0.795	0.861	0.904	0.971	0.789	0.649	0.224	0.959
(17): Quebrada Las Damas	0.592	0.769	0.265	0.24	0.706	0.796	0.867	0.964	0.78	0.568	0.231	0.943
(18): Quebrada Yabi 3	0.667	0.74	0.26	0.212	0.651	0.758	0.843	0.961	0.75	0.516	0.228	0.93
(19): Quebrada De Colopo	0.634	0.72	0.249	0.205	0.667	0.742	0.81	0.953	0.755	0.513	0.215	0.929
(20): Quebrada Yabi 2	0.659	0.698	0.251	0.187	0.629	0.722	0.798	0.952	0.735	0.489	0.212	0.928
(21): Quebrada El Baño	0.647	0.665	0.249	0.164	0.621	0.709	0.744	0.942	0.692	0.489	0.206	0.933
(22): Quebrada Yabi 1	0.662	0.679	0.253	0.177	0.637	0.698	0.772	0.946	0.743	0.492	0.211	0.93
(23): Quebrada Señorías	0.697	0.726	0.255	0.21	0.626	0.75	0.85	0.961	0.742	0.507	0.235	0.921
(24): Quebrada El Salado	0.692	0.729	0.251	0.204	0.603	0.73	0.842	0.96	0.731	0.499	0.231	0.913
(25): Quebrada Tortugas	0.666	0.708	0.248	0.189	0.601	0.717	0.812	0.956	0.713	0.489	0.218	0.918
(26): Quebrada Ata	0.642	0.69	0.246	0.174	0.59	0.712	0.768	0.946	0.652	0.481	0.21	0.922
(27): Quebrada Goloso	0.68	0.756	0.236	0.208	0.541	0.722	0.858	0.964	0.708	0.511	0.227	0.888
(28): Quebrada La Mata	0.674	0.806	0.191	0.198	0.52	0.709	0.883	0.965	0.743	0.461	0.214	0.839
(29): Quebrada La Barriolosa	0.753	0.848	0.206	0.186	0.579	0.716	0.891	0.97	0.779	0.441	0.228	0.87
(30): Quebrada La Arenosa	0.75	0.8	0.183	0.171	0.579	0.698	0.867	0.957	0.725	0.439	0.196	0.864
(31): Quebrada Santa Lucía	0.769	0.805	0.184	0.169	0.599	0.703	0.87	0.956	0.727	0.457	0.195	0.875
(32): Quebrada Guadualeja	0.737	0.764	0.154	0.153	0.612	0.686	0.85	0.943	0.687	0.459	0.169	0.846
(33): Quebrada El Tigre	0.733	0.762	0.129	0.137	0.64	0.682	0.816	0.932	0.676	0.47	0.143	0.83
(34): Quebrada El Consuelo	0.703	0.792	0.08	0.113	0.765	0.649	0.802	0.894	0.646	0.487	0.106	0.822
(35): Quebrada La Honda	0.689	0.826	0.083	0.108	0.809	0.685	0.827	0.908	0.625	0.545	0.109	0.814
(36): Quebrada Agua Blanca	0.709	0.831	0.112	0.117	0.749	0.727	0.848	0.944	0.607	0.585	0.136	0.81
(37): Quebrada La Barriolosa 2	0.735	0.811	0.136	0.12	0.716	0.733	0.886	0.951	0.608	0.567	0.156	0.818
(38): Quebrada de Batatas	0.796	0.766	0.176	0.129	0.667	0.692	0.88	0.944	0.63	0.491	0.177	0.834
(39): Quebrada Duarte	0.85	0.802	0.239	0.124	0.659	0.605	0.913	0.956	0.62	0.501	0.222	0.852
(40): Quebrada El Pital	0.877	0.818	0.291	0.121	0.676	0.63	0.929	0.962	0.616	0.511	0.255	0.856
(41): Quebrada Monteraldo	0.903	0.835	0.34	0.118	0.681	0.617	0.948	0.968	0.61	0.527	0.286	0.851
(42): Quebrada Limonal	0.902	0.818	0.35	0.12	0.667	0.605	0.944	0.969	0.617	0.52	0.293	0.851
(43): Quebrada Tigrío	0.844	0.674	0.27	0.139	0.641	0.75	0.896	0.943	0.655	0.395	0.244	0.888
(44): Directos Magdalena 1	0.625	0.796	0.279	0.272	0.711	0.826	0.879	0.971	0.789	0.58	0.25	0.932
(45): Directos Magdalena 2	0.8	0.743	0.232	0.141	0.618	0.731	0.902	0.953	0.664	0.464	0.231	0.872
Categorías	Altamente deficitario			Deficitario			Moderado a deficitario			Moderado		
Índice de Aridez	Moderado a excedentes			Excedentes			Altos excedentes					

Figura 12. Índice de aridez en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz para año seco

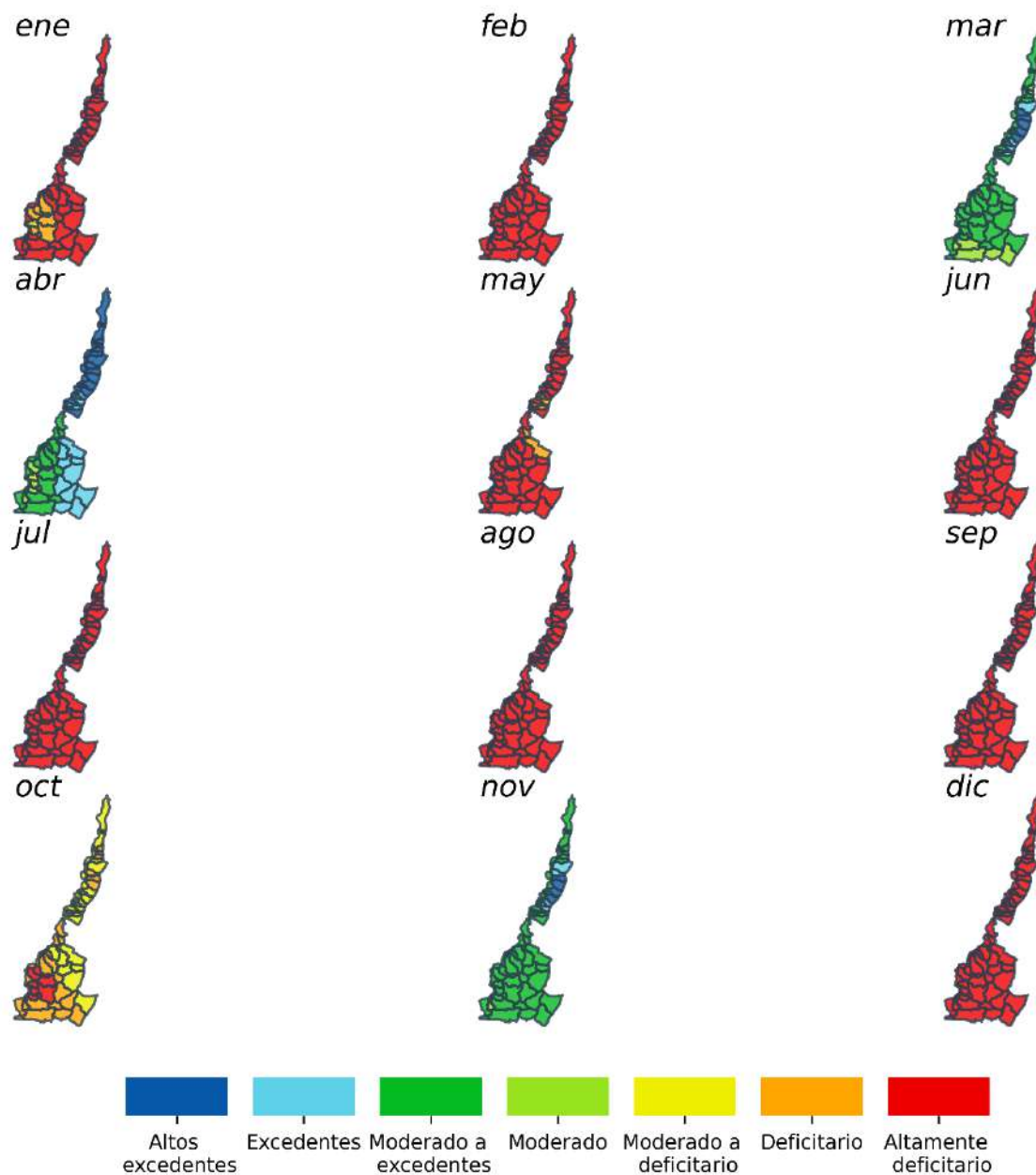


Figura 13. Mapas mensuales de Índice de aridez en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz para año seco

Índice de Aridez para año húmedo en la SZH del río DM_CABRERA_SUMAPAZ

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Quebrada Anacarco	0.478	0.207	0.164	0.078	0.316	0.44	0.301	0.8	0.543	0.18	0.09	0.126
(2): Quebrada Ularco	0.501	0.287	0.213	0.079	0.414	0.444	0.361	0.846	0.543	0.197	0.106	0.133
(3): Quebrada Mercadillo	0.48	0.221	0.198	0.075	0.323	0.423	0.301	0.818	0.501	0.2	0.094	0.137
(4): Quebrada El Cajon	0.444	0.255	0.256	0.074	0.364	0.393	0.332	0.846	0.509	0.213	0.103	0.153
(5): Quebrada Chaquirco	0.464	0.264	0.317	0.072	0.362	0.377	0.348	0.86	0.509	0.254	0.106	0.159
(6): Quebrada Los Angeles 5	0.502	0.302	0.427	0.073	0.407	0.355	0.404	0.883	0.537	0.356	0.107	0.166
(7): Quebrada Bateas	0.45	0.204	0.239	0.068	0.291	0.364	0.277	0.815	0.448	0.237	0.093	0.157
(8): Quebrada Los Angeles 4	0.455	0.188	0.205	0.068	0.277	0.376	0.266	0.801	0.454	0.209	0.088	0.143
(9): Quebrada Bermejo	0.459	0.143	0.148	0.066	0.206	0.36	0.212	0.74	0.391	0.177	0.075	0.134
(10): Quebrada Los Angeles 3	0.452	0.135	0.14	0.069	0.221	0.388	0.219	0.764	0.468	0.162	0.074	0.126
(11): Quebrada El Rodeo	0.414	0.103	0.103	0.071	0.189	0.426	0.188	0.765	0.523	0.131	0.064	0.121
(12): Quebrada Los Angeles 2	0.458	0.123	0.125	0.069	0.192	0.389	0.201	0.739	0.443	0.156	0.07	0.133
(13): Quebrada El Lindero	0.378	0.088	0.088	0.066	0.157	0.401	0.159	0.732	0.495	0.113	0.057	0.112
(14): Quebrada Los Angeles 1	0.465	0.116	0.118	0.065	0.164	0.355	0.184	0.696	0.378	0.145	0.066	0.128
(15): Quebrada Tamirco	0.458	0.275	0.361	0.072	0.372	0.373	0.34	0.872	0.505	0.266	0.11	0.17
(16): Quebrada Jagual	0.434	0.228	0.274	0.071	0.326	0.37	0.289	0.834	0.459	0.232	0.101	0.168
(17): Quebrada Las Damas	0.427	0.204	0.226	0.071	0.282	0.37	0.245	0.792	0.411	0.233	0.096	0.171
(18): Quebrada Yabi 3	0.467	0.185	0.194	0.07	0.251	0.379	0.219	0.764	0.377	0.235	0.091	0.164
(19): Quebrada De Colopo	0.45	0.153	0.166	0.064	0.216	0.356	0.212	0.743	0.361	0.2	0.08	0.141
(20): Quebrada Yabi 2	0.466	0.143	0.152	0.064	0.197	0.343	0.204	0.721	0.342	0.191	0.077	0.144
(21): Quebrada El Baño	0.473	0.117	0.124	0.059	0.166	0.318	0.195	0.69	0.298	0.162	0.065	0.127
(22): Quebrada Yabi 1	0.472	0.127	0.132	0.062	0.175	0.336	0.199	0.698	0.335	0.167	0.07	0.134
(23): Quebrada Señorías	0.471	0.196	0.204	0.072	0.26	0.393	0.212	0.76	0.374	0.25	0.097	0.176
(24): Quebrada El Salado	0.473	0.191	0.192	0.07	0.253	0.39	0.204	0.758	0.367	0.245	0.095	0.166
(25): Quebrada Tortugas	0.463	0.162	0.163	0.065	0.212	0.353	0.194	0.737	0.344	0.209	0.083	0.148
(26): Quebrada Ata	0.454	0.133	0.139	0.061	0.189	0.332	0.185	0.719	0.309	0.186	0.072	0.134
(27): Quebrada Goloso	0.432	0.207	0.204	0.068	0.261	0.393	0.183	0.795	0.375	0.281	0.104	0.156
(28): Quebrada La Mata	0.395	0.296	0.215	0.069	0.289	0.375	0.166	0.795	0.431	0.357	0.113	0.161
(29): Quebrada La Barriolosa	0.375	0.346	0.208	0.069	0.314	0.414	0.189	0.769	0.472	0.382	0.13	0.183
(30): Quebrada La Arenosa	0.414	0.28	0.199	0.068	0.272	0.373	0.181	0.728	0.432	0.323	0.113	0.183
(31): Quebrada Santa Lucía	0.428	0.302	0.21	0.071	0.283	0.376	0.189	0.72	0.45	0.328	0.118	0.194
(32): Quebrada Guadaleja	0.436	0.256	0.212	0.071	0.245	0.341	0.174	0.689	0.417	0.282	0.104	0.201
(33): Quebrada El Tigre	0.424	0.268	0.227	0.073	0.237	0.325	0.173	0.659	0.427	0.264	0.103	0.226
(34): Quebrada El Consuelo	0.392	0.306	0.256	0.075	0.205	0.321	0.157	0.616	0.455	0.213	0.094	0.256
(35): Quebrada La Honda	0.4	0.345	0.274	0.077	0.2	0.303	0.14	0.578	0.467	0.232	0.093	0.301
(36): Quebrada Agua Blanca	0.429	0.329	0.266	0.078	0.219	0.294	0.138	0.559	0.447	0.296	0.098	0.312
(37): Quebrada La Barriolosa 2	0.415	0.315	0.266	0.081	0.222	0.299	0.155	0.574	0.445	0.314	0.102	0.305
(38): Quebrada de Batatas	0.399	0.267	0.249	0.082	0.247	0.293	0.177	0.629	0.432	0.302	0.109	0.295
(39): Quebrada Duarte	0.33	0.289	0.256	0.086	0.291	0.299	0.202	0.673	0.455	0.317	0.121	0.36
(40): Quebrada El Pital	0.298	0.296	0.281	0.089	0.323	0.301	0.221	0.688	0.477	0.322	0.128	0.415
(41): Quebrada Monteraldo	0.281	0.309	0.307	0.091	0.344	0.296	0.232	0.706	0.5	0.333	0.13	0.481
(42): Quebrada Limonal	0.276	0.305	0.301	0.092	0.346	0.298	0.231	0.707	0.49	0.337	0.132	0.469
(43): Quebrada Tigrito	0.505	0.248	0.252	0.1	0.299	0.298	0.232	0.652	0.375	0.316	0.135	0.282
(44): Directos Magdalena 1	0.457	0.264	0.235	0.074	0.348	0.401	0.264	0.828	0.465	0.245	0.109	0.153
(45): Directos Magdalena 2	0.407	0.305	0.244	0.09	0.31	0.333	0.204	0.676	0.407	0.364	0.135	0.281
Categorías	Altamente deficitario			Deficitario			Moderado a deficitario			Moderado		
Índice de Aridez	Moderado a excedentes			Excedentes			Altos excedentes					

Figura 14. Índice de aridez en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz para año húmedo

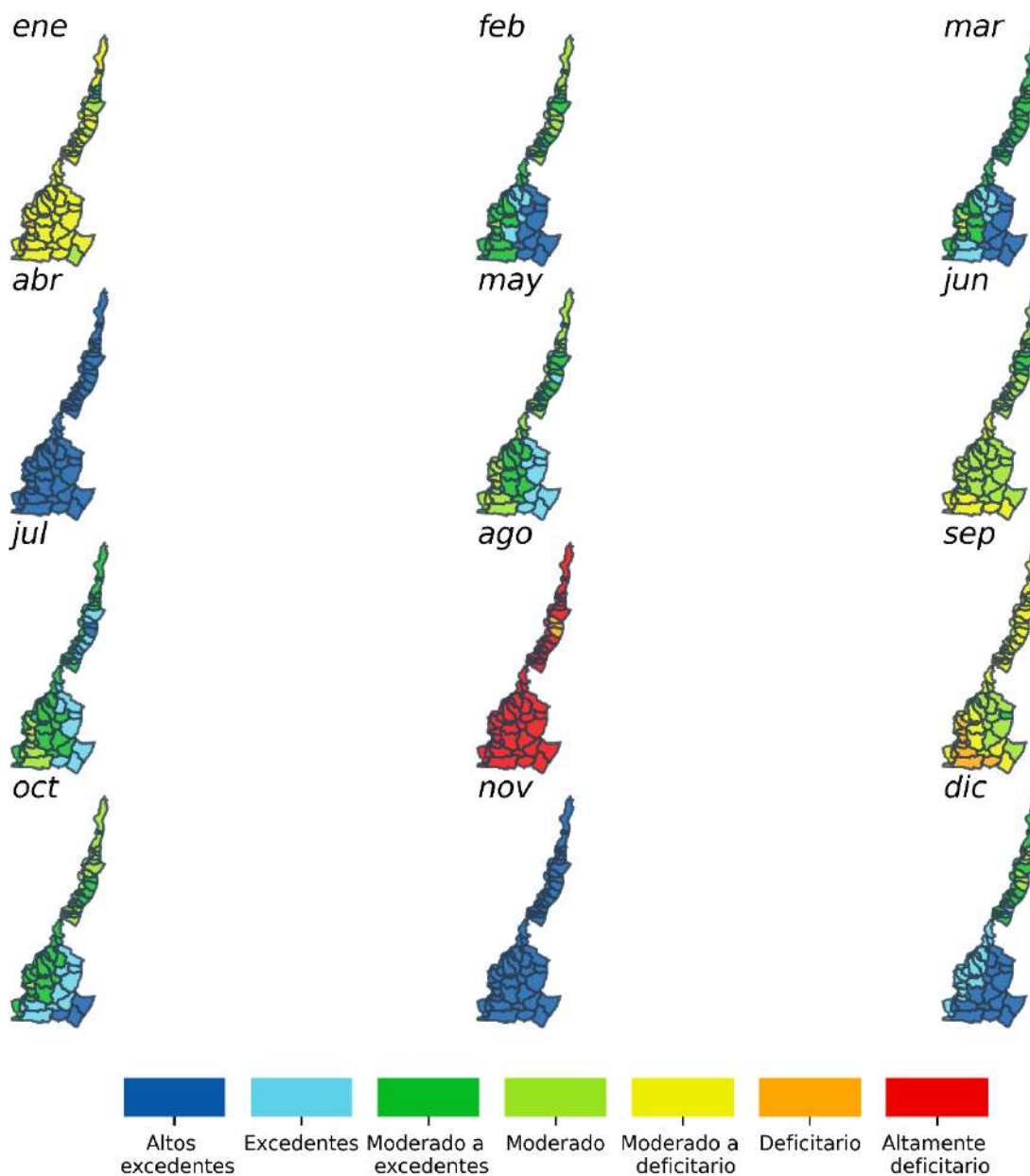


Figura 15. Mapas mensuales de Índice de aridez en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz para año húmedo

2.1.4. IA en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

Para condiciones de año medio, la subzona presenta una distribución dominada por categorías intermedias: Moderado a excedentes (31 %), Moderado a deficitario (23 %), Moderado (15 %), Altamente deficitario (12 %), Excedentes (11 %) y Deficitario (8 %). Los meses favorables son abril (IA medio = 0,19, Excedentes), mayo (0,22, Moderado a excedentes) y noviembre (0,22, Moderado a excedentes). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,64), julio (0,59) y enero (0,49), con dominancia de Altamente deficitario en agosto y julio. Directos Magdalena 4 continúa como la unidad más deficitaria (IA medio anual = 0,449) y Río Luisa 1 como la más excedentaria (IA medio anual = 0,250). Las condiciones deficitarias se concentran en el segundo semestre (Figura 16 y Figura 17).

En condiciones de año seco la subzona se torna marcadamente deficitaria: la categoría Altamente deficitario concentra el 50 % de las observaciones mensuales, seguida por Moderado a excedentes (15 %), Deficitario (9 %) y Moderado a deficitario (9 %). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,95), diciembre (0,90) y enero (0,87), todos en Altamente deficitario. Los meses favorables son abril (IA medio = 0,16, Excedentes), noviembre (0,26, Moderado a excedentes) y marzo (0,30, Moderado a excedentes). La unidad más deficitaria pasa a ser Directos Magdalena 1 (IA medio anual = 0,634), mientras que Río Luisa 1 se mantiene como la menos crítica (IA medio anual = 0,464). La subzona muestra una respuesta intensa al evento ENSO cálido, con generalización del déficit en aproximadamente la mitad del año (Figura 18 y Figura 19).

En condiciones de año húmedo, las 25 unidades de análisis de la subzona del río Luisa y otros directos al Magdalena presentan una distribución mixta: Moderado a excedentes (25 %), Moderado (23 %), Altos excedentes (18 %), Excedentes (13 %) y Moderado a deficitario (10 %). Los meses favorables son abril (IA medio = 0,09), noviembre (0,15) y julio (0,17), dominados por Altos excedentes. Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,64, Altamente deficitario), octubre (0,37, Moderado) y enero (0,50, Deficitario). La unidad más deficitaria es Directos Magdalena 4 (IA medio anual = 0,366), mientras que la más excedentaria es Río Luisa 1 (IA medio anual = 0,178). Aunque dominan las condiciones favorables, la subzona presenta menor proporción de Altos excedentes que otras subzonas en escenario húmedo (Figura 20 y Figura 21).

Índice de Aridez para año medio en la SZH del río LUISA_Y_ODM

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Luisa 10	0.465	0.39	0.269	0.19	0.239	0.492	0.654	0.69	0.493	0.248	0.194	0.317
(2): Quebrada Serrezuela	0.515	0.424	0.285	0.2	0.242	0.494	0.64	0.689	0.486	0.267	0.227	0.364
(3): Río Luisa 9	0.482	0.398	0.278	0.193	0.242	0.496	0.651	0.693	0.494	0.256	0.205	0.33
(4): Quebrada Guaduas	0.521	0.433	0.286	0.196	0.237	0.488	0.63	0.682	0.477	0.267	0.232	0.372
(5): Río Luisa 6	0.527	0.449	0.281	0.187	0.217	0.458	0.604	0.649	0.444	0.254	0.244	0.391
(6): Río Luisa 7	0.51	0.429	0.286	0.191	0.235	0.487	0.631	0.681	0.481	0.261	0.224	0.357
(7): Río Luisa 8	0.515	0.428	0.303	0.198	0.248	0.503	0.643	0.694	0.499	0.278	0.228	0.357
(8): Quebrada El Cobre	0.498	0.382	0.259	0.156	0.191	0.401	0.553	0.612	0.385	0.218	0.212	0.363
(9): Río Luisa 5	0.5	0.402	0.26	0.164	0.197	0.417	0.563	0.614	0.403	0.226	0.219	0.366
(10): Quebrada Agua Clara	0.494	0.407	0.259	0.174	0.205	0.427	0.566	0.62	0.416	0.233	0.213	0.351
(11): Río Luisa 4	0.486	0.389	0.251	0.165	0.195	0.405	0.544	0.598	0.393	0.223	0.209	0.346
(12): Quebrada Chicoral	0.449	0.351	0.227	0.162	0.186	0.356	0.477	0.539	0.356	0.212	0.189	0.314
(13): Río Luisa 3	0.48	0.379	0.247	0.168	0.196	0.383	0.515	0.571	0.378	0.225	0.208	0.344
(14): Río Luisa 2	0.465	0.363	0.234	0.165	0.189	0.359	0.485	0.542	0.359	0.218	0.2	0.33
(15): Río Guadual	0.403	0.3	0.19	0.14	0.154	0.281	0.377	0.44	0.28	0.181	0.168	0.286
(16): Río Luisa 1	0.385	0.281	0.18	0.134	0.146	0.257	0.345	0.41	0.261	0.174	0.159	0.269
(17): Quebrada Tomial	0.48	0.398	0.283	0.194	0.239	0.491	0.657	0.69	0.49	0.253	0.209	0.339
(18): Quebrada Eneal	0.517	0.424	0.29	0.201	0.244	0.494	0.65	0.693	0.487	0.268	0.232	0.372
(19): Quebrada Agua Sucia	0.498	0.408	0.287	0.201	0.245	0.49	0.654	0.693	0.488	0.26	0.22	0.356
(20): Quebrada Guayabal	0.517	0.424	0.284	0.205	0.248	0.493	0.647	0.695	0.487	0.267	0.231	0.372
(21): Quebrada Santana	0.533	0.436	0.292	0.214	0.255	0.499	0.66	0.704	0.489	0.277	0.247	0.391
(22): Directos Magdalena 1	0.505	0.41	0.316	0.2	0.248	0.501	0.681	0.703	0.489	0.263	0.235	0.379
(23): Directos Magdalena 2	0.494	0.403	0.288	0.204	0.247	0.491	0.662	0.7	0.491	0.258	0.22	0.354
(24): Directos Magdalena 3	0.514	0.422	0.287	0.212	0.256	0.497	0.661	0.704	0.492	0.267	0.233	0.372
(25): Directos Magdalena 4	0.575	0.472	0.317	0.235	0.284	0.526	0.703	0.736	0.495	0.301	0.3	0.443
Categorías	Altamente deficitario			Deficitario			Moderado a deficitario			Moderado		
Índice de Aridez	Moderado a excedentes			Excedentes			Altos excedentes					

Figura 16. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena para año medio

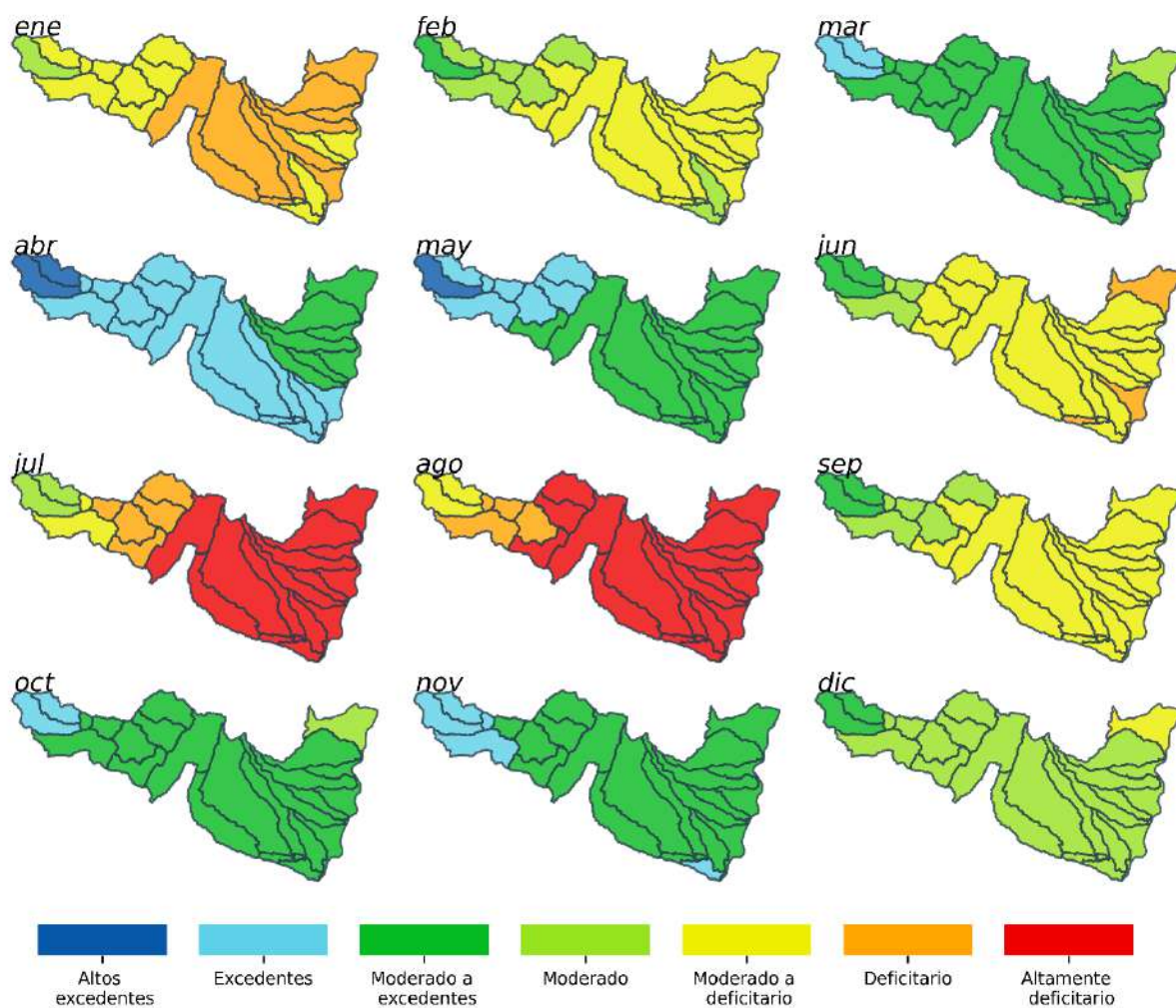


Figura 17. Mapas mensuales de Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena para año medio

Índice de Aridez para año seco en la SZH del río LUISA_Y_ODM

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Luisa 10	0.839	0.728	0.228	0.134	0.563	0.695	0.901	0.957	0.636	0.481	0.191	0.858
(2): Quebrada Serrezuela	0.881	0.586	0.283	0.161	0.543	0.726	0.882	0.961	0.662	0.373	0.247	0.886
(3): Río Luisa 9	0.857	0.71	0.247	0.139	0.543	0.691	0.901	0.956	0.639	0.471	0.209	0.872
(4): Quebrada Guaduas	0.896	0.536	0.292	0.171	0.527	0.75	0.884	0.965	0.649	0.339	0.258	0.892
(5): Río Luisa 6	0.947	0.423	0.284	0.189	0.495	0.833	0.905	0.972	0.575	0.26	0.335	0.911
(6): Río Luisa 7	0.889	0.564	0.293	0.168	0.481	0.74	0.895	0.967	0.613	0.368	0.246	0.887
(7): Río Luisa 8	0.895	0.704	0.298	0.141	0.412	0.686	0.933	0.97	0.585	0.476	0.196	0.85
(8): Quebrada El Cobre	0.933	0.394	0.401	0.199	0.487	0.83	0.894	0.971	0.589	0.379	0.294	0.919
(9): Río Luisa 5	0.94	0.391	0.317	0.185	0.465	0.824	0.896	0.971	0.559	0.302	0.312	0.912
(10): Quebrada Agua Clara	0.908	0.436	0.295	0.188	0.499	0.777	0.852	0.964	0.582	0.275	0.3	0.912
(11): Río Luisa 4	0.905	0.419	0.317	0.182	0.493	0.78	0.843	0.964	0.584	0.29	0.29	0.914
(12): Quebrada Chicoral	0.82	0.441	0.303	0.173	0.435	0.618	0.673	0.938	0.606	0.275	0.249	0.919
(13): Río Luisa 3	0.873	0.438	0.332	0.179	0.472	0.708	0.769	0.95	0.611	0.302	0.278	0.923
(14): Río Luisa 2	0.844	0.457	0.315	0.172	0.434	0.653	0.707	0.939	0.602	0.289	0.258	0.928
(15): Río Guadual	0.8	0.388	0.271	0.147	0.362	0.523	0.569	0.91	0.542	0.236	0.214	0.922
(16): Río Luisa 1	0.774	0.364	0.257	0.146	0.326	0.459	0.472	0.898	0.53	0.221	0.2	0.918
(17): Quebrada Tomial	0.857	0.739	0.265	0.133	0.592	0.674	0.905	0.958	0.631	0.474	0.224	0.866
(18): Quebrada Eneal	0.887	0.609	0.294	0.15	0.574	0.709	0.885	0.962	0.668	0.385	0.255	0.885
(19): Quebrada Agua Sucia	0.869	0.659	0.291	0.145	0.589	0.703	0.895	0.955	0.644	0.429	0.249	0.888
(20): Quebrada Guayabal	0.87	0.578	0.29	0.16	0.569	0.747	0.878	0.955	0.669	0.363	0.266	0.896
(21): Quebrada Santana	0.864	0.564	0.307	0.152	0.558	0.77	0.881	0.95	0.658	0.366	0.275	0.91
(22): Directos Magdalena 1	0.9	0.81	0.339	0.123	0.649	0.624	0.939	0.969	0.609	0.519	0.279	0.852
(23): Directos Magdalena 2	0.857	0.669	0.284	0.14	0.613	0.717	0.897	0.949	0.643	0.425	0.248	0.889
(24): Directos Magdalena 3	0.849	0.604	0.287	0.149	0.581	0.76	0.889	0.945	0.651	0.388	0.27	0.903
(25): Directos Magdalena 4	0.852	0.581	0.372	0.138	0.575	0.824	0.917	0.941	0.63	0.413	0.291	0.943
Categorías	Altamente deficitario			Deficitario			Moderado a deficitario			Moderado		
Índice de Aridez	Moderado a excedentes			Excedentes			Altos excedentes					

Figura 18. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena para año seco

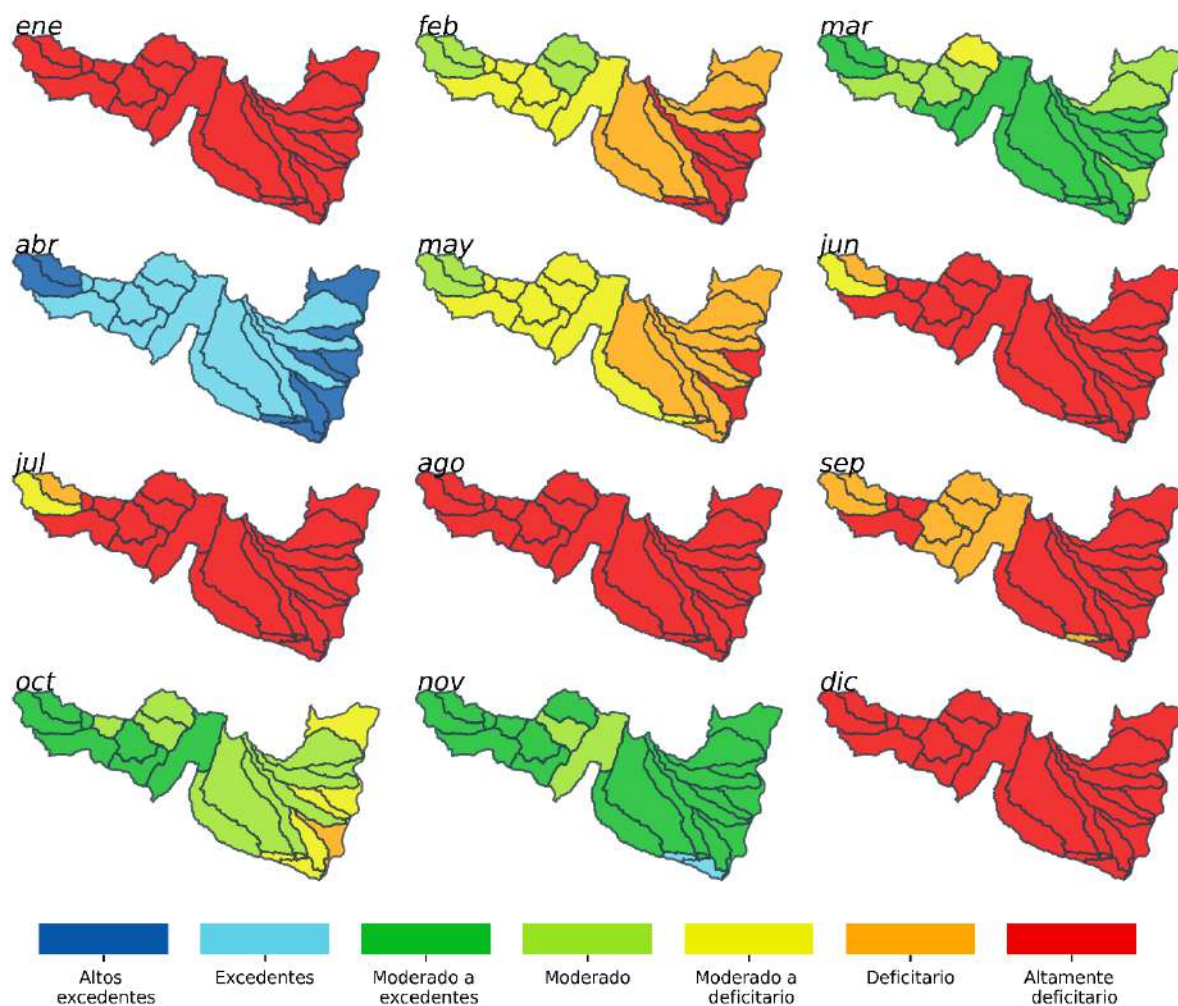


Figura 19. Mapas mensuales de Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena para año seco

Índice de Aridez para año húmedo en la SZH del río LUISA_Y_ODM

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Luisa 10	0.463	0.257	0.241	0.083	0.285	0.314	0.197	0.655	0.411	0.367	0.135	0.324
(2): Quebrada Serrezuela	0.53	0.285	0.24	0.093	0.263	0.335	0.188	0.687	0.397	0.416	0.165	0.316
(3): Río Luisa 9	0.491	0.245	0.233	0.084	0.3	0.326	0.204	0.665	0.395	0.382	0.147	0.332
(4): Quebrada Guaduas	0.53	0.303	0.224	0.09	0.256	0.351	0.169	0.691	0.392	0.438	0.177	0.324
(5): Río Luisa 6	0.49	0.467	0.205	0.093	0.277	0.436	0.116	0.695	0.415	0.518	0.204	0.385
(6): Río Luisa 7	0.487	0.274	0.199	0.078	0.243	0.356	0.177	0.661	0.374	0.429	0.166	0.328
(7): Río Luisa 8	0.584	0.223	0.202	0.085	0.359	0.342	0.229	0.671	0.386	0.47	0.188	0.395
(8): Quebrada El Cobre	0.549	0.345	0.197	0.084	0.213	0.298	0.094	0.76	0.305	0.372	0.163	0.27
(9): Río Luisa 5	0.502	0.411	0.189	0.085	0.241	0.361	0.094	0.724	0.342	0.423	0.167	0.32
(10): Quebrada Agua Clara	0.471	0.338	0.187	0.083	0.235	0.355	0.113	0.642	0.333	0.393	0.155	0.287
(11): Río Luisa 4	0.491	0.32	0.181	0.082	0.214	0.314	0.102	0.648	0.31	0.359	0.149	0.261
(12): Quebrada Chicoral	0.506	0.238	0.175	0.079	0.184	0.241	0.113	0.549	0.222	0.239	0.11	0.193
(13): Río Luisa 3	0.531	0.278	0.181	0.085	0.193	0.268	0.111	0.589	0.273	0.292	0.135	0.218
(14): Río Luisa 2	0.535	0.245	0.173	0.082	0.175	0.242	0.116	0.542	0.235	0.255	0.12	0.197
(15): Río Guadual	0.479	0.189	0.147	0.069	0.135	0.184	0.096	0.407	0.168	0.174	0.092	0.159
(16): Río Luisa 1	0.452	0.173	0.148	0.065	0.128	0.171	0.093	0.373	0.144	0.15	0.086	0.15
(17): Quebrada Tomial	0.396	0.273	0.238	0.086	0.294	0.309	0.205	0.667	0.432	0.36	0.138	0.347
(18): Quebrada Eneal	0.489	0.295	0.251	0.096	0.269	0.319	0.198	0.7	0.413	0.405	0.161	0.327
(19): Quebrada Agua Sucia	0.455	0.274	0.239	0.094	0.288	0.315	0.207	0.679	0.412	0.365	0.144	0.314
(20): Quebrada Guayabal	0.553	0.283	0.244	0.102	0.265	0.323	0.198	0.687	0.388	0.386	0.161	0.297
(21): Quebrada Santana	0.572	0.292	0.24	0.112	0.28	0.329	0.213	0.675	0.366	0.404	0.173	0.301
(22): Directos Magdalena 1	0.313	0.315	0.292	0.09	0.334	0.305	0.226	0.713	0.489	0.349	0.136	0.468
(23): Directos Magdalena 2	0.458	0.267	0.24	0.097	0.297	0.303	0.219	0.683	0.405	0.342	0.14	0.309
(24): Directos Magdalena 3	0.547	0.272	0.235	0.107	0.288	0.32	0.22	0.666	0.371	0.364	0.154	0.291
(25): Directos Magdalena 4	0.569	0.329	0.233	0.154	0.383	0.38	0.281	0.655	0.33	0.491	0.221	0.369
Categorías	Altamente deficitario			Deficitario			Moderado a deficitario			Moderado		
Índice de Aridez	Moderado a excedentes			Excedentes			Altos excedentes					

Figura 20. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena para año húmedo

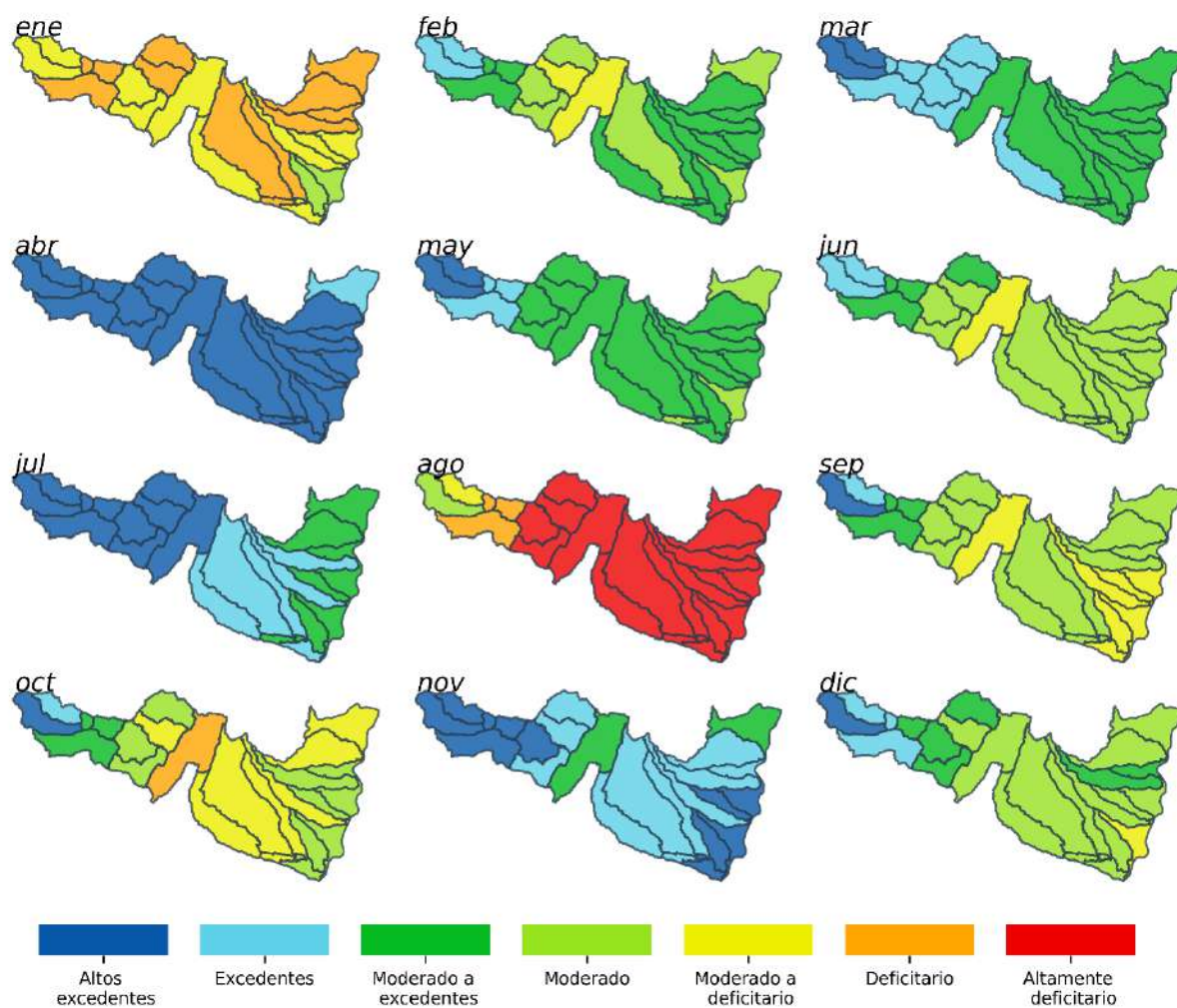


Figura 21. Mapas mensuales de Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena para año húmedo

2.1.5. IA en la subzona hidrográfica del río Prado

Para condiciones de año medio, la subzona del río Prado presenta una distribución equilibrada entre categorías de excedentes e intermedias: Moderado a excedentes (27 %), Excedentes (21 %), Moderado a deficitario (16 %), Altamente deficitario (14 %) y Moderado (10 %). Los meses favorables son noviembre (IA medio = 0,13, Altos excedentes), abril (0,18, Excedentes) y octubre (0,19, Excedentes). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,69), julio (0,62) y septiembre (0,48), con dominancia de Altamente deficitario en agosto y julio. La unidad más deficitaria es Río Prado 2 (IA medio anual = 0,379) y la más excedentaria es Río Negro 1 (IA medio anual = 0,282). La subzona mantiene en este escenario una oferta hídrica relativa favorable durante la mayor parte del año (Figura 22).

En condiciones de año seco la subzona se torna intensamente deficitaria: la categoría Altamente deficitario concentra el 59 % de las observaciones mensuales, seguida por Moderado a excedentes (12 %), Excedentes (10 %) y Deficitario (7 %). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,91), diciembre (0,88) y julio (0,82). Los meses favorables son abril (IA medio = 0,17, Excedentes), marzo (0,20, Moderado a excedentes) y noviembre (0,21, Moderado a excedentes). La unidad más deficitaria es Río Cunday 4 (IA medio anual = 0,644), mientras que Quebrada de Bajas presenta la condición menos crítica (IA medio anual = 0,523), ya en categoría Deficitario. La subzona evidencia una alta sensibilidad al evento ENSO cálido, con déficit generalizado durante la mayor parte del año (Figura 23).

En condiciones de año húmedo, las 27 unidades de análisis de la subzona del río Prado presentan una distribución dominada por categorías excedentarias: Altos excedentes (34 %), Moderado a excedentes (19 %), Excedentes (17 %) y Moderado (12 %), con presencia limitada de categorías deficitarias (Figura 24). Los meses favorables son noviembre (IA medio = 0,08), abril (0,10) y diciembre (0,14), todos dominados por Altos excedentes. Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,64, Altamente deficitario), enero (0,55, Altamente deficitario) y septiembre (0,34, Moderado). La unidad más deficitaria es Río Cunday 4 (IA medio anual = 0,380), mientras que la más excedentaria es Río Negro 1 (IA medio anual = 0,184).

Índice de Aridez para año medio en la SZH del río PRADO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Prado 2	0.416	0.327	0.203	0.193	0.265	0.572	0.687	0.755	0.528	0.237	0.137	0.231
(2): Directos Embalse	0.365	0.282	0.182	0.169	0.223	0.486	0.647	0.71	0.493	0.195	0.125	0.212
(3): Quebrada El Salado	0.355	0.266	0.176	0.176	0.229	0.504	0.65	0.735	0.515	0.191	0.113	0.2
(4): Quebrada Malta	0.342	0.253	0.169	0.174	0.225	0.501	0.656	0.741	0.516	0.182	0.107	0.188
(5): Río Negro 2	0.313	0.225	0.157	0.164	0.218	0.475	0.652	0.736	0.512	0.166	0.1	0.174
(6): Quebrada El Pescado	0.291	0.218	0.152	0.163	0.211	0.471	0.598	0.712	0.511	0.162	0.093	0.177
(7): Río Negro 1	0.282	0.203	0.147	0.143	0.182	0.384	0.526	0.645	0.448	0.153	0.096	0.178
(8): Quebrada El Limón	0.294	0.21	0.149	0.153	0.213	0.444	0.642	0.719	0.514	0.159	0.099	0.173
(9): Quebrada Aco	0.31	0.228	0.159	0.153	0.201	0.417	0.596	0.679	0.471	0.164	0.107	0.19
(10): Quebrada de Bajas	0.349	0.266	0.183	0.161	0.202	0.405	0.565	0.655	0.446	0.178	0.126	0.215
(11): Río Prado 1	0.409	0.306	0.198	0.173	0.219	0.47	0.628	0.703	0.469	0.197	0.147	0.212
(12): Quebrada El Derecho	0.305	0.257	0.156	0.139	0.177	0.438	0.612	0.637	0.425	0.162	0.112	0.182
(13): Río Cunday 8	0.38	0.302	0.191	0.167	0.211	0.46	0.623	0.685	0.465	0.188	0.139	0.213
(14): Río Cuinde	0.336	0.252	0.19	0.156	0.193	0.378	0.501	0.582	0.416	0.173	0.125	0.234
(15): Río Cunday 7	0.396	0.32	0.216	0.179	0.223	0.464	0.623	0.677	0.476	0.204	0.15	0.253
(16): Río Vichia	0.4	0.305	0.223	0.187	0.225	0.444	0.584	0.647	0.467	0.2	0.15	0.272
(17): Río Cunday 6	0.41	0.328	0.234	0.194	0.238	0.474	0.634	0.691	0.489	0.205	0.159	0.277
(18): Quebrada El Reves	0.382	0.308	0.208	0.169	0.21	0.449	0.613	0.661	0.454	0.192	0.146	0.248
(19): Río Cunday 5	0.384	0.304	0.221	0.2	0.235	0.471	0.632	0.688	0.479	0.18	0.145	0.257
(20): Quebrada El León	0.362	0.286	0.209	0.199	0.228	0.458	0.622	0.679	0.465	0.165	0.135	0.24
(21): Río Cunday 4	0.375	0.299	0.22	0.21	0.24	0.477	0.636	0.694	0.481	0.173	0.14	0.249
(22): Quebrada Tasajera	0.402	0.314	0.23	0.2	0.239	0.471	0.624	0.685	0.487	0.197	0.153	0.275
(23): Río Cunday 3	0.41	0.322	0.234	0.203	0.241	0.476	0.633	0.694	0.493	0.204	0.159	0.284
(24): Quebrada Grande	0.386	0.289	0.207	0.188	0.226	0.463	0.623	0.695	0.482	0.21	0.15	0.28
(25): Río Cunday 2	0.428	0.34	0.244	0.211	0.25	0.487	0.64	0.703	0.509	0.227	0.172	0.305
(26): Quebrada La Laja	0.409	0.307	0.223	0.193	0.232	0.451	0.592	0.664	0.479	0.214	0.158	0.294
(27): Río Cunday 1	0.403	0.303	0.221	0.186	0.222	0.432	0.567	0.635	0.462	0.203	0.154	0.285

Categorías
Índice de Aridez

Altamente deficitario	Deficitario	Moderado a deficitario	Moderado
Moderado a excedentes	Excedentes	Altos excedentes	

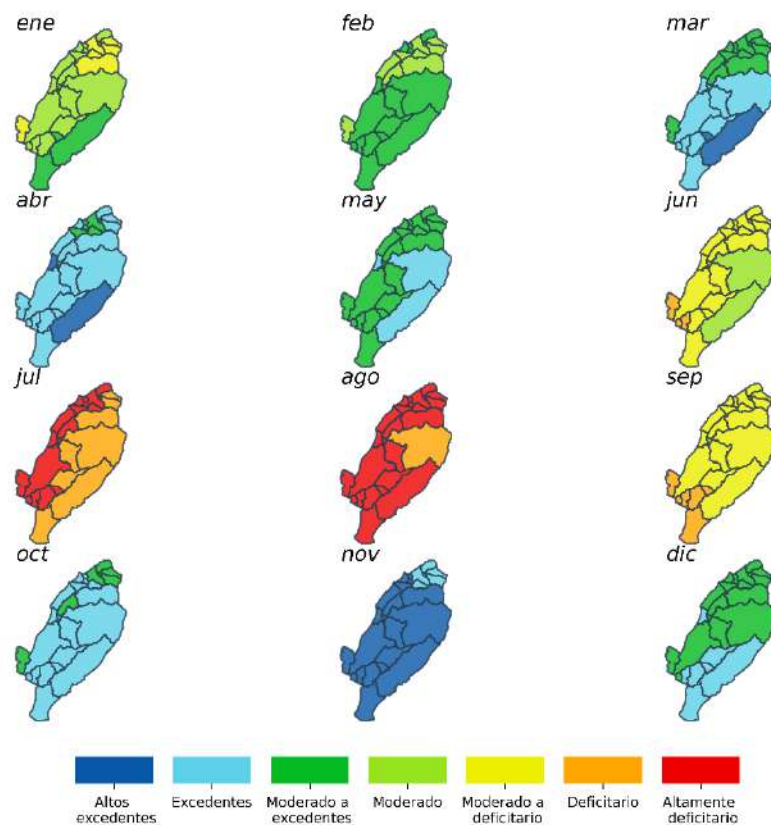


Figura 22. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Prado para año medio

Índice de Aridez para año seco en la SZH del río PRADO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Prado 2	0.636	0.819	0.222	0.24	0.496	0.72	0.886	0.972	0.728	0.537	0.232	0.852
(2): Directos Embalse	0.679	0.703	0.155	0.173	0.585	0.65	0.826	0.925	0.619	0.415	0.183	0.869
(3): Quebrada El Salado	0.626	0.698	0.236	0.166	0.573	0.705	0.755	0.943	0.651	0.46	0.206	0.916
(4): Quebrada Malta	0.629	0.669	0.251	0.165	0.586	0.699	0.724	0.934	0.652	0.446	0.199	0.932
(5): Río Negro 2	0.639	0.6	0.227	0.157	0.618	0.653	0.72	0.925	0.619	0.382	0.198	0.939
(6): Quebrada El Pescado	0.661	0.618	0.221	0.147	0.632	0.686	0.715	0.943	0.722	0.476	0.178	0.94
(7): Río Negro 1	0.649	0.596	0.19	0.13	0.539	0.601	0.699	0.876	0.675	0.381	0.171	0.889
(8): Quebrada El Limon	0.663	0.57	0.172	0.15	0.615	0.566	0.799	0.925	0.607	0.292	0.204	0.905
(9): Quebrada Aco	0.662	0.621	0.163	0.154	0.584	0.618	0.763	0.877	0.584	0.325	0.181	0.892
(10): Quebrada de Bajas	0.675	0.615	0.148	0.161	0.59	0.538	0.775	0.838	0.54	0.352	0.186	0.858
(11): Río Prado 1	0.714	0.582	0.131	0.218	0.62	0.458	0.904	0.905	0.521	0.357	0.241	0.9
(12): Quebrada El Derecho	0.683	0.73	0.074	0.11	0.75	0.567	0.8	0.871	0.603	0.429	0.102	0.803
(13): Río Cunday 8	0.669	0.651	0.116	0.168	0.655	0.505	0.859	0.897	0.559	0.381	0.172	0.854
(14): Río Cuinde	0.672	0.492	0.206	0.131	0.633	0.584	0.706	0.846	0.63	0.364	0.207	0.813
(15): Río Cunday 7	0.761	0.687	0.163	0.153	0.652	0.623	0.843	0.911	0.619	0.405	0.19	0.854
(16): Río Vichia	0.8	0.607	0.239	0.16	0.672	0.675	0.82	0.91	0.651	0.378	0.253	0.854
(17): Río Cunday 6	0.816	0.701	0.227	0.172	0.673	0.686	0.881	0.929	0.596	0.387	0.233	0.882
(18): Quebrada El Reves	0.777	0.693	0.163	0.136	0.644	0.648	0.852	0.92	0.603	0.399	0.179	0.842
(19): Río Cunday 5	0.847	0.758	0.235	0.207	0.76	0.716	0.928	0.948	0.606	0.359	0.256	0.885
(20): Quebrada El Leon	0.86	0.774	0.233	0.224	0.786	0.739	0.944	0.95	0.595	0.341	0.251	0.886
(21): Río Cunday 4	0.865	0.788	0.25	0.244	0.803	0.769	0.948	0.953	0.605	0.348	0.26	0.894
(22): Quebrada Tasajera	0.841	0.698	0.24	0.19	0.722	0.73	0.889	0.936	0.629	0.365	0.266	0.886
(23): Río Cunday 3	0.84	0.692	0.238	0.18	0.696	0.765	0.889	0.933	0.653	0.346	0.255	0.892
(24): Quebrada Grande	0.867	0.62	0.17	0.153	0.583	0.769	0.854	0.909	0.672	0.27	0.197	0.911
(25): Río Cunday 2	0.843	0.671	0.241	0.176	0.656	0.762	0.878	0.923	0.688	0.345	0.252	0.9
(26): Quebrada La Laja	0.824	0.615	0.22	0.159	0.607	0.722	0.806	0.898	0.67	0.317	0.228	0.897
(27): Río Cunday 1	0.795	0.59	0.239	0.154	0.616	0.7	0.786	0.893	0.66	0.342	0.231	0.874

Categorías
Índice de Aridez

Altamente deficitario	Deficitario	Moderado a deficitario	Moderado
Moderado a excedentes	Excedentes	Altos excedentes	

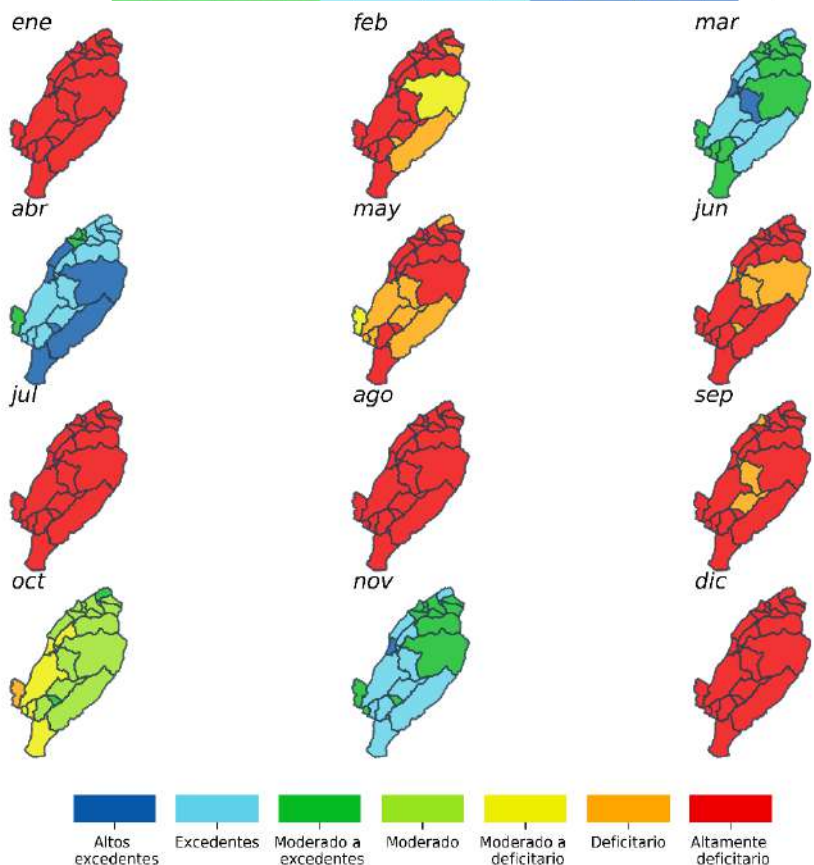


Figura 23. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Prado para año seco

Índice de Aridez para año húmedo en la SZH del río PRADO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Prado 2	0.394	0.264	0.242	0.069	0.282	0.405	0.159	0.874	0.385	0.345	0.119	0.144
(2): Directos Embalse	0.441	0.173	0.165	0.063	0.204	0.346	0.175	0.709	0.357	0.212	0.085	0.156
(3): Quebrada El Salado	0.435	0.128	0.135	0.059	0.181	0.324	0.174	0.72	0.293	0.179	0.07	0.127
(4): Quebrada Malta	0.438	0.112	0.119	0.056	0.182	0.306	0.18	0.707	0.27	0.161	0.063	0.119
(5): Río Negro 2	0.482	0.099	0.096	0.052	0.183	0.279	0.184	0.631	0.254	0.136	0.055	0.109
(6): Quebrada El Pescado	0.467	0.089	0.098	0.052	0.127	0.311	0.186	0.618	0.26	0.124	0.053	0.108
(7): Río Negro 1	0.514	0.083	0.087	0.051	0.101	0.215	0.15	0.505	0.212	0.128	0.053	0.102
(8): Quebrada El Limón	0.621	0.103	0.085	0.05	0.185	0.276	0.19	0.559	0.294	0.135	0.053	0.109
(9): Quebrada Aco	0.507	0.109	0.103	0.054	0.151	0.265	0.171	0.58	0.271	0.144	0.062	0.122
(10): Quebrada de Bajas	0.402	0.125	0.175	0.062	0.161	0.272	0.164	0.572	0.291	0.175	0.08	0.149
(11): Río Prado 1	0.384	0.181	0.303	0.065	0.196	0.396	0.198	0.789	0.502	0.242	0.087	0.194
(12): Quebrada El Derecho	0.341	0.246	0.247	0.068	0.182	0.309	0.15	0.607	0.437	0.187	0.085	0.225
(13): Río Cunday 8	0.357	0.201	0.277	0.068	0.21	0.351	0.181	0.713	0.461	0.221	0.091	0.197
(14): Río Cuinde	0.515	0.097	0.135	0.059	0.145	0.184	0.16	0.424	0.231	0.154	0.079	0.135
(15): Río Cunday 7	0.467	0.185	0.229	0.079	0.223	0.306	0.185	0.63	0.387	0.24	0.096	0.195
(16): Río Vichia	0.618	0.135	0.191	0.083	0.227	0.243	0.194	0.553	0.336	0.218	0.094	0.145
(17): Río Cunday 6	0.612	0.173	0.266	0.108	0.305	0.307	0.203	0.665	0.379	0.261	0.1	0.167
(18): Quebrada El Reves	0.468	0.189	0.228	0.081	0.237	0.283	0.169	0.617	0.373	0.247	0.093	0.191
(19): Río Cunday 5	0.785	0.155	0.368	0.187	0.464	0.335	0.197	0.653	0.384	0.282	0.09	0.12
(20): Quebrada El León	0.879	0.141	0.436	0.283	0.562	0.34	0.184	0.685	0.375	0.284	0.083	0.103
(21): Río Cunday 4	0.904	0.147	0.456	0.321	0.59	0.367	0.197	0.7	0.389	0.3	0.087	0.106
(22): Quebrada Tasajera	0.734	0.148	0.265	0.129	0.337	0.291	0.205	0.62	0.366	0.259	0.096	0.134
(23): Río Cunday 3	0.723	0.147	0.244	0.127	0.32	0.285	0.212	0.637	0.366	0.259	0.1	0.14
(24): Quebrada Grande	0.581	0.108	0.122	0.082	0.172	0.216	0.212	0.636	0.356	0.207	0.095	0.125
(25): Río Cunday 2	0.666	0.148	0.194	0.107	0.257	0.269	0.224	0.656	0.383	0.251	0.108	0.153
(26): Quebrada La Laja	0.597	0.12	0.139	0.086	0.189	0.225	0.209	0.583	0.359	0.217	0.099	0.133
(27): Río Cunday 1	0.6	0.123	0.149	0.082	0.195	0.226	0.193	0.544	0.333	0.208	0.095	0.132

Categorías Índice de Aridez: Altamente deficitario, Deficitario, Moderado a deficitario, Moderado, Moderado a excedentes, Excedentes, Altos excedentes

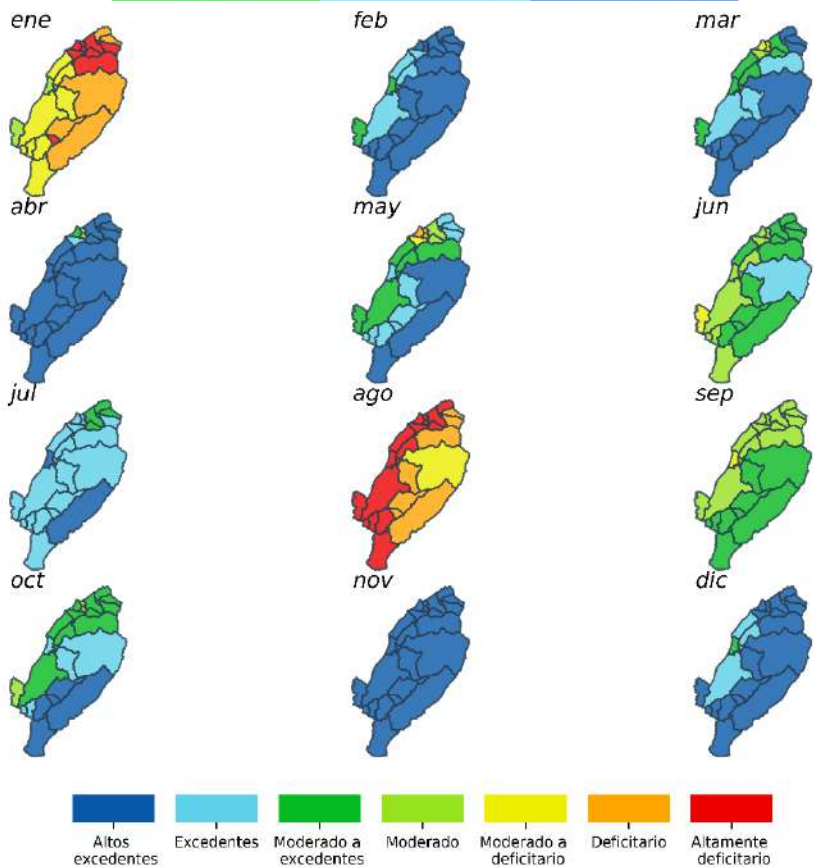


Figura 24. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Prado para año húmedo

2.1.6. IA en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

Para condiciones de año medio, la distribución se torna más intermedia: Moderado a excedentes (35 %), Moderado a deficitario (20 %), Altamente deficitario (15 %), Moderado (14 %), Excedentes (9 %) y Deficitario (7 %). Los meses favorables son noviembre (IA medio = 0,19, Excedentes), abril (0,21, Moderado a excedentes) y marzo (0,25, Moderado a excedentes). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,71), julio (0,65) y septiembre (0,50), con dominancia de Altamente deficitario en agosto y julio. La unidad más deficitaria es Directos Sumapaz 1 (IA medio anual = 0,428) y la más excedentaria es Quebrada Juan López (IA medio anual = 0,335). Las condiciones deficitarias se concentran en la temporada seca de mitad de año (Figura 25).

En condiciones de año seco la subzona se torna marcadamente deficitaria: la categoría Altamente deficitario concentra el 62 % de las observaciones mensuales, seguida por Moderado a excedentes (15 %), Excedentes (7 %) y Altos excedentes (7 %). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,91), diciembre (0,91) y julio (0,86), todos en Altamente deficitario. Los meses favorables son abril (IA medio = 0,14, Altos excedentes), marzo (0,22, Moderado a excedentes) y noviembre (0,23, Moderado a excedentes). La unidad más deficitaria es Directos Sumapaz 1 (IA medio anual = 0,616), mientras que Directos Sumapaz 3 presenta la condición menos crítica (IA medio anual = 0,558), aunque ya en categoría Deficitario. La subzona muestra una respuesta intensa al evento ENSO cálido, con generalización del déficit durante la mayor parte del año (Figura 26).

En condiciones de año húmedo, las 19 unidades de análisis de la subzona del río Sumapaz presentan una distribución dominada por categorías favorables: Moderado a excedentes (30 %), Altos excedentes (28 %), Moderado (15 %), Altamente deficitario (13 %) y Excedentes (11 %). Los meses favorables son abril (IA medio = 0,10), noviembre (0,12) y febrero (0,16), dominados por Altos excedentes. Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,64) y enero (0,63), ambos con categoría Altamente deficitario, junto con septiembre (0,35, Moderado). La unidad más deficitaria es Quebrada Olache 2 (IA medio anual = 0,338), mientras que la más excedentaria es Quebrada Juan López (IA medio anual = 0,226). La subzona mantiene condiciones generalmente favorables, aunque enero se presenta más crítico que en otras subzonas (Figura 27).

Índice de Aridez para año medio en la SZH del río SUMAPAZ

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Quebrada Apicala 3	0.528	0.437	0.296	0.222	0.269	0.503	0.698	0.739	0.496	0.279	0.258	0.39
(2): Quebrada Inali	0.451	0.377	0.259	0.205	0.245	0.472	0.669	0.728	0.499	0.241	0.197	0.318
(3): Quebrada Apicala 2	0.488	0.411	0.277	0.207	0.25	0.479	0.674	0.723	0.49	0.257	0.224	0.348
(4): Quebrada Olache 2	0.475	0.414	0.279	0.208	0.249	0.47	0.683	0.738	0.504	0.257	0.222	0.335
(5): Quebrada La Palmara 1	0.449	0.379	0.26	0.205	0.243	0.469	0.668	0.727	0.496	0.235	0.195	0.311
(6): Quebrada Olache 1	0.432	0.353	0.249	0.203	0.243	0.476	0.657	0.712	0.492	0.218	0.176	0.298
(7): Quebrada Apicala 1	0.449	0.365	0.258	0.194	0.236	0.476	0.651	0.697	0.482	0.23	0.188	0.312
(8): Quebrada La Guaduala	0.44	0.349	0.244	0.206	0.248	0.487	0.665	0.727	0.505	0.243	0.185	0.319
(9): Quebrada Agua Fria	0.391	0.288	0.206	0.194	0.235	0.485	0.651	0.722	0.498	0.222	0.154	0.29
(10): Quebrada La Palmara	0.426	0.322	0.232	0.209	0.251	0.499	0.66	0.728	0.514	0.241	0.173	0.316
(11): Quebrada Palmas	0.45	0.346	0.247	0.213	0.257	0.502	0.659	0.722	0.514	0.246	0.188	0.332
(12): Quebrada Tinajas	0.461	0.355	0.253	0.217	0.262	0.505	0.663	0.722	0.52	0.251	0.194	0.34
(13): Quebrada Guatoche	0.424	0.321	0.232	0.203	0.248	0.483	0.629	0.696	0.496	0.232	0.172	0.314
(14): Quebrada Volcana	0.405	0.303	0.221	0.2	0.243	0.479	0.621	0.694	0.492	0.226	0.159	0.303
(15): Quebrada Juan López	0.374	0.271	0.196	0.181	0.219	0.444	0.585	0.662	0.463	0.202	0.143	0.275
(16): Quebrada La Laja	0.416	0.309	0.228	0.198	0.239	0.446	0.563	0.644	0.476	0.219	0.16	0.307
(17): Directos Sumapaz 1	0.521	0.426	0.291	0.228	0.276	0.514	0.7	0.746	0.511	0.279	0.249	0.388
(18): Directos Sumapaz 2	0.462	0.361	0.261	0.223	0.27	0.51	0.657	0.718	0.523	0.257	0.195	0.346
(19): Directos Sumapaz 3	0.42	0.31	0.229	0.191	0.23	0.419	0.521	0.603	0.458	0.209	0.159	0.304

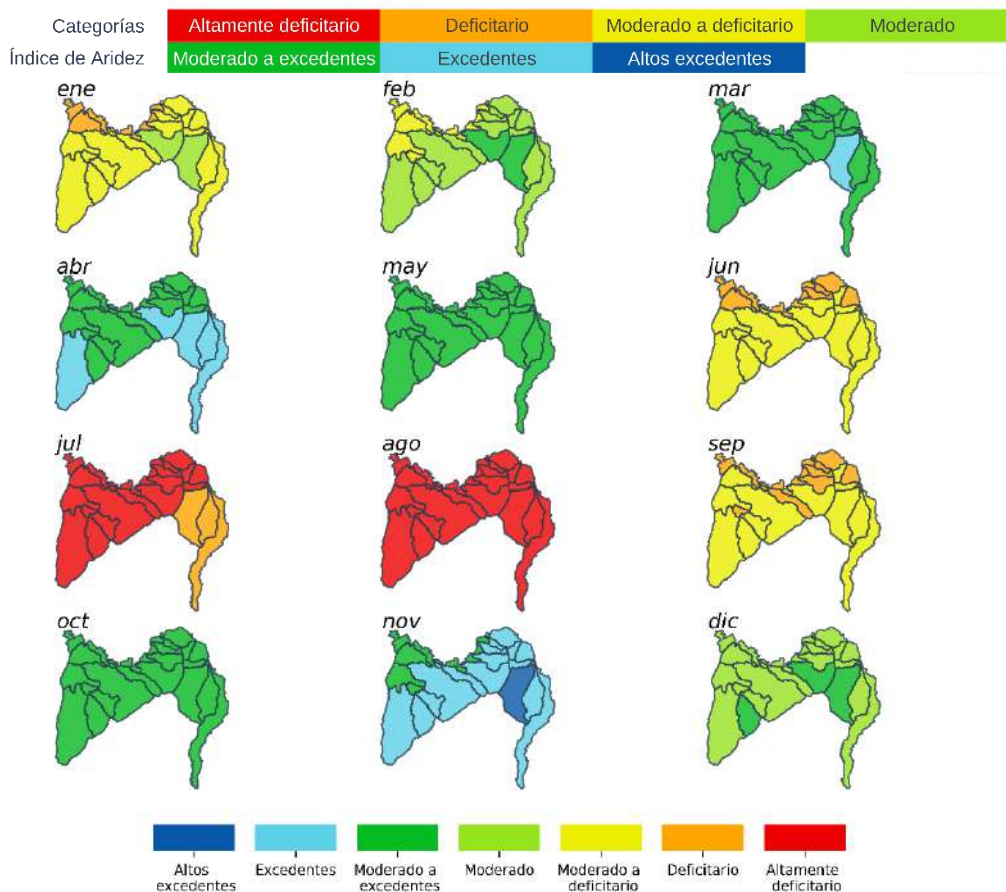


Figura 25. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Sumapaz para año medio

Índice de Aridez para año seco en la SZH del río SUMAPAZ

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Quebrada Apicala 3	0.831	0.583	0.288	0.118	0.605	0.848	0.915	0.929	0.665	0.344	0.252	0.927
(2): Quebrada Inali	0.821	0.645	0.2	0.113	0.644	0.853	0.892	0.924	0.723	0.278	0.196	0.892
(3): Quebrada Apicala 2	0.815	0.61	0.234	0.111	0.617	0.832	0.895	0.925	0.693	0.313	0.211	0.897
(4): Quebrada Olache 2	0.801	0.634	0.193	0.1	0.66	0.883	0.894	0.926	0.747	0.272	0.18	0.888
(5): Quebrada La Palmara 1	0.809	0.658	0.203	0.112	0.67	0.855	0.898	0.924	0.705	0.279	0.196	0.883
(6): Quebrada Olache 1	0.832	0.7	0.229	0.144	0.681	0.793	0.908	0.933	0.656	0.33	0.228	0.885
(7): Quebrada Apicala 1	0.835	0.692	0.237	0.133	0.637	0.721	0.895	0.937	0.648	0.382	0.221	0.877
(8): Quebrada La Guaduala	0.855	0.629	0.194	0.131	0.606	0.821	0.879	0.918	0.718	0.278	0.204	0.913
(9): Quebrada Agua Fria	0.91	0.626	0.151	0.157	0.56	0.794	0.861	0.912	0.69	0.238	0.183	0.938
(10): Quebrada La Palmara	0.891	0.623	0.183	0.157	0.596	0.801	0.868	0.921	0.707	0.285	0.224	0.939
(11): Quebrada Palmas	0.882	0.633	0.215	0.145	0.608	0.798	0.873	0.926	0.709	0.304	0.26	0.933
(12): Quebrada Tinajas	0.887	0.647	0.229	0.144	0.611	0.805	0.878	0.927	0.718	0.303	0.268	0.935
(13): Quebrada Guatoche	0.862	0.609	0.204	0.143	0.6	0.762	0.844	0.906	0.697	0.311	0.246	0.926
(14): Quebrada Volcana	0.865	0.59	0.171	0.148	0.572	0.758	0.835	0.905	0.686	0.298	0.224	0.932
(15): Quebrada Juan López	0.85	0.575	0.163	0.146	0.547	0.732	0.802	0.89	0.655	0.269	0.193	0.915
(16): Quebrada La Laja	0.788	0.588	0.238	0.156	0.593	0.69	0.749	0.875	0.658	0.347	0.241	0.911
(17): Directos Sumapaz 1	0.845	0.629	0.276	0.126	0.609	0.845	0.912	0.929	0.682	0.345	0.261	0.932
(18): Directos Sumapaz 2	0.867	0.638	0.245	0.149	0.623	0.783	0.861	0.918	0.714	0.34	0.287	0.933
(19): Directos Sumapaz 3	0.755	0.566	0.283	0.158	0.608	0.645	0.697	0.854	0.656	0.368	0.247	0.859

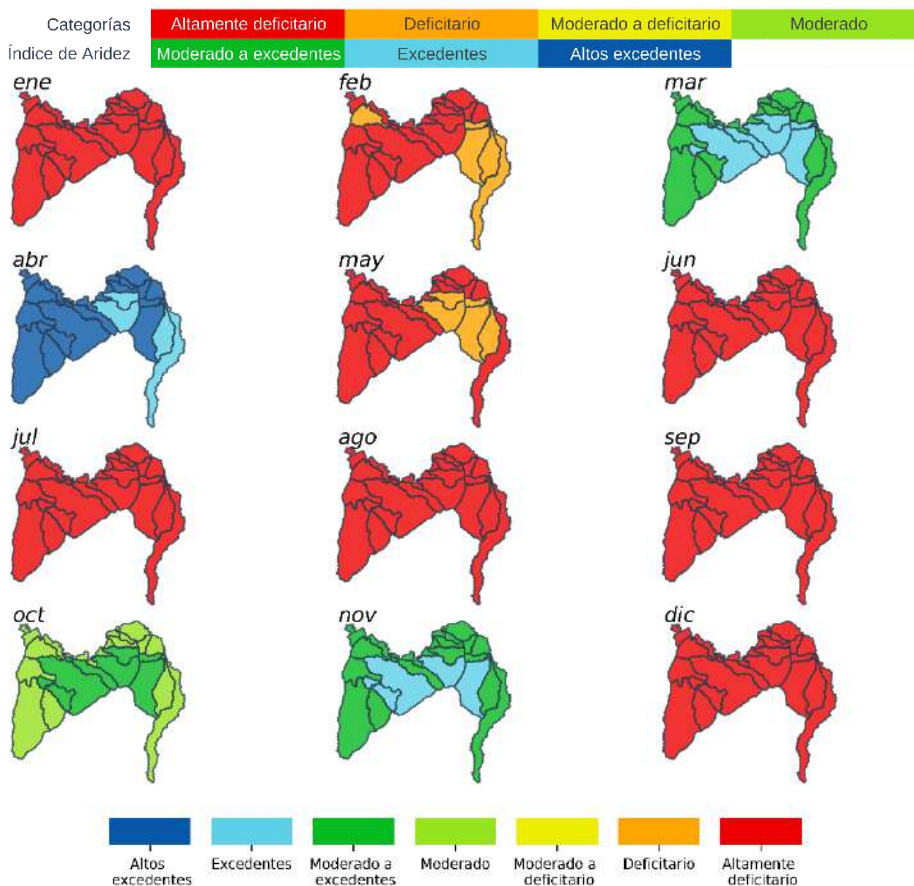


Figura 26. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Sumapaz para año seco

Índice de Aridez para año húmedo en la SZH del río SUMAPAZ

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Quebrada Apicala 3	0.596	0.257	0.229	0.134	0.347	0.297	0.3	0.647	0.304	0.365	0.187	0.331
(2): Quebrada Inali	0.714	0.183	0.226	0.111	0.301	0.224	0.285	0.677	0.336	0.252	0.148	0.248
(3): Quebrada Apicala 2	0.631	0.236	0.24	0.111	0.316	0.249	0.277	0.664	0.314	0.298	0.167	0.317
(4): Quebrada Olache 2	0.731	0.225	0.265	0.11	0.331	0.208	0.33	0.691	0.339	0.257	0.191	0.372
(5): Quebrada La Palmara 1	0.746	0.201	0.274	0.126	0.345	0.221	0.28	0.69	0.327	0.26	0.147	0.258
(6): Quebrada Olache 1	0.702	0.187	0.299	0.136	0.367	0.271	0.237	0.668	0.349	0.277	0.118	0.189
(7): Quebrada Apicala 1	0.507	0.223	0.252	0.097	0.301	0.277	0.216	0.66	0.372	0.287	0.121	0.249
(8): Quebrada La Guaduala	0.634	0.142	0.158	0.094	0.222	0.223	0.263	0.668	0.335	0.239	0.124	0.182
(9): Quebrada Agua Fria	0.55	0.105	0.103	0.078	0.147	0.197	0.219	0.672	0.365	0.2	0.096	0.122
(10): Quebrada La Palmara	0.596	0.115	0.123	0.084	0.176	0.237	0.239	0.652	0.369	0.222	0.105	0.14
(11): Quebrada Palmas	0.615	0.128	0.145	0.086	0.188	0.248	0.234	0.633	0.344	0.232	0.108	0.154
(12): Quebrada Tinajas	0.629	0.136	0.148	0.087	0.194	0.254	0.236	0.628	0.348	0.238	0.109	0.159
(13): Quebrada Guatoche	0.611	0.115	0.128	0.082	0.176	0.252	0.212	0.614	0.362	0.212	0.099	0.133
(14): Quebrada Volcana	0.613	0.102	0.113	0.079	0.164	0.249	0.208	0.626	0.387	0.204	0.096	0.119
(15): Quebrada Juan López	0.562	0.094	0.102	0.073	0.145	0.211	0.193	0.584	0.357	0.184	0.087	0.11
(16): Quebrada La Laja	0.63	0.112	0.119	0.081	0.175	0.259	0.205	0.58	0.383	0.203	0.097	0.115
(17): Directos Sumapaz 1	0.624	0.222	0.206	0.122	0.316	0.295	0.304	0.653	0.314	0.339	0.167	0.275
(18): Directos Sumapaz 2	0.65	0.134	0.148	0.089	0.196	0.284	0.234	0.631	0.369	0.236	0.11	0.151
(19): Directos Sumapaz 3	0.62	0.119	0.127	0.078	0.186	0.239	0.203	0.522	0.349	0.198	0.097	0.114

Categorías	Altamente deficitario	Deficitario	Moderado a deficitario	Moderado
Índice de Aridez	Moderado a excedentes	Excedentes	Altos excedentes	

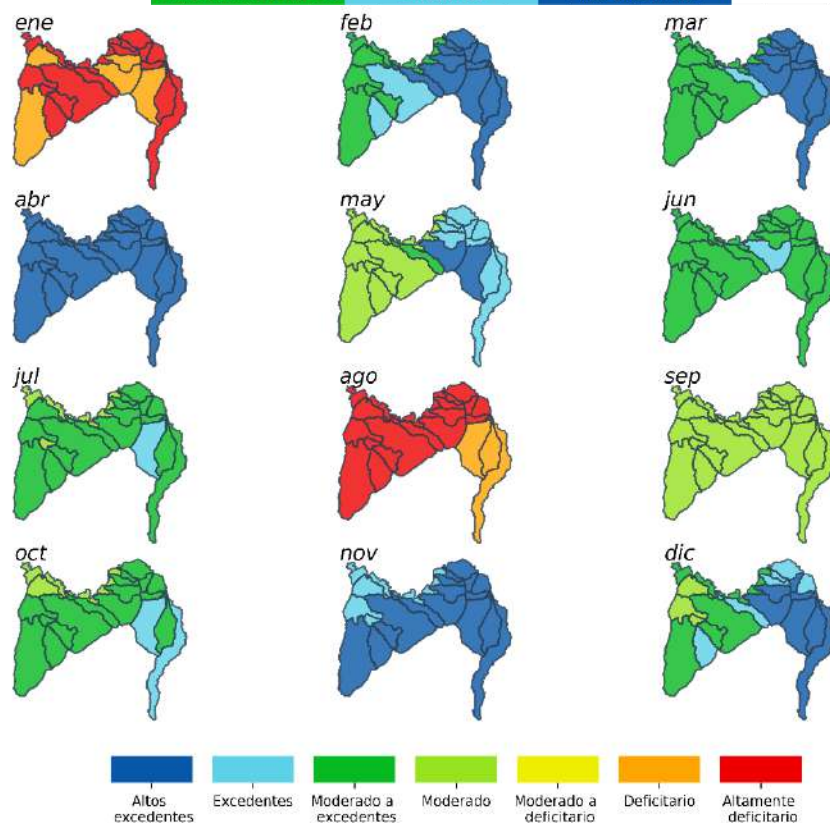


Figura 27. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Sumapaz para año húmedo

2.1.7. IA en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

Para condiciones de año medio, la distribución se torna más equilibrada: Moderado a excedentes (23 %), Excedentes (20 %), Moderado a deficitario (15 %), Altos excedentes (14 %), Moderado (13 %), Altamente deficitario (9 %) y Deficitario (6 %). Los meses favorables son noviembre (IA medio = 0,14, Altos excedentes), abril (0,15, Altos excedentes) y octubre (0,18, Moderado a excedentes). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,62), julio (0,57) y septiembre (0,42), con dominancia de Altamente deficitario en julio y agosto. La unidad más deficitaria es Río Ortega 5 (IA medio anual = 0,384) y la más excedentaria es Río Tetuán 1 (IA medio anual = 0,205). La subzona mantiene condiciones favorables en gran parte del año (Figura 28).

En condiciones de año seco la subzona se torna deficitaria: la categoría Altamente deficitario concentra el 53 % de las observaciones mensuales, seguida por Excedentes (11 %), Moderado a excedentes (11 %), Moderado (10 %) y Altos excedentes (7 %). Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,96), diciembre (0,89) y julio (0,81), todos en Altamente deficitario. Los meses favorables son abril (IA medio = 0,15, Excedentes), noviembre (0,18, Moderado a excedentes) y marzo (0,25, Moderado a excedentes). La unidad más deficitaria es Río Ortega 4 (IA medio anual = 0,624), mientras que Río Tetuán 1 se mantiene como la menos crítica (IA medio anual = 0,423). Es de destacar que esta subzona presenta una proporción de meses favorables (Altos excedentes y Excedentes) ligeramente mayor que las subzonas vecinas en escenario seco (Figura 29).

En condiciones de año húmedo, las 24 unidades de análisis de la subzona del río Tetuán y Ortega presentan una distribución netamente excedentaria: Altos excedentes (41 %), Excedentes (19 %), Moderado a excedentes (15 %) y Moderado (9 %), con presencia limitada de categorías deficitarias. Los meses favorables son abril (IA medio = 0,06), noviembre (0,09) y julio (0,12), dominados por Altos excedentes. Los meses críticos son agosto (IA medio = 0,63, Altamente deficitario), enero (0,41, Moderado a deficitario) y junio (0,32, Moderado). La unidad más deficitaria es Río Ortega 4 (IA medio anual = 0,292), mientras que la más excedentaria es Río Tetuán 1 (IA medio anual = 0,152). La subzona presenta uno de los comportamientos más favorables del área evaluada en escenario húmedo (Figura 30).

Índice de Aridez para año medio en la SZH del río TETUAN_ORTEGA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Tetuan 7	0.457	0.379	0.238	0.178	0.236	0.496	0.644	0.702	0.496	0.228	0.169	0.28
(2): Quebrada Taquima	0.436	0.351	0.224	0.172	0.226	0.482	0.628	0.678	0.474	0.211	0.158	0.262
(3): Río Tetuan 6	0.429	0.348	0.223	0.171	0.228	0.485	0.631	0.68	0.475	0.209	0.153	0.257
(4): Río Peralonso	0.34	0.231	0.165	0.136	0.182	0.429	0.546	0.585	0.364	0.148	0.109	0.183
(5): Río Tetuan 5	0.382	0.309	0.192	0.152	0.207	0.474	0.615	0.647	0.458	0.179	0.127	0.209
(6): Quebrada Macule 2	0.362	0.315	0.183	0.144	0.201	0.478	0.622	0.645	0.474	0.17	0.12	0.193
(7): Quebrada Macule 1	0.315	0.226	0.153	0.125	0.164	0.383	0.504	0.545	0.345	0.14	0.106	0.175
(8): Quebrada Chipalo	0.334	0.257	0.166	0.135	0.179	0.417	0.55	0.587	0.39	0.154	0.113	0.184
(9): Río Tetuan 4	0.372	0.314	0.186	0.147	0.203	0.477	0.624	0.651	0.475	0.173	0.123	0.198
(10): Río Tetuan 3	0.309	0.237	0.161	0.131	0.17	0.393	0.527	0.567	0.365	0.148	0.11	0.174
(11): Quebrada Linday	0.337	0.268	0.181	0.147	0.195	0.455	0.596	0.626	0.423	0.167	0.115	0.183
(12): Quebrada Tune	0.261	0.207	0.15	0.121	0.163	0.39	0.536	0.567	0.339	0.132	0.097	0.141
(13): Río Tetuan 2	0.275	0.213	0.15	0.122	0.151	0.341	0.462	0.509	0.31	0.136	0.113	0.174
(14): Quebrada San Antonio	0.331	0.231	0.158	0.126	0.145	0.284	0.38	0.429	0.268	0.145	0.138	0.226
(15): Río Tetuan 1	0.292	0.203	0.138	0.112	0.127	0.239	0.308	0.372	0.235	0.129	0.117	0.194
(16): Río Ortega 5	0.47	0.395	0.249	0.181	0.238	0.498	0.648	0.704	0.501	0.238	0.183	0.299
(17): Quebrada Palmarosa	0.475	0.403	0.244	0.17	0.224	0.483	0.647	0.709	0.502	0.229	0.183	0.298
(18): Río Ortega 4	0.472	0.402	0.24	0.166	0.221	0.479	0.647	0.713	0.503	0.225	0.179	0.295
(19): Quebrada Chiquinima	0.46	0.379	0.237	0.172	0.222	0.469	0.619	0.675	0.471	0.222	0.175	0.291
(20): Río Ortega 3	0.47	0.394	0.24	0.169	0.224	0.485	0.646	0.706	0.497	0.224	0.177	0.291
(21): Río Luani	0.373	0.258	0.183	0.149	0.202	0.466	0.585	0.625	0.398	0.166	0.119	0.203
(22): Río Ortega 2	0.45	0.367	0.231	0.171	0.224	0.48	0.63	0.684	0.477	0.215	0.165	0.275
(23): Río Anaba	0.399	0.299	0.2	0.155	0.202	0.439	0.571	0.623	0.411	0.184	0.138	0.235
(24): Río Ortega 1	0.345	0.246	0.167	0.132	0.166	0.365	0.482	0.539	0.336	0.153	0.119	0.202

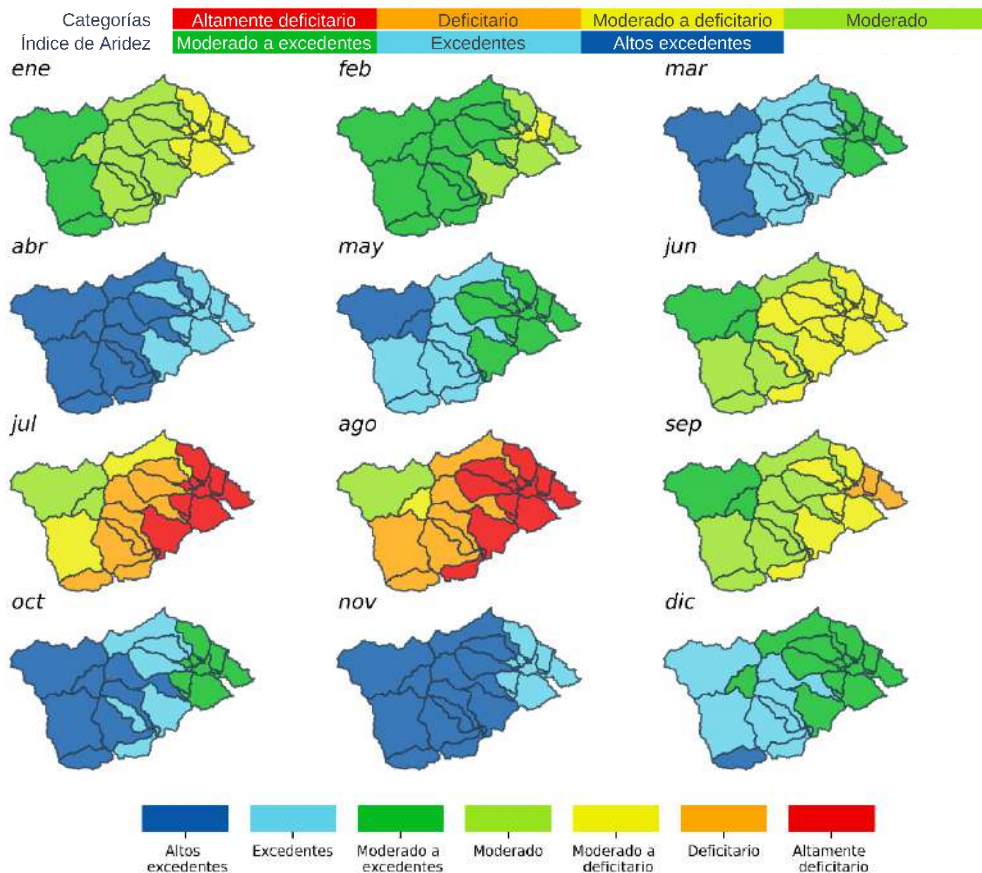


Figura 28. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega para año medio

Índice de Aridez para año seco en la SZH del río TETUAN_ORTEGA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Tetuan 7	0.827	0.504	0.305	0.171	0.614	0.669	0.865	0.97	0.737	0.32	0.219	0.917
(2): Quebrada Taquima	0.791	0.467	0.279	0.169	0.625	0.682	0.847	0.965	0.738	0.302	0.212	0.911
(3): Río Tetuan 6	0.77	0.442	0.265	0.171	0.616	0.678	0.847	0.964	0.725	0.3	0.213	0.911
(4): Río Peralonso	0.663	0.373	0.196	0.152	0.605	0.686	0.818	0.935	0.751	0.198	0.146	0.884
(5): Río Tetuan 5	0.73	0.381	0.234	0.163	0.63	0.66	0.846	0.966	0.715	0.278	0.191	0.911
(6): Quebrada Macule 2	0.736	0.366	0.225	0.165	0.652	0.631	0.861	0.969	0.692	0.288	0.19	0.914
(7): Quebrada Macule 1	0.632	0.318	0.187	0.137	0.565	0.603	0.771	0.943	0.685	0.197	0.133	0.874
(8): Quebrada Chipalo	0.659	0.328	0.199	0.147	0.589	0.636	0.792	0.954	0.696	0.228	0.149	0.887
(9): Río Tetuan 4	0.731	0.368	0.223	0.158	0.64	0.658	0.865	0.967	0.693	0.295	0.187	0.914
(10): Río Tetuan 3	0.615	0.323	0.185	0.141	0.565	0.639	0.759	0.94	0.694	0.209	0.14	0.882
(11): Quebrada Linday	0.62	0.378	0.206	0.159	0.617	0.718	0.826	0.943	0.735	0.247	0.164	0.901
(12): Quebrada Tune	0.59	0.255	0.141	0.124	0.618	0.664	0.726	0.928	0.739	0.18	0.12	0.869
(13): Río Tetuan 2	0.649	0.237	0.167	0.135	0.538	0.644	0.645	0.942	0.672	0.178	0.12	0.865
(14): Quebrada San Antonio	0.609	0.315	0.227	0.136	0.451	0.384	0.65	0.925	0.602	0.173	0.114	0.823
(15): Río Tetuan 1	0.6	0.28	0.19	0.121	0.393	0.361	0.565	0.89	0.58	0.159	0.113	0.829
(16): Río Ortega 5	0.864	0.538	0.314	0.161	0.593	0.686	0.876	0.969	0.723	0.374	0.219	0.91
(17): Quebrada Palmarosa	0.912	0.455	0.392	0.142	0.683	0.686	0.911	1	0.785	0.348	0.229	0.917
(18): Río Ortega 4	0.925	0.426	0.413	0.136	0.711	0.672	0.923	1	0.806	0.329	0.224	0.917
(19): Quebrada Chiquinima	0.862	0.47	0.322	0.157	0.613	0.677	0.848	0.966	0.739	0.315	0.226	0.911
(20): Río Ortega 3	0.899	0.447	0.375	0.149	0.679	0.689	0.903	1	0.787	0.315	0.224	0.913
(21): Río Luani	0.71	0.418	0.22	0.164	0.627	0.726	0.844	0.939	0.779	0.216	0.163	0.898
(22): Río Ortega 2	0.834	0.463	0.315	0.159	0.637	0.686	0.861	0.968	0.756	0.304	0.217	0.911
(23): Río Anaba	0.76	0.429	0.248	0.16	0.592	0.665	0.8	0.951	0.722	0.252	0.186	0.901
(24): Río Ortega 1	0.708	0.376	0.207	0.139	0.516	0.586	0.718	0.937	0.674	0.207	0.153	0.884

Categorías	Altamente deficitario	Deficitario	Moderado a deficitario	Moderado
Índice de Aridez	Moderado a excedentes	Excedentes	Altos excedentes	

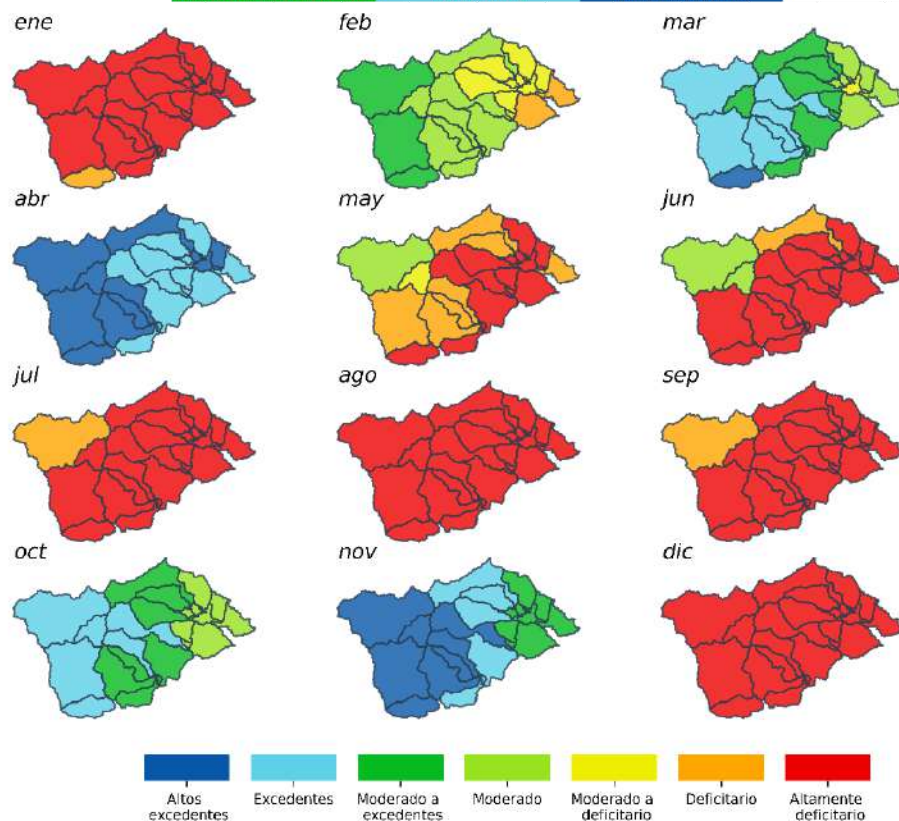


Figura 29. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega para año seco

Índice de Aridez para año húmedo en la SZH del río TETUAN_ORTEGA

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1): Río Tetuan 7	0.461	0.176	0.197	0.066	0.305	0.34	0.142	0.713	0.256	0.281	0.114	0.214
(2): Quebrada Taquima	0.471	0.159	0.189	0.066	0.3	0.344	0.142	0.67	0.237	0.243	0.104	0.191
(3): Río Tetuan 6	0.463	0.151	0.195	0.067	0.278	0.358	0.141	0.686	0.224	0.236	0.104	0.166
(4): Río Peralonso	0.418	0.093	0.144	0.06	0.247	0.369	0.125	0.554	0.156	0.153	0.064	0.124
(5): Río Tetuan 5	0.477	0.112	0.176	0.062	0.236	0.421	0.116	0.715	0.183	0.187	0.097	0.115
(6): Quebrada Macule 2	0.491	0.091	0.177	0.061	0.219	0.496	0.1	0.713	0.161	0.174	0.119	0.097
(7): Quebrada Macule 1	0.374	0.094	0.139	0.056	0.191	0.316	0.104	0.578	0.142	0.146	0.067	0.104
(8): Quebrada Chipalo	0.395	0.104	0.153	0.059	0.2	0.331	0.111	0.641	0.152	0.161	0.078	0.102
(9): Río Tetuan 4	0.468	0.106	0.178	0.06	0.226	0.481	0.105	0.777	0.182	0.185	0.109	0.103
(10): Río Tetuan 3	0.304	0.111	0.143	0.058	0.181	0.254	0.117	0.599	0.136	0.16	0.073	0.094
(11): Quebrada Linday	0.335	0.123	0.159	0.062	0.213	0.286	0.139	0.655	0.147	0.17	0.088	0.091
(12): Quebrada Tune	0.216	0.135	0.126	0.051	0.168	0.188	0.129	0.575	0.108	0.175	0.057	0.08
(13): Río Tetuan 2	0.235	0.117	0.128	0.058	0.148	0.173	0.107	0.562	0.121	0.171	0.066	0.099
(14): Quebrada San Antonio	0.339	0.135	0.161	0.066	0.139	0.249	0.097	0.522	0.125	0.155	0.072	0.147
(15): Río Tetuan 1	0.296	0.114	0.124	0.055	0.121	0.193	0.082	0.431	0.111	0.13	0.058	0.114
(16): Río Ortega 5	0.466	0.208	0.201	0.066	0.317	0.335	0.154	0.691	0.3	0.324	0.126	0.264
(17): Quebrada Palmarosa	0.482	0.195	0.175	0.06	0.409	0.298	0.126	0.684	0.289	0.306	0.133	0.332
(18): Río Ortega 4	0.492	0.185	0.173	0.059	0.458	0.283	0.12	0.699	0.272	0.278	0.135	0.348
(19): Quebrada Chiquinima	0.479	0.197	0.182	0.065	0.313	0.311	0.137	0.651	0.264	0.279	0.115	0.261
(20): Río Ortega 3	0.483	0.185	0.174	0.061	0.408	0.309	0.126	0.679	0.27	0.27	0.127	0.301
(21): Río Luani	0.457	0.105	0.155	0.064	0.292	0.389	0.141	0.579	0.18	0.175	0.07	0.148
(22): Río Ortega 2	0.486	0.18	0.186	0.065	0.329	0.328	0.137	0.661	0.249	0.254	0.109	0.232
(23): Río Anaba	0.459	0.136	0.164	0.064	0.258	0.324	0.131	0.604	0.201	0.208	0.083	0.172
(24): Río Ortega 1	0.4	0.112	0.137	0.058	0.199	0.27	0.106	0.523	0.157	0.164	0.068	0.136

Categorías	Altamente deficitario	Deficitario	Moderado a deficitario	Moderado
Índice de Aridez	Moderado a excedentes	Excedentes	Altos excedentes	

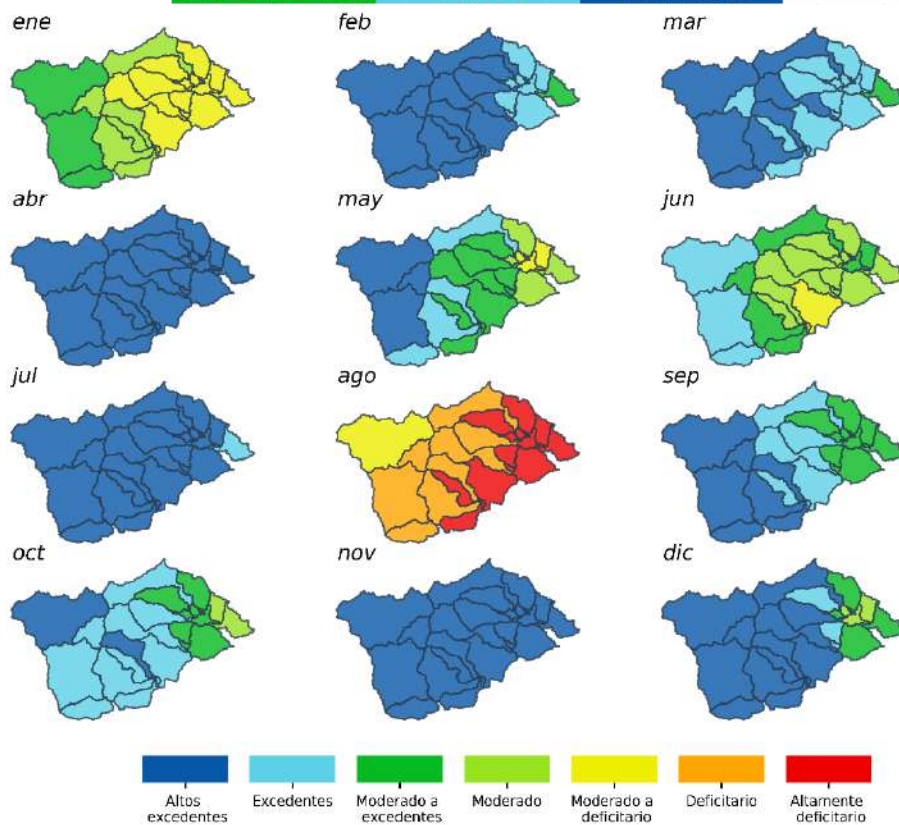


Figura 30. Índice de aridez en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega para año húmedo

2.2. Índice de Regulación y Retención Hídrica (IRH)

El IRH determina la capacidad de la cuenca para retener humedad, expresa la relación entre el área bajo la línea del caudal medio en la curva de duración de caudales diarios y el área bajo la curva de duración de caudales diarios, por lo que sus valores se encuentran entre cero (0) y uno (1), donde los valores más bajos representan menor capacidad de regulación y se clasifica en cinco categorías desde “muy baja” capacidad de regulación a “muy alta” (Tabla 2).

Tabla 2. Categorías del índice de retención y regulación hídrica (IRH). (Fuente: IDEAM, 2020a)

Límites de categorías	Categoría	Capacidad de retención y regulación
$IRH > 0.85$		Muy alta
$0.75 < IRH \leq 0.85$		Alta
$0.65 < IRH \leq 0.75$		Moderada
$0.50 < IRH \leq 0.65$		Baja
$IRH \leq 0.50$		Muy Baja

La subzona hidrográfica del río Cabrera presenta 21 unidades de análisis distribuidas entre tres categorías intermedias del indicador: Moderada (10 unidades, 48 %), Baja (6 unidades, 29 %) y Alta (5 unidades, 24 %), sin presencia de unidades en categorías Muy Baja ni Muy Alta. El IRH varía entre 0,504 (Quebrada Garrapata) y 0,765 (Quebrada El Borrachero), con un valor medio de 0,672. Las unidades en categoría Alta corresponden a Quebrada El Borrachero, Quebrada Corama (0,754), Quebrada Rodada (0,754), Quebrada La Montaña (0,751) y Quebrada San Pedro (0,750). Las unidades con menor capacidad de regulación, aunque ubicadas en categoría Baja, son Quebrada Garrapata (0,504), Directos Riachón (0,508), Quebrada Las Pavas (0,540), Quebrada Las Lajas (0,539), Quebrada Doche 1 (0,522) y Quebrada Doche 3 (0,644). La subzona muestra un comportamiento de regulación predominantemente moderado, sin condiciones críticas en los extremos del indicador (Figura 31).

La subzona hidrográfica del río Cucuana presenta el mejor comportamiento de retención y regulación hídrica del área evaluada. Las 35 unidades de análisis se distribuyen entre Alta (29 unidades, 83 %), Muy Alta (3 unidades, 9 %) y Moderada (3 unidades, 9 %), sin presencia de unidades en categorías Baja ni Muy Baja. El IRH varía entre 0,718 (Quebrada Grande) y 0,906 (Quebrada Molina), con un valor medio de 0,797 (el más alto del área evaluada). Las unidades en categoría Muy Alta corresponden a Quebrada Molina (IRH = 0,906), Quebrada Chipalo (0,903) y Quebrada Chicuambe (0,877). Las únicas unidades en categoría Moderada son Quebrada Grande (0,718), Río Chili 2 (0,747) y Quebrada El Cedral (0,748). El comportamiento sobresaliente de esta subzona se asocia a sus características fisiográficas (alta pendiente media y densidad de drenaje) y a la regulación natural de su sistema hidrológico, lo que se traduce en una elevada capacidad de retención durante todo el periodo evaluado (Figura 32 y Figura 33).

La subzona directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz presenta el comportamiento menos favorable de retención y regulación hídrica del área evaluada. Las 45 unidades de análisis se distribuyen entre Baja (30 unidades, 67 %), Alta (8 unidades, 18 %) y Moderada (7 unidades, 16 %), sin presencia de unidades en categorías Muy Baja ni Muy Alta. El IRH varía entre 0,503 (Quebrada Tamirco) y 0,825 (Quebrada Los Ángeles 1), con un valor medio de 0,647. Las unidades con menor capacidad de regulación, todas en categoría Baja, son Quebrada Tamirco (0,503), Quebrada Ularco (0,523), Directos Magdalena 1 (0,539), Quebrada El Cajón (0,545), Quebrada Chaquirco (0,545), Quebrada Señorías (0,546), Quebrada Jagual (0,552), Quebrada Anacarco (0,554) y Quebrada Mercadillo (0,557), entre otras. Las unidades en categoría Alta corresponden al sistema de la quebrada Yabi y la quebrada Los Ángeles, con valores hasta de 0,825. El predominio de la categoría Baja explica buena parte de las clasificaciones Media observadas en el IVH para esta subzona, ya que la limitada capacidad de regulación constituye su principal restricción (Figura 34 y Figura 35).

La subzona del río Luisa y otros directos al Magdalena presenta sus 25 unidades de análisis distribuidas entre Moderada (15 unidades, 60 %), Baja (7 unidades, 28 %) y Alta (3 unidades, 12 %), sin presencia de unidades en categorías Muy Baja ni Muy Alta. El IRH varía entre 0,510 (Directos Magdalena 3) y 0,765 (Quebrada Agua Clara), con un valor medio de 0,693. Las unidades en categoría Alta corresponden a Quebrada Agua Clara (0,765), Río Luisa 10 (0,753) y Río Luisa 9 (0,751), todas localizadas en los tramos altos de la subzona. Las unidades con menor capacidad de regulación, todas en categoría Baja, son Directos Magdalena 3 (0,510), Directos Magdalena 4 (0,582), Directos Magdalena 2 (0,621), Río Luisa 1 (0,622), Río Guadual (0,621), Directos Magdalena 1 (0,632) y Río Luisa 2 (0,632), localizadas en los tramos bajos de la subzona, donde la capacidad de regulación es limitada y coincide con sectores de alta presión por uso del agua (Figura 36).

La subzona del río Prado presenta sus 27 unidades de análisis distribuidas principalmente en categoría Moderada (19 unidades, 70 %), seguida por Alta (4 unidades, 15 %) y Baja (4 unidades, 15 %), sin presencia de unidades en categorías Muy Baja ni Muy Alta. El IRH varía entre 0,564 (Quebrada El León) y 0,779 (Quebrada La Laja), con un valor medio de 0,692. Las unidades en categoría Alta corresponden a Quebrada La Laja (0,779), Río Cunday 2 (0,773), Río Cunday 1 (0,757) y Quebrada Aco (0,754). Las unidades con menor capacidad de regulación, todas en categoría Baja, son Quebrada El León (0,564), Quebrada El Derecho (0,574), Quebrada El Reves (0,590) y Río Vichia (0,639), notablemente coincidentes con las unidades que presentan IVET Muy Alta en la misma subzona, lo que evidencia la conjunción de limitada regulación y alta torrencialidad en sectores específicos del sistema (Figura 37).

La subzona del río Sumapaz es la única del área evaluada que presenta una unidad de análisis en categoría Muy Baja. Sus 19 unidades se distribuyen entre Moderada (12 unidades, 63 %), Baja (6 unidades, 32 %) y Muy Baja (1 unidad, 5 %). El IRH varía entre 0,396 (Directos Sumapaz 1) y 0,733 (Quebrada Tinajas), con un valor medio de 0,651. La unidad en categoría Muy Baja corresponde a Directos Sumapaz 1 (IRH = 0,396), única unidad en esta categoría en toda el área de estudio, lo cual la configura como la unidad con menor capacidad de regulación hídrica de la zona evaluada y explica su clasificación como IVH Muy Alta en el análisis correspondiente. Las unidades en categoría Baja son Quebrada La Guaduala (0,596), Quebrada Apícala 1 (0,623), Quebrada Agua Fría (0,631), Quebrada La Palmara 1 (0,633), Quebrada Apícala 2 (0,638) y Quebrada Volcana (0,641). La mayoría de las unidades restantes se ubican en categoría Moderada, con valores próximos al límite superior (Figura 38).

La subzona del río Tetuán y Ortega presenta uno de los mejores comportamientos de retención y regulación hídrica del área evaluada. Sus 24 unidades de análisis se distribuyen entre Alta (15 unidades, 63 %), Moderada (7 unidades, 29 %) y Muy Alta (2 unidades, 8 %), sin presencia de unidades en categorías Baja ni Muy Baja. El IRH varía entre 0,716 (Quebrada Macule 1 y Río Ortega 1) y 0,892 (Quebrada Linday), con un valor medio de 0,775. Las unidades en categoría Muy Alta corresponden a Quebrada Linday (IRH = 0,892) y Quebrada Taquima (0,853). En categoría Alta destacan, por sus valores más altos, Quebrada Chiquinima (0,825), Río Anaba (0,799), Río Tetuán 7 (0,797), Río Tetuán 5 (0,797), Río Tetuán 6 (0,795) y Río Tetuán 4 (0,795). El comportamiento favorable del IRH en esta subzona se traduce en clasificaciones de IVH Baja o Muy Baja para la mayoría de las unidades, salvo en los tramos del río Ortega, donde la presión por uso del agua determina las condiciones más críticas (Figura 39).

2.2.1. IRH en la subzona hidrográfica del río Cabrera

Índice de Regulación Hídrica en la SZH del río CABRERA

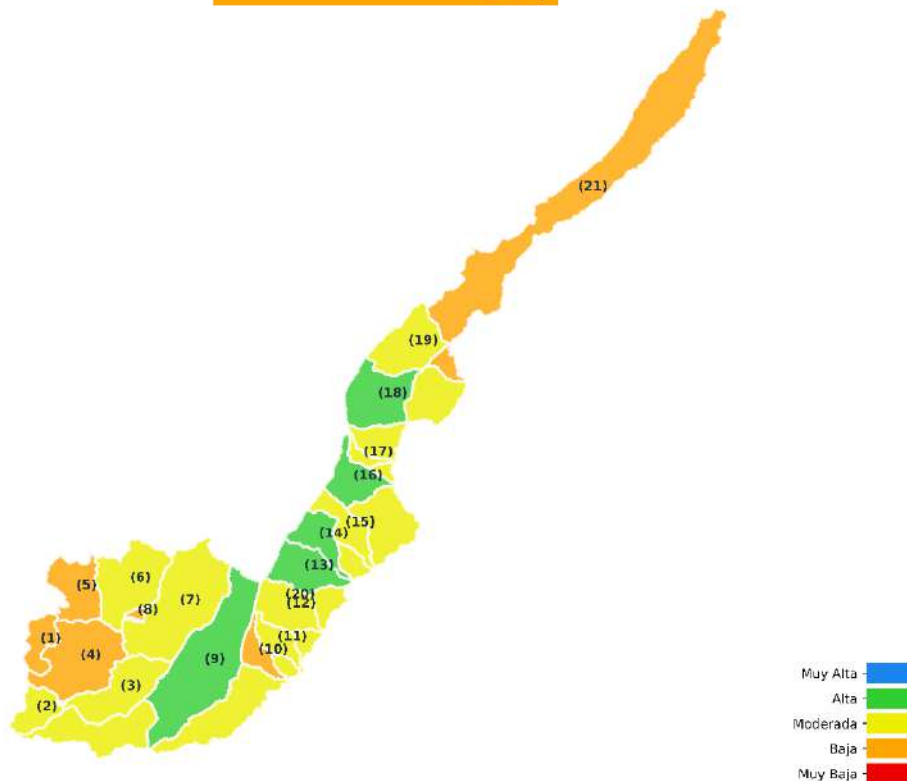
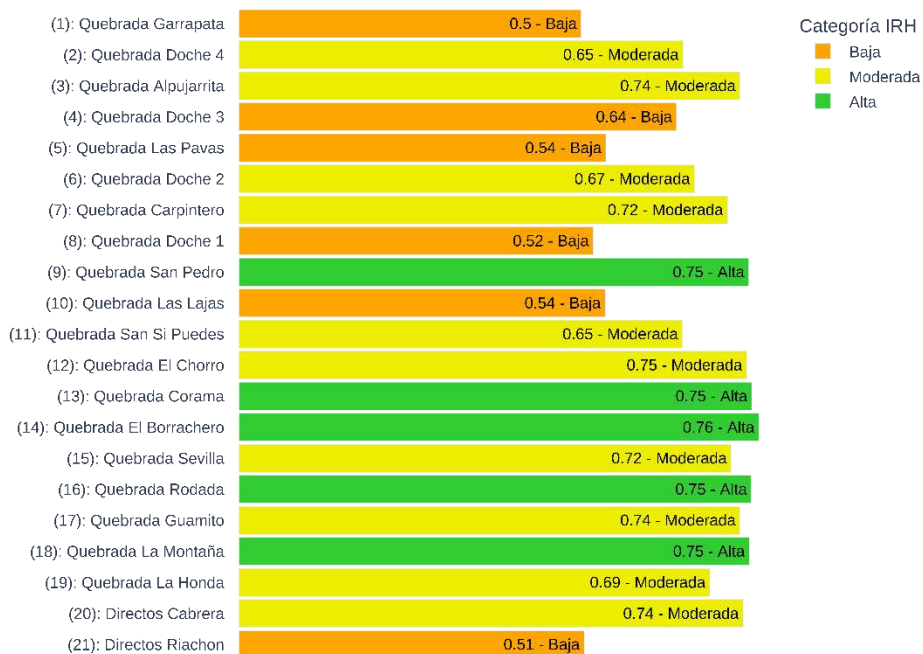


Figura 31. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Cabrera, en el periodo (1990 a 2023)

2.2.2. IRH en la subzona hidrográfica del río Cucuana

Índice de Regulación Hídrica en la SZH del río CUCUANA

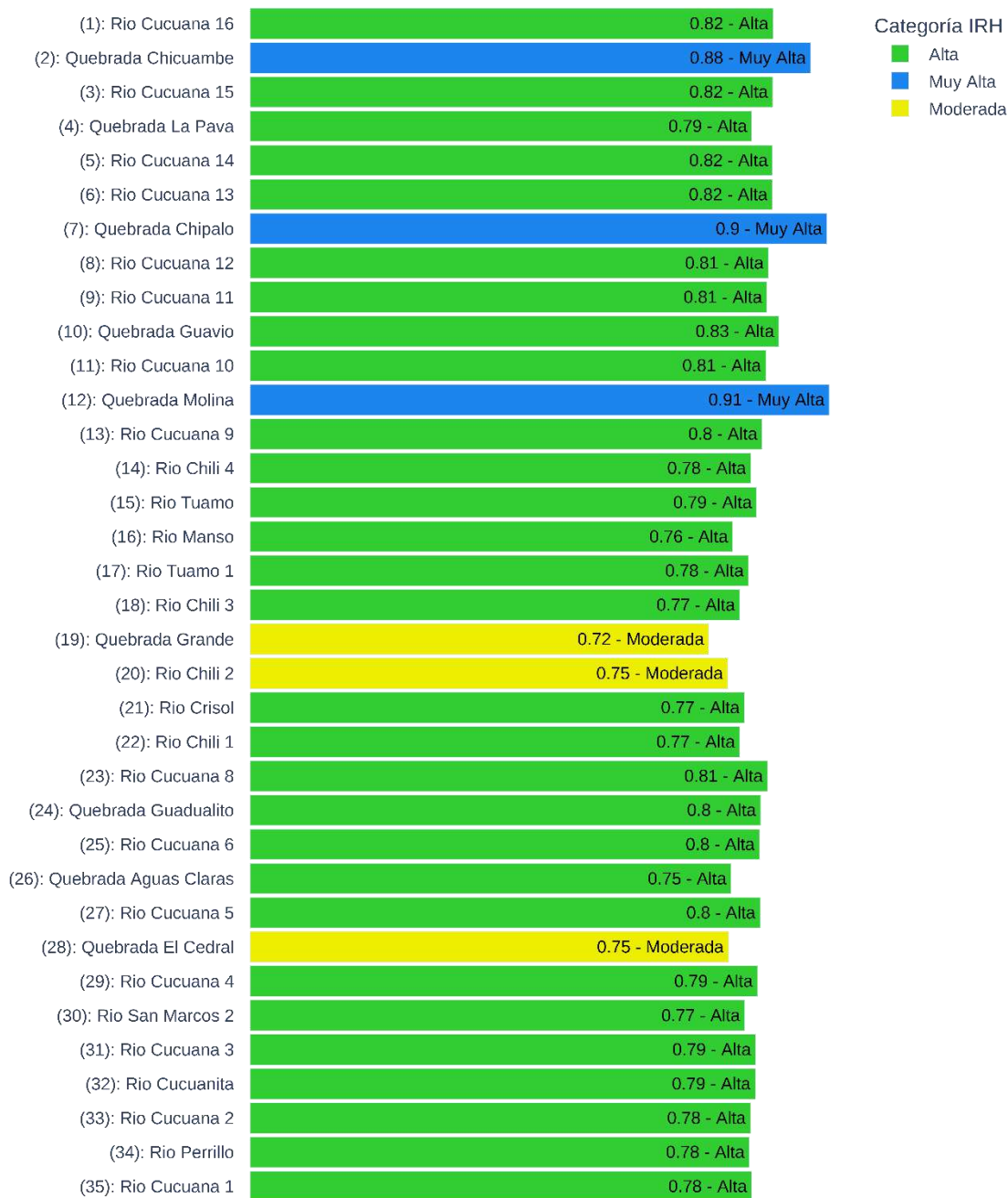


Figura 32. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Cucuana, en el periodo (1990 a 2023)

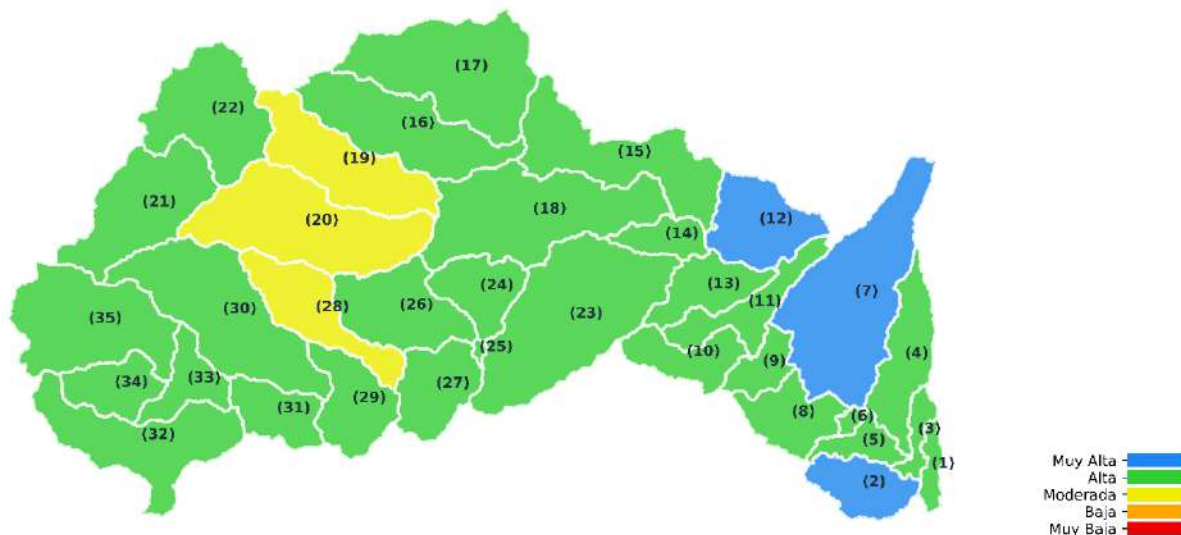


Figura 33. Mapa de Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Cucuana, en el periodo (1990 a 2023)

2.2.3. IRH en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

Índice de Regulación Hídrica en la SZH del río DM_CABRERA_SUMAPAZ

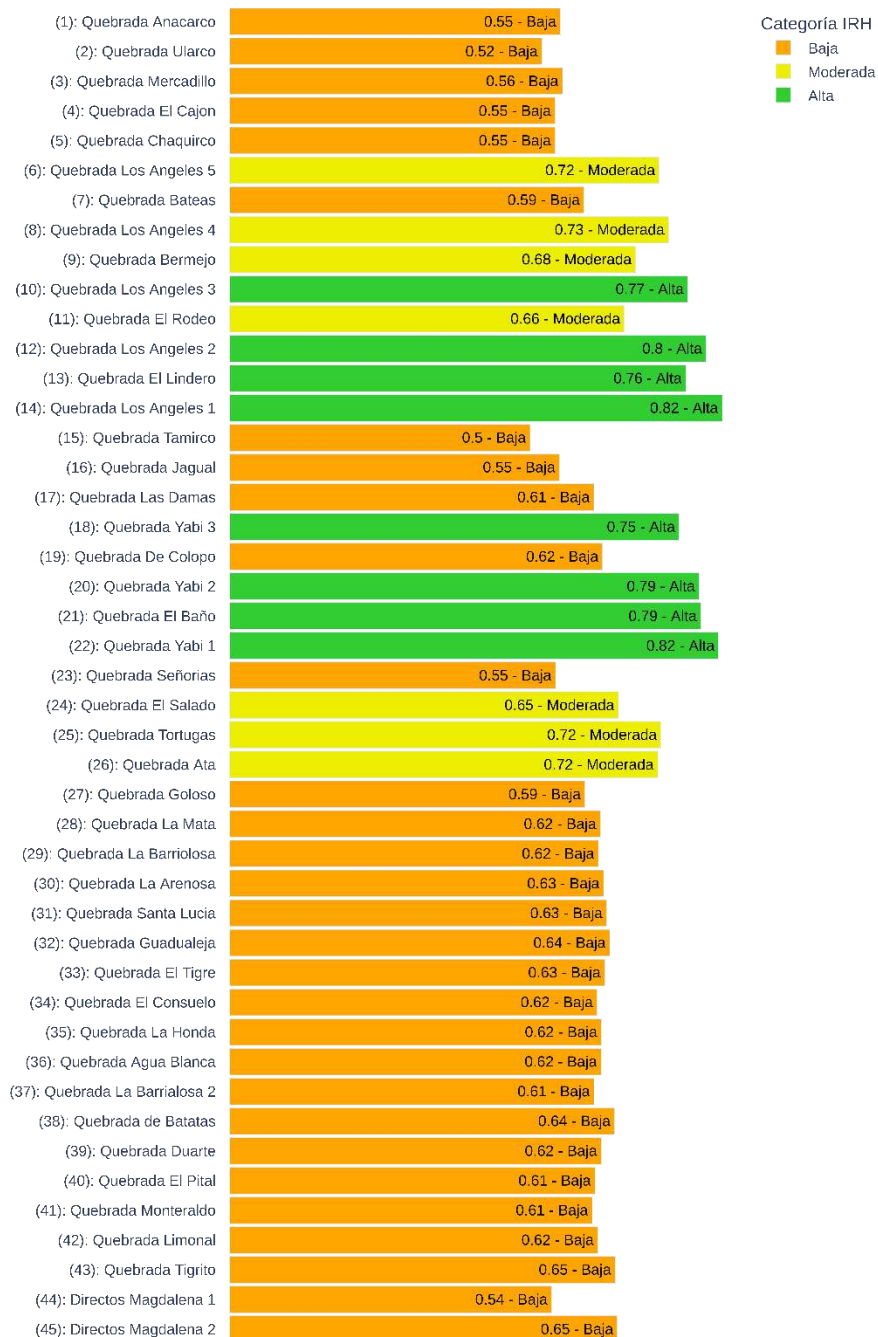


Figura 34. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz, en el periodo (1990 a 2023)

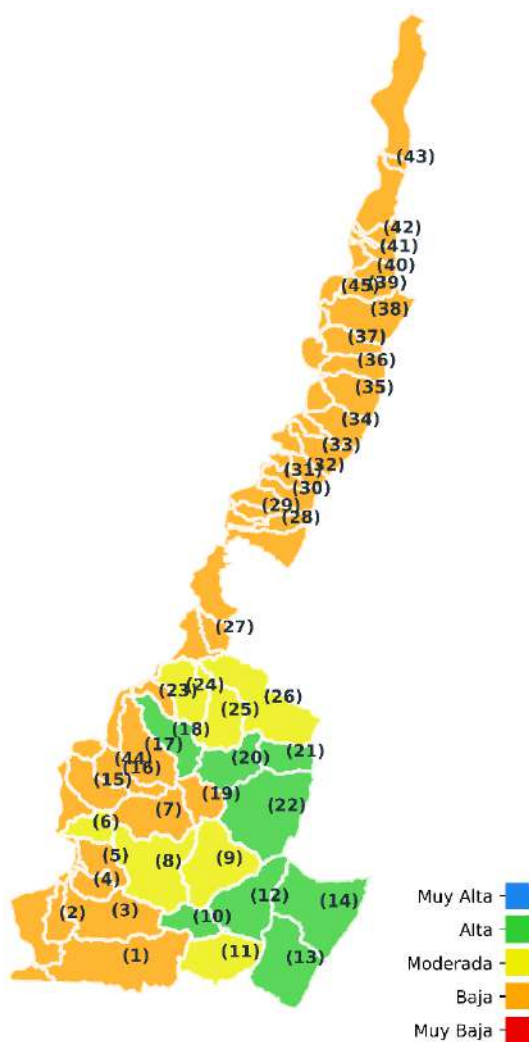


Figura 35. Mapa de Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz, en el periodo (1990 a 2023)

2.2.4. IRH en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

Índice de Regulación Hídrica en la SZH del río LUISA_Y_ODM

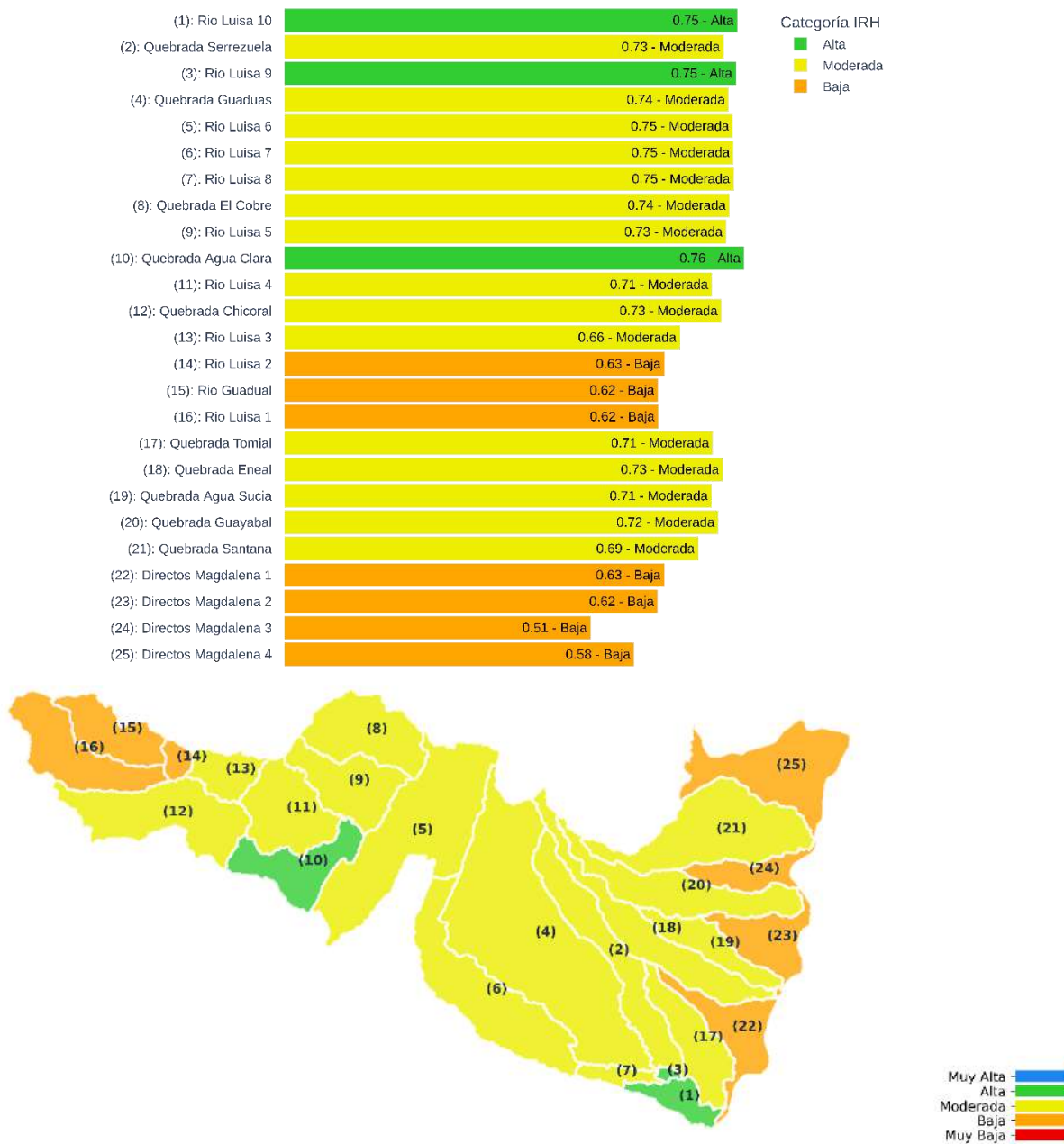


Figura 36. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena, en el periodo (1990 a 2023)

2.2.5. IRH en la subzona hidrográfica del río Prado

Índice de Regulación Hídrica en la SZH del río PRADO

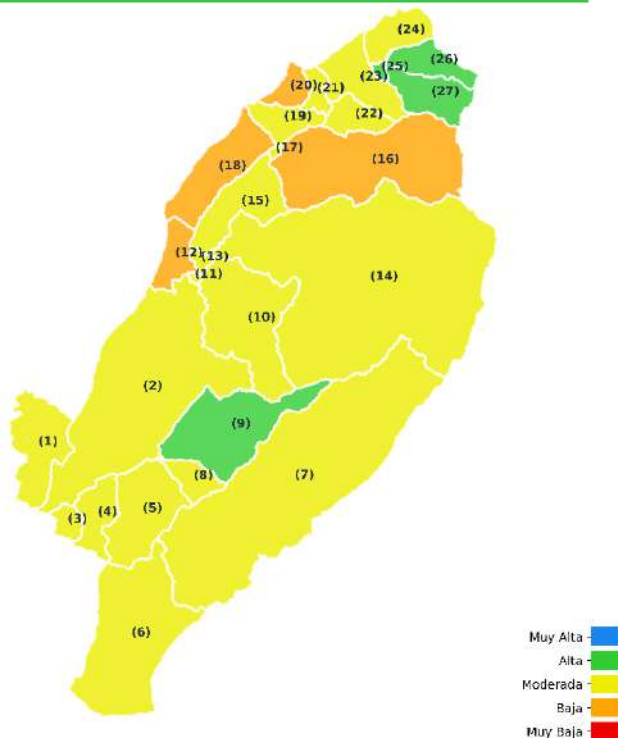


Figura 37. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Prado, en el periodo (1990 a 2023)

2.2.6. IRH en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

Índice de Regulación Hídrica en la SZH del río SUMAPAZ

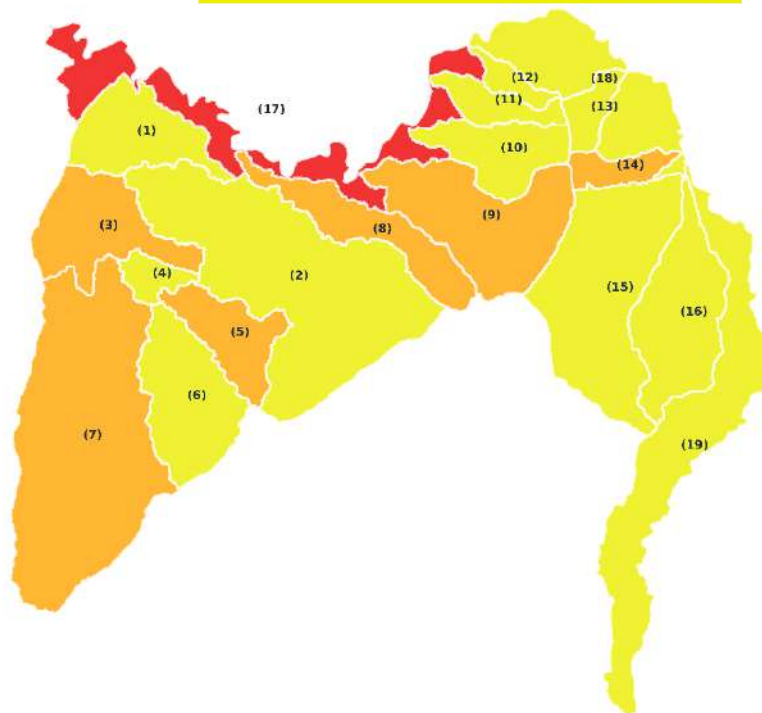


Figura 38. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Sumapaz, en el periodo (1990 a 2023)

2.2.7. IRH en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega

Índice de Regulación Hídrica en la SZH del río TETUAN_ORTEGA

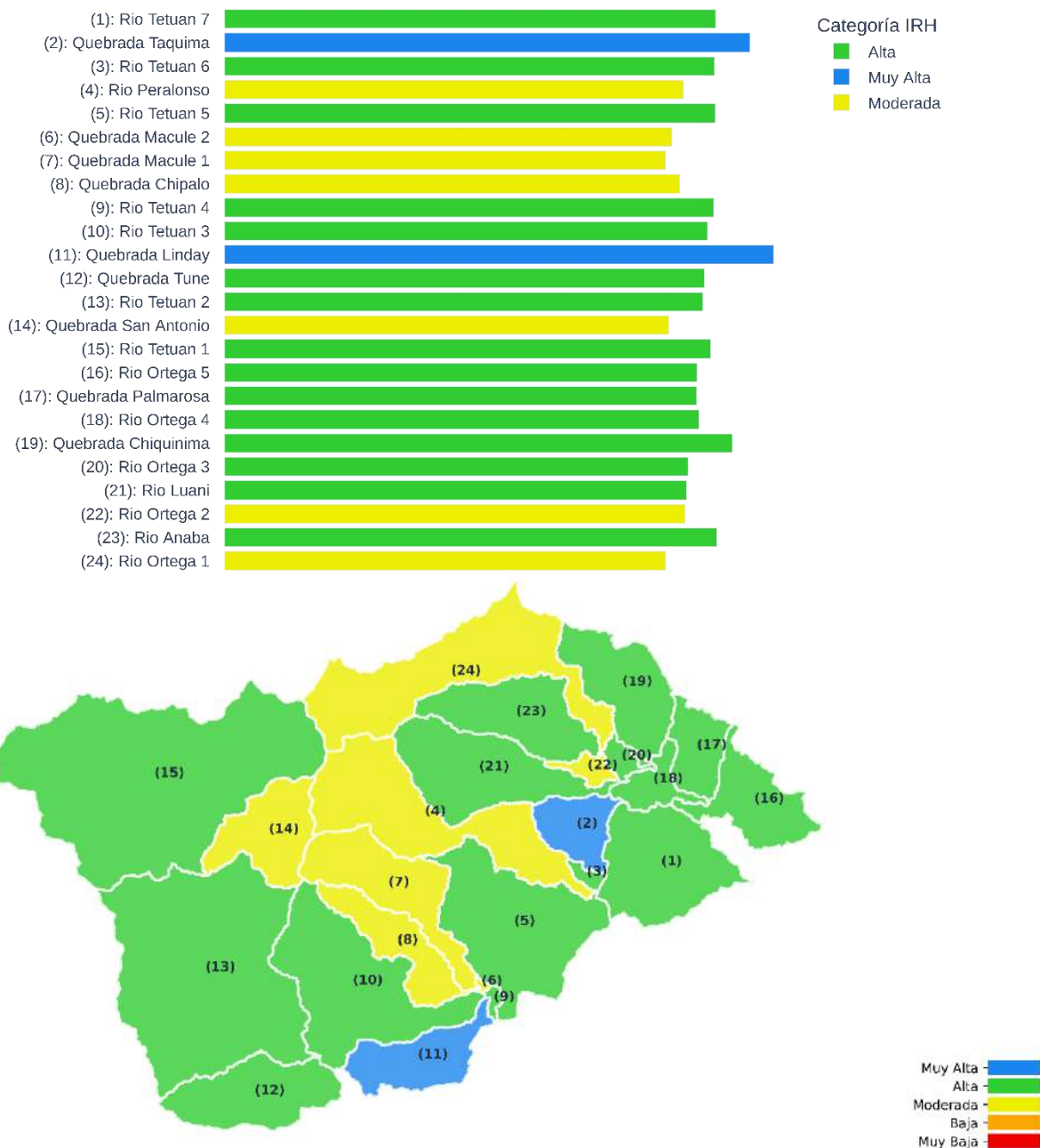


Figura 39. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega, en el periodo (1990 a 2023)

2.3. Índice estandarizado de escorrentía (SRI)

La intensidad de la sequía se definió mediante el SRI mensual y anual. El SRI se calculó ajustando las distribuciones de probabilidad Lognormal, Gamma, Exponencial, Pearson III, y LogPearson III, para cada serie de escorrentías mensuales obtenida a partir de la simulación hidrológica a escala diaria con el modelo hidrológico implementado en cada subzona hidrográfica de estudio. Para generar el SRI se seleccionó la función de distribución de mejor ajuste, sobre ella se calcularon las correspondientes probabilidades acumulativas de escorrentía y fueron transformadas a la distribución normal estándar con media cero y varianza uno para luego ser clasificado según la *Tabla 3*.

Rango	Categoría
$SRI \geq 2.0$	Extremadamente húmedo
$1.5 \leq SRI < 2.0$	moderadamente húmedo
$1.0 \leq SRI < 1.5$	Ligeramente húmedo
$-1.0 < SRI < 1.0$	Rango Normal
$-1.5 < SRI \leq -1.0$	Ligeramente seco
$-2.0 < SRI \leq -1.5$	Moderadamente seco
$-2.0 \leq SRI$	Extremadamente seco

Tabla 3. Categorías del Índice Estandarizado de Escorrentía (SRI). (Fuente: Shukla y Wood, 2008)

2.3.1. SRI en la subzona hidrográfica del río Cabrera

En la unidad hidrográfica de la quebrada Doche se identifican 6 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2008 a 2022, y ocurren 8 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 1 periodos extremadamente seco se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2023), permitiendo inferir que no hay evidencia de intensificación de periodos extremos de sequía. Se observa un evento extremadamente húmedo de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuido en el periodo de análisis, lo cual es consistente con la ausencia en tendencia al aumento o disminución de caudales diarios encontrada en el componente de Oferta Hídrica del estudio. Por otra parte, se identifica un episodio de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses (Figura 40).

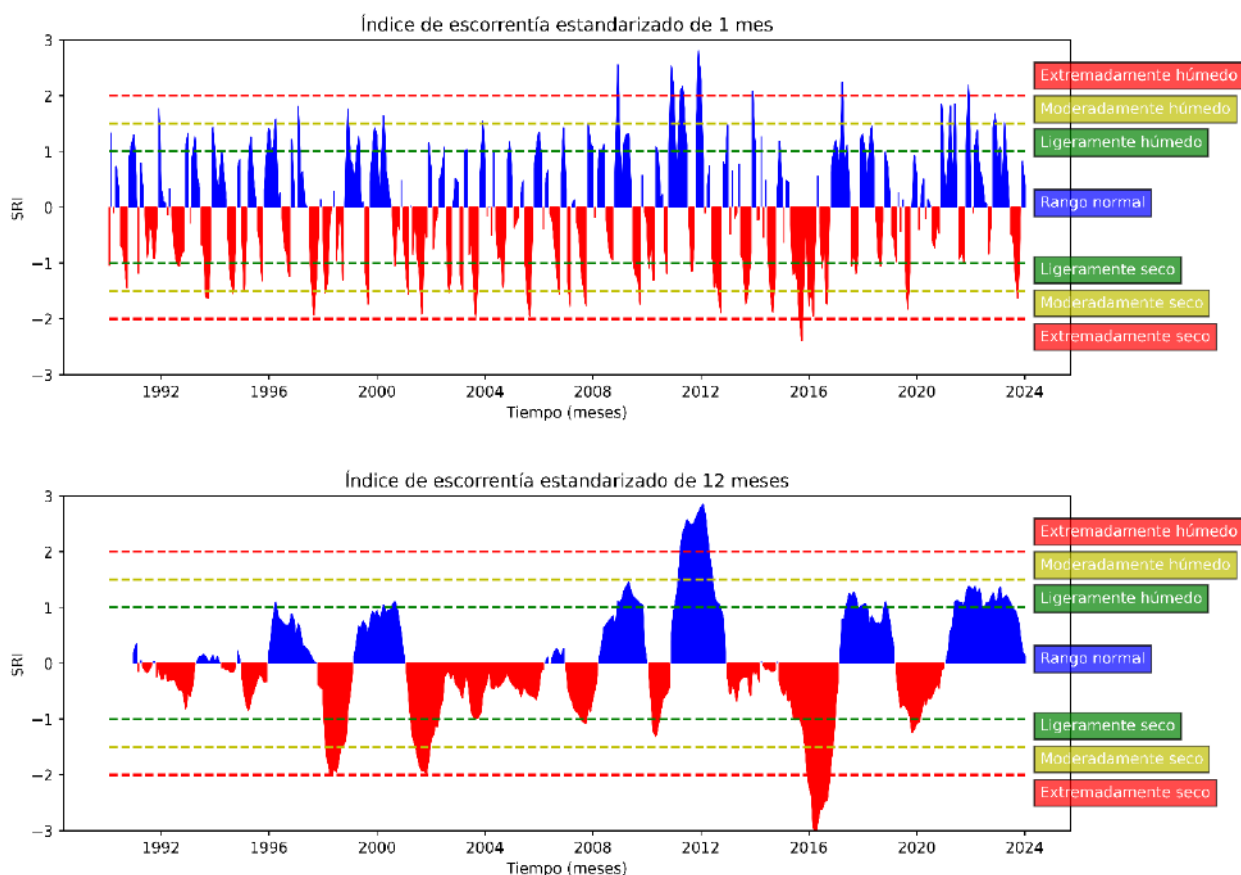


Figura 40. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2023 en la quebrada Doche (punto de cierre)

2.3.2. SRI en la subzona hidrográfica del río Cucuana

En la unidad hidrográfica del río Cucuana se identifican 4 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual durante el periodo de análisis, y se presentan 5 episodios moderadamente húmedos, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 6 episodios extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2023), permitiendo afirmar que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan tres episodios húmedos de 12 meses (extremada y moderadamente húmedos) distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican un episodio de sequía extrema para escorrentía acumulada de 12 meses y tres episodios de sequía moderada en todo el periodo de análisis (Figura 41).

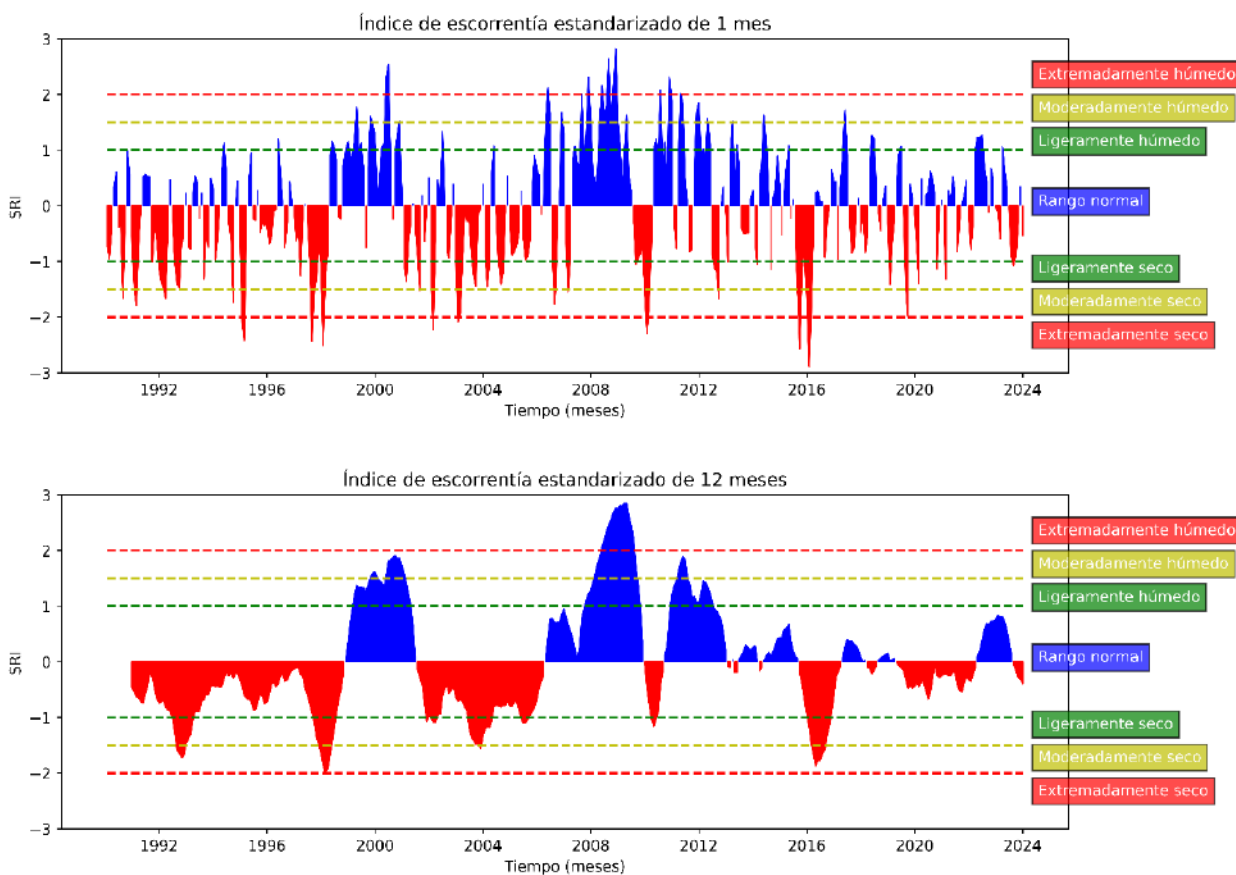


Figura 41. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2023 en el río Cucuana (punto de cierre)

2.3.3. SRI en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

En la unidad hidrográfica de la quebrada Los Ángeles se identifican 5 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2008 a 2018, y ocurren 8 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 2 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2023), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan dos eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican dos episodios de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y un episodio de sequía moderada (Figura 42).

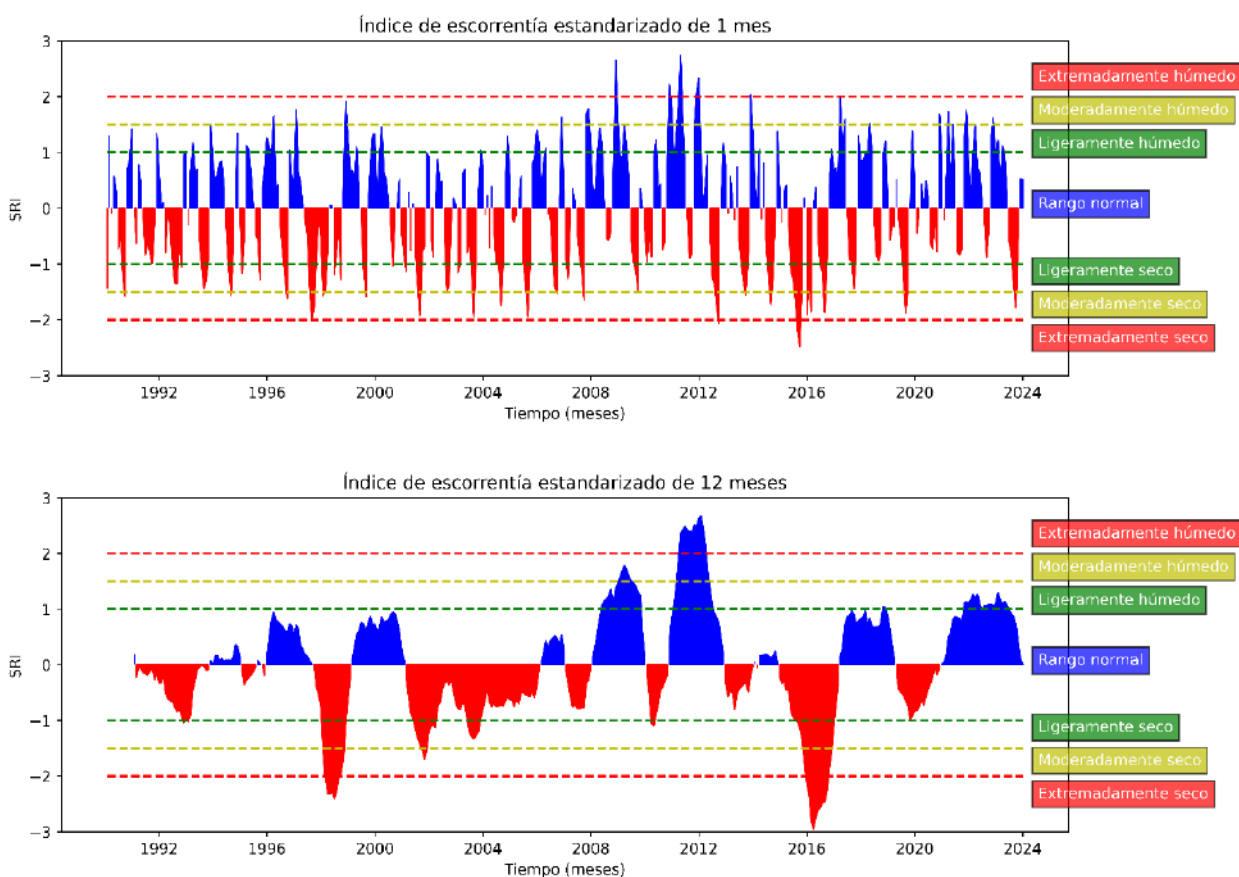


Figura 42. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2023 en la quebrada Los Ángeles (punto de cierre)

2.3.4. SRI en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

En la unidad hidrográfica del río Luisa se identifican 9 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de análisis, y se presentan 9 episodios moderadamente húmedos, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 4 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2023), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan tres eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican dos episodios de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y dos episodios de sequía hidrológica moderada (Figura 43).

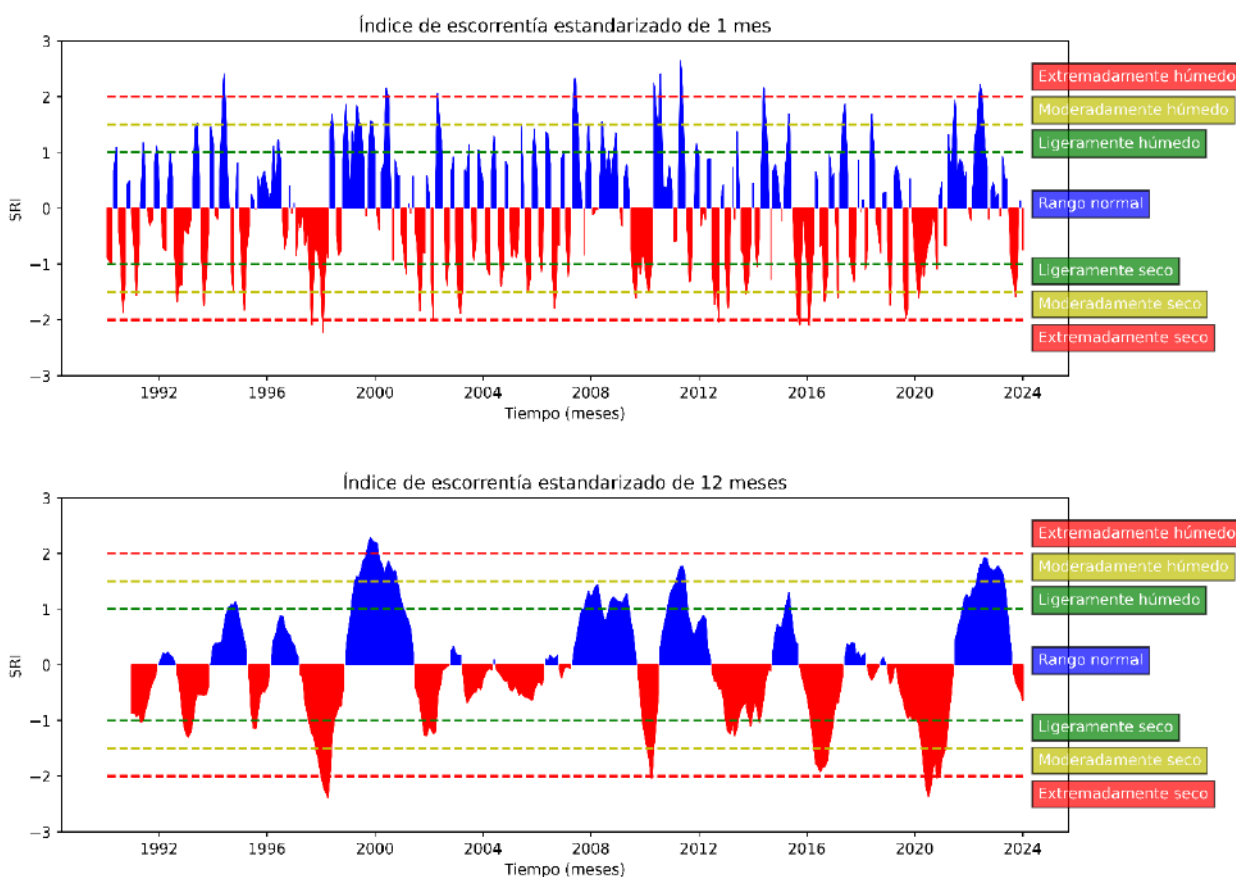


Figura 43. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2023 en el río Luisa (punto de cierre)

2.3.5. SRI en la subzona hidrográfica del río Prado

En la unidad hidrográfica del río Prado se identifican 3 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2008 a 2014, y ocurren 8 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 7 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2023), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan tres eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican dos episodios de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y dos sequías hidrológicas moderadas (Figura 44).

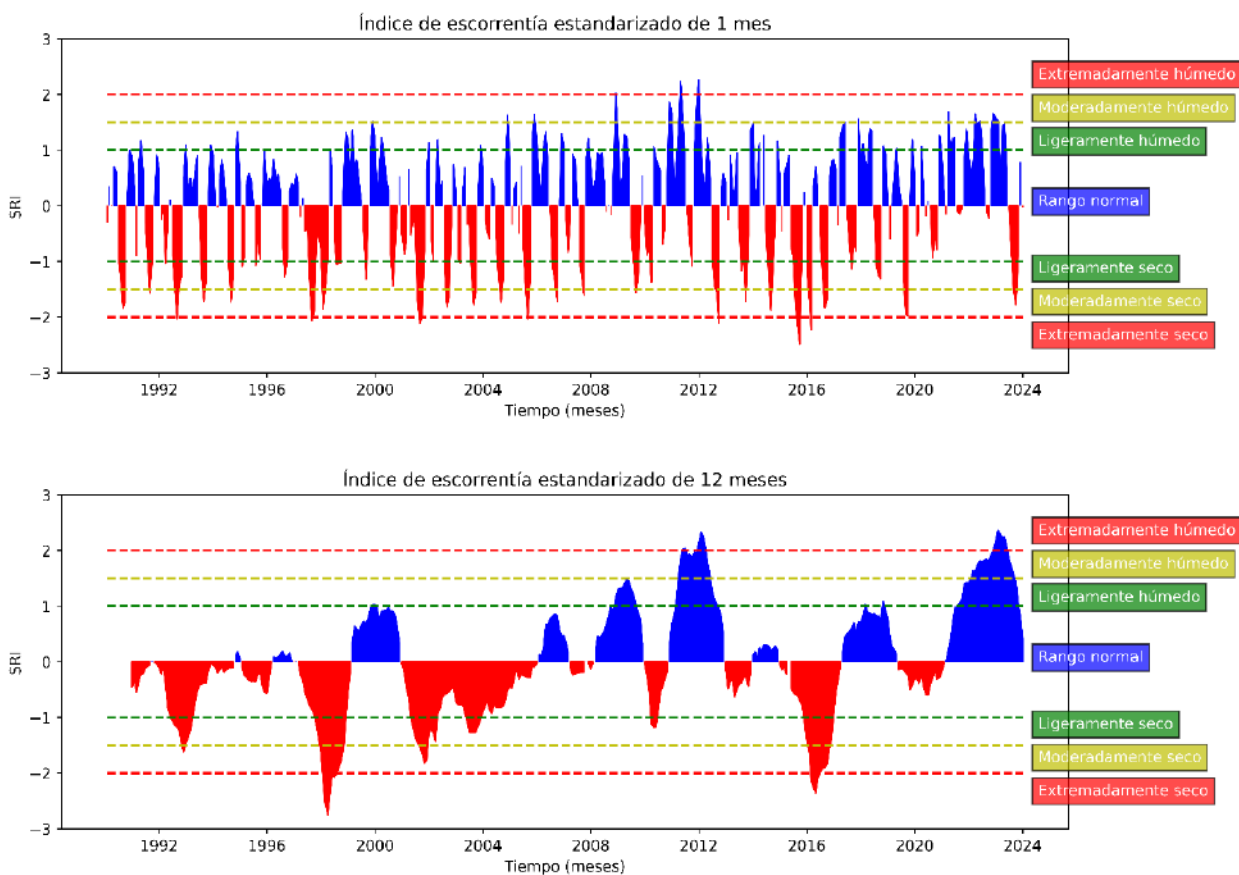


Figura 44. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2023 en el río Prado (punto de cierre)

2.3.6. SRI en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

En la unidad hidrográfica de la quebrada Apicalá se identifican 4 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2010 a 2023, y ocurren 12 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 4 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2023), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observa un evento húmedo de escorrentía estandarizada de 12 meses en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican dos episodios de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y dos episodios de sequía hidrológica moderada (Figura 45).

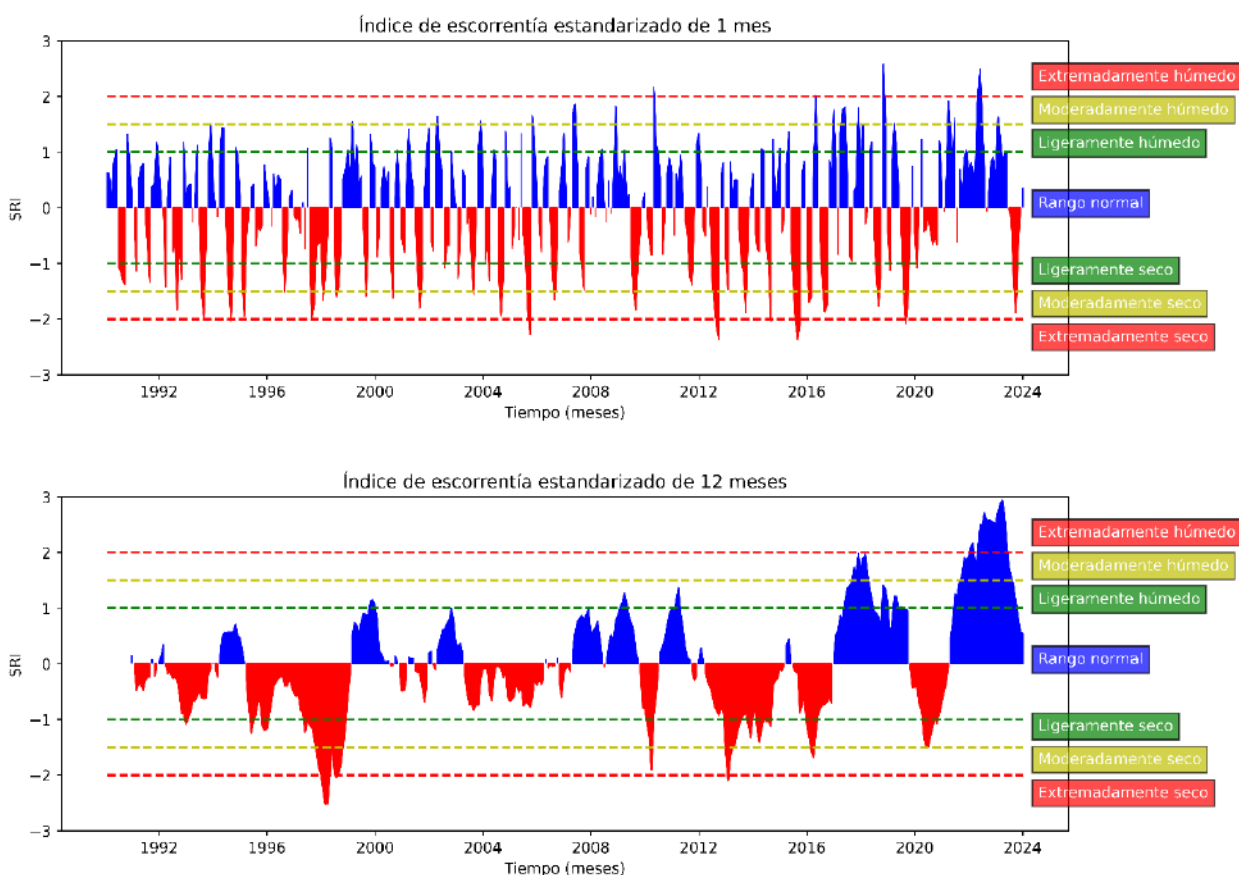


Figura 45. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2023 en la quebrada Apicalá (punto de cierre)

2.3.7. SRI en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

En la unidad hidrográfica del río Tetuán se identifican 4 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2010 a 2023, y ocurren 7 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 7 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2023), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan cuatro eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican dos episodios de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y un episodio de sequía hidrológica moderada (Figura 46).

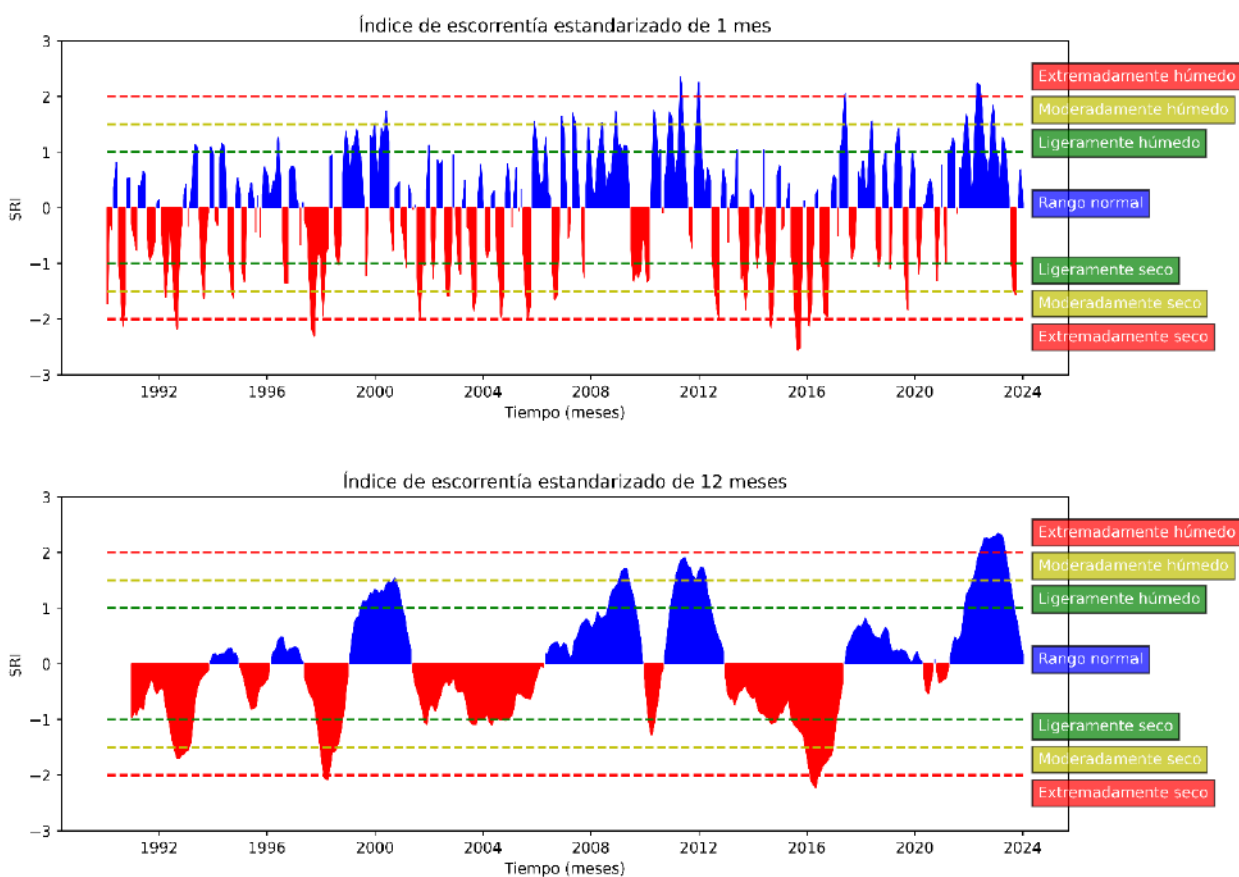


Figura 46. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2023 en el río Tetuán (punto de cierre)

En la unidad hidrográfica del río Ortega se identifican 4 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2010 a 2023, y ocurren 6 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una

estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 6 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2023), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan tres eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican dos episodios de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y un episodio de sequía hidrológica moderada (Figura 47).

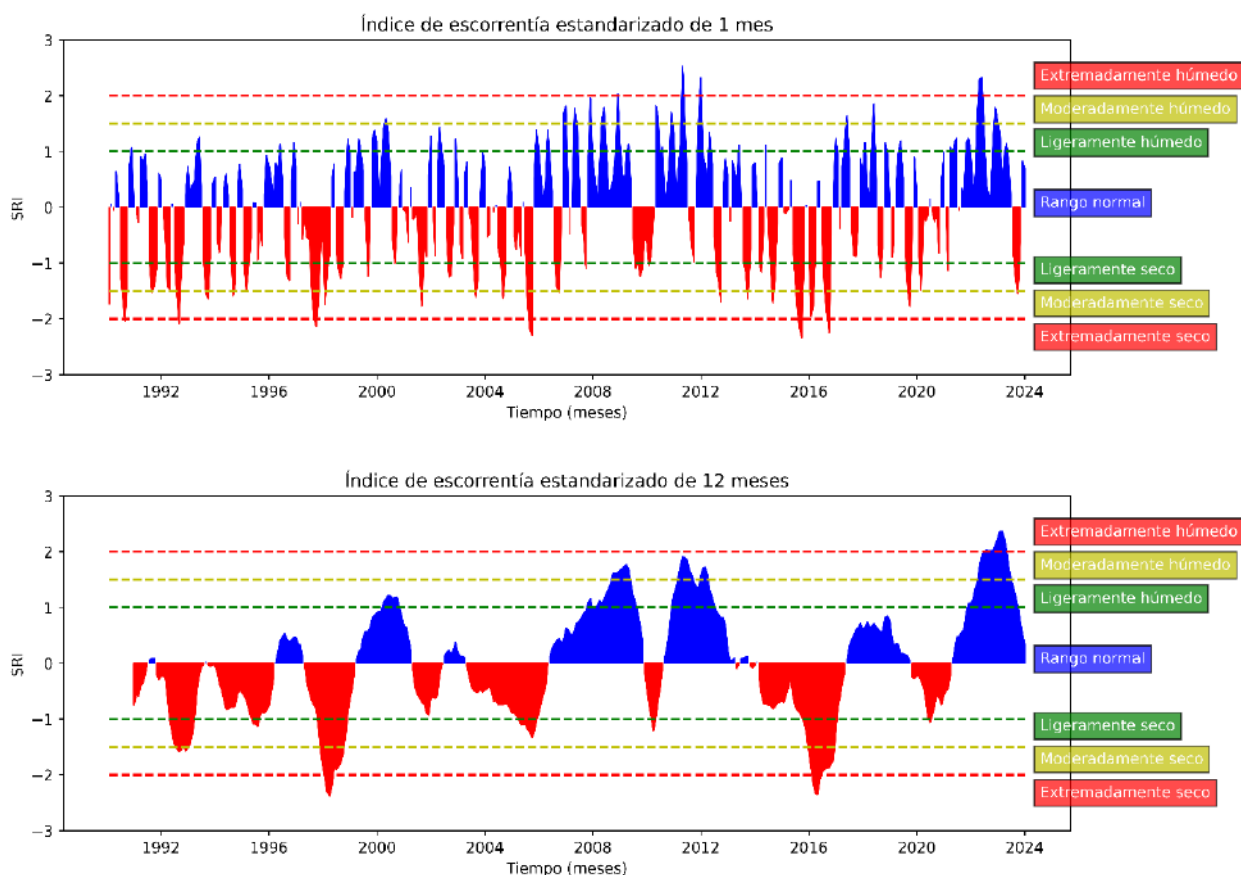


Figura 47. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2023 en el río Ortega (punto de cierre)

2.4. Índice de rendimiento medio de sedimentos (IRS)

El rendimiento medio de sedimentos se refiere a la cantidad de sedimentos que traspasan una sección transversal de control por unidad de tiempo y unidad de área aferente en un sitio de la corriente en estudio, para la ERA fueron determinados en los puntos de cierre de cada unidad de análisis en unidades de masa sobre tiempo por área ($M/T \cdot A$).

Este indicador se calculó para cada unidad de análisis mediante la aplicación de una expresión empírica regional construida a partir de los datos históricos disponibles en la red de IDEAM y los resultados de una campaña de monitoreo de caudales líquidos y caudales sólidos realizada en 38 sitios de medición en el marco de ejecución de la ERA, cuya expresión matemática es:

$$RQ_{s,j} = Q_{s,j} / A_j$$

Donde,

$RQ_{s,j}$ es el rendimiento medio de sedimentos en unidades de masa sobre tiempo por área, para la unidad de análisis j

$Q_{s,j}$ es el caudal sólido medio en unidades de masa sobre tiempo para la unidad de análisis j

A_j es el área drenante de la unidad de análisis j

Este indicador fue clasificado en cinco categorías desde “muy bajo” rendimiento de sedimentos a “muy alto” como se indica en la *Tabla 4*.

Límites de categorías (Kton/año/km ²)	Categoría	Rendimiento medio de sedimentos
< 0.2		Muy bajo
0.2 – 0.5		Bajo
0.5 – 1.0		Medio
1.0 – 2.0		Alto
> 2.0		Muy Alto

Tabla 4. Categorías del índice de rendimiento medio de sedimentos. (Fuente: IDEAM, 2018)

La subzona hidrográfica del río Cabrera presenta la totalidad de sus 21 unidades de análisis en categoría Muy Bajo (100 %), con rendimientos comprendidos entre 0,050 y 0,126 Kton/año/km², muy por debajo del umbral de 0,2 Kton/año/km² que define la categoría Bajo. El rendimiento promedio de la subzona es de 0,074 Kton/año/km² y el transporte total estimado es de 83,84 Kton/año, siendo la subzona con menor transporte total del área evaluada. Los rendimientos más altos corresponden a Quebrada Doche 2 (0,126 Kton/año/km²), Quebrada Doche 3 (0,121 Kton/año/km²), Quebrada Doche 4 (0,115 Kton/año/km²) y Quebrada Carpintero (0,113 Kton/año/km²), mientras

que los rendimientos más bajos se observan en Quebrada San Si Puedes (0,050 Kton/año/km²), Quebrada Doche 1 (0,050 Kton/año/km²) y Quebrada Guamito (0,052 Kton/año/km²). El comportamiento homogéneo en categoría Muy Bajo refleja condiciones de baja producción de sedimentos a lo largo de toda la subzona (Tabla 5 y Figura 48).

La subzona hidrográfica del río Cucuana presenta 35 unidades de análisis distribuidas entre las categorías Muy Bajo (24 unidades, 69 %) y Bajo (11 unidades, 31 %). Los rendimientos varían entre 0,022 y 0,245 Kton/año/km², con un promedio de 0,162 Kton/año/km², y el transporte total estimado es de 4 164,29 Kton/año, siendo el más alto entre las siete subzonas evaluadas. Las unidades en categoría Bajo se concentran en los tramos medios y bajos del cauce principal, donde los rendimientos superan el umbral de 0,2 Kton/año/km², destacándose Río Cucuana 9 (0,245), Río Cucuana 10 (0,244), Río Cucuana 12 (0,243), Río Cucuana 11 (0,242) y Río Cucuana 13 (0,238). Por el contrario, los rendimientos más bajos se observan en Quebrada Chicuambe (0,022 Kton/año/km²), Quebrada La Pava (0,036 Kton/año/km²) y Quebrada Guavio (0,053 Kton/año/km²), correspondientes a tributarios con menor producción específica de sedimentos. La concentración de unidades en categoría Bajo a lo largo del eje del Cucuana es consistente con la magnitud del área drenante y con el régimen hidrosedimentológico del sistema (Tabla 6 y Figura 49).

La subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz presenta 45 unidades de análisis, de las cuales 43 (96 %) se clasifican en categoría Muy Bajo y solamente 2 (4 %) en categoría Bajo: Quebrada La Mata (0,325 Kton/año/km², el valor más alto de la subzona) y Quebrada El Consuelo (0,202 Kton/año/km²). El rendimiento promedio es de 0,127 Kton/año/km² y el transporte total estimado asciende a 290,81 Kton/año. Las unidades con mayores rendimientos dentro de la categoría Muy Bajo corresponden a Quebrada Los Ángeles 5 (0,184 Kton/año/km²), Quebrada Los Ángeles 4 (0,181 Kton/año/km²), Quebrada Yabi 2 (0,177 Kton/año/km²), Quebrada Yabi 1 (0,165 Kton/año/km²) y Quebrada Los Ángeles 3 (0,172 Kton/año/km²), todas próximas al umbral de la categoría Bajo. Los rendimientos más bajos se observan en Quebrada El Cajón (0,046 Kton/año/km²), Quebrada Goloso (0,055 Kton/año/km²) y Quebrada Limonal (0,070 Kton/año/km²). Aunque la categorización es predominantemente Muy Bajo, varias quebradas presentan valores que las acercan al límite superior de la categoría, lo cual es consistente con un sistema heterogéneo con sectores de mayor aporte sedimentario localizados (Tabla 7 y Figura 50).

La subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos al Magdalena presenta la totalidad de sus 25 unidades de análisis en categoría Muy Bajo (100 %), con rendimientos comprendidos entre 0,009 y 0,094 Kton/año/km². El rendimiento promedio es de 0,057 Kton/año/km², el menor entre las siete subzonas evaluadas, y el transporte total

estimado es de 268,48 Kton/año. Los rendimientos más altos corresponden a Río Luisa 2 (0,094 Kton/año/km²), Río Luisa 4 (0,094 Kton/año/km²), Río Luisa 5 (0,093 Kton/año/km²), Río Luisa 3 (0,089 Kton/año/km²) y Río Luisa 1 (0,084 Kton/año/km²), localizados a lo largo del eje del cauce principal. Los rendimientos más bajos se presentan en Quebrada Guaduas (0,009 Kton/año/km², el valor más bajo de toda el área evaluada), Directos Magdalena 3 (0,023 Kton/año/km²) y Quebrada Agua Sucia (0,026 Kton/año/km²). El comportamiento homogéneo en categoría Muy Bajo, con valores todos inferiores a 0,1 Kton/año/km², refleja una baja producción de sedimentos en la subzona pese a las condiciones de intensa presión por uso del agua identificadas en el análisis del IUA (Tabla 8 y Figura 51).

La subzona hidrográfica del río Prado comprende 27 unidades de análisis, de las cuales 25 (93 %) se clasifican en categoría Muy Bajo y 2 (7 %) en categoría Bajo: Directos Embalse (0,227 Kton/año/km²) y Río Prado 2 (0,225 Kton/año/km²), correspondientes al sector del embalse del Río Prado. El rendimiento promedio de la subzona es de 0,127 Kton/año/km² y el transporte total estimado es de 1 381,85 Kton/año, siendo el segundo más alto del área evaluada. Las unidades con mayores rendimientos dentro de la categoría Muy Bajo corresponden a Río Negro 2 (0,194 Kton/año/km²), Quebrada Aco (0,166 Kton/año/km²), Río Prado 1 (0,162 Kton/año/km²) y Río Negro 1 (0,151 Kton/año/km²), todas próximas al umbral de la categoría Bajo. Los rendimientos más bajos se observan en Río Cunday 1 (0,053 Kton/año/km²), Quebrada El León (0,055 Kton/año/km²) y Quebrada El Salado (0,063 Kton/año/km²). La concentración de las unidades en categoría Bajo en el sector del embalse es coherente con la magnitud del área drenante aportante a este sector del sistema (Tabla 9 y Figura 52).

La subzona hidrográfica del río Sumapaz presenta la totalidad de sus 19 unidades de análisis en categoría Muy Bajo (100 %), con rendimientos comprendidos entre 0,024 y 0,084 Kton/año/km². El rendimiento promedio es de 0,053 Kton/año/km², el segundo más bajo entre las subzonas evaluadas, y el transporte total estimado es de 52,14 Kton/año, siendo el segundo más bajo del área. Los rendimientos más altos corresponden a Quebrada Juan López (0,084 Kton/año/km²), Quebrada Agua Fría (0,083 Kton/año/km²), Directos Sumapaz 1 (0,073 Kton/año/km²), Directos Sumapaz 2 (0,072 Kton/año/km²) y Quebrada Apícala 3 (0,070 Kton/año/km²). Los rendimientos más bajos se observan en Quebrada La Guaduala (0,024 Kton/año/km²), Quebrada Palmas (0,025 Kton/año/km²) y Quebrada Olache 1 (0,026 Kton/año/km²). El comportamiento homogéneo en categoría Muy Bajo, con todos los valores claramente inferiores a 0,1 Kton/año/km², refleja una producción de sedimentos reducida y bastante uniforme a lo largo de la subzona (Tabla 10 y Figura 53).

La subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega comprende 24 unidades de análisis, de las cuales 22 (92 %) se clasifican en categoría Muy Bajo y 2 (8 %) en categoría Bajo: Río

Tetuán 6 (0,205 Kton/año/km²) y Río Tetuán 7 (0,204 Kton/año/km²), correspondientes a los tramos altos del río Tetuán. El rendimiento promedio de la subzona es de 0,143 Kton/año/km² y el transporte total estimado es de 987,07 Kton/año. Dentro de la categoría Muy Bajo se destacan, por su proximidad al umbral, Río Tetuán 5 (0,199 Kton/año/km²), Río Tetuán 4 (0,192 Kton/año/km²) y Río Tetuán 3 (0,187 Kton/año/km²), seguidos por los tramos Río Tetuán 2 (0,172), Río Tetuán 1 (0,164), Río Ortega 5 (0,153) y Río Ortega 4 (0,151). Los rendimientos más bajos se observan en Quebrada Palmarosa (0,078 Kton/año/km²), Quebrada Chiquinima (0,094 Kton/año/km²) y Quebrada Taquima (0,095 Kton/año/km²). El patrón observado muestra que los mayores aportes específicos de sedimentos se concentran en el eje del río Tetuán, mientras que los tributarios y los tramos del río Ortega presentan rendimientos más reducidos (Tabla 11 y Figura 54).

2.4.1. IRS en la subzona hidrográfica del río Cabrera

Unidad de Análisis	Categoría Rendimiento de Sedimentos	Área Drenante (km ²)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km ²)
(1): Quebrada Garrapata	Muy Bajo	9.834	0.581	0.059
(2): Quebrada Doche 4	Muy Bajo	170.367	19.573	0.115
(3): Quebrada Alpujarrita	Muy Bajo	24.277	1.394	0.057
(4): Quebrada Doche 3	Muy Bajo	135.107	16.358	0.121
(5): Quebrada Las Pavas	Muy Bajo	18.505	1.460	0.079
(6): Quebrada Doche 2	Muy Bajo	80.564	10.155	0.126
(7): Quebrada Carpintero	Muy Bajo	49.416	5.570	0.113
(8): Quebrada Doche 1	Muy Bajo	1.364	0.068	0.050
(9): Quebrada San Pedro	Muy Bajo	59.368	4.783	0.081
(10): Quebrada Las Lajas	Muy Bajo	7.741	0.428	0.055
(11): Quebrada San Si Puedes	Muy Bajo	8.138	0.404	0.050
(12): Quebrada El Chorro	Muy Bajo	16.926	1.105	0.065
(13): Quebrada Corama	Muy Bajo	17.885	1.186	0.066
(14): Quebrada El Borrachero	Muy Bajo	12.524	0.828	0.066
(15): Quebrada Sevilla	Muy Bajo	12.427	0.656	0.053
(16): Quebrada Rodada	Muy Bajo	14.680	1.029	0.070
(17): Quebrada Guamito	Muy Bajo	3.402	0.178	0.052
(18): Quebrada La Montaña	Muy Bajo	24.838	2.127	0.086
(19): Quebrada La Honda	Muy Bajo	22.375	1.593	0.071
(20): Directos Riachon	Muy Bajo	103.958	6.943	0.067
(21): Directos Cabrera	Muy Bajo	121.133	7.426	0.061

Tabla 5. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Cabrera

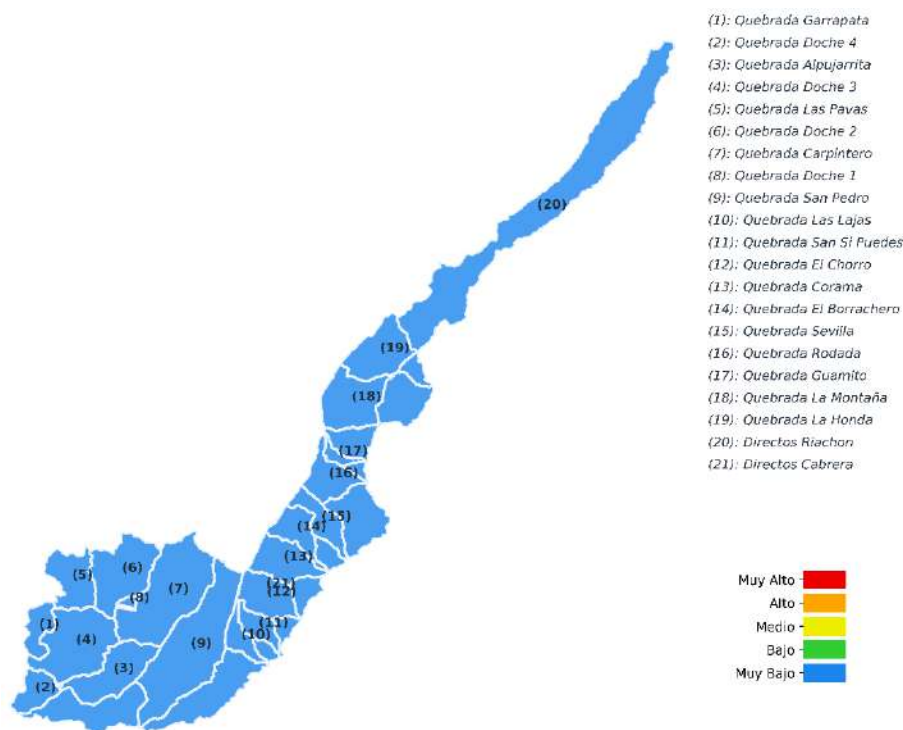


Figura 48. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Cabrera para el periodo (1990 a 2023)

2.4.2. IRS en la subzona hidrográfica del río Cucuana

Unidad de Análisis	Categoría Rendimiento de Sedimentos	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)
(1): Río Cucuana 16	Bajo	1873.14	429.33	0.23
(2): Quebrada Chicumbe	Muy Bajo	33.06	0.72	0.02
(3): Río Cucuana 15	Bajo	1829.55	426.63	0.23
(4): Quebrada La Pava	Muy Bajo	45.92	1.66	0.04
(5): Río Cucuana 14	Bajo	1772.19	421.64	0.24
(6): Río Cucuana 13	Bajo	1755.94	418.41	0.24
(7): Quebrada Chipalo	Muy Bajo	123.58	10.63	0.09
(8): Río Cucuana 12	Bajo	1628.75	394.98	0.24
(9): Río Cucuana 11	Bajo	1593.44	385.74	0.24
(10): Quebrada Guavio	Muy Bajo	31.26	1.67	0.05
(11): Río Cucuana 10	Bajo	1543.29	376.36	0.24
(12): Quebrada Molina	Muy Bajo	49.54	5.15	0.10
(13): Río Cucuana 9	Bajo	1458.90	357.25	0.24
(14): Río Chili 4	Bajo	715.50	148.10	0.21
(15): Río Tuamo	Muy Bajo	263.24	42.92	0.16
(16): Río Manso	Muy Bajo	79.05	10.92	0.14
(17): Río Tuamo 1	Muy Bajo	103.46	14.84	0.14
(18): Río Chili 3	Muy Bajo	433.19	84.92	0.20
(19): Quebrada Grande	Muy Bajo	68.70	9.39	0.14
(20): Río Chili 2	Muy Bajo	255.37	42.76	0.17
(21): Río Crisol	Muy Bajo	75.15	9.20	0.12
(22): Río Chili 1	Muy Bajo	74.53	9.01	0.12

Unidad de Análisis	Categoría Rendimiento de Sedimentos	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)
(23): Río Cucuana 8	Bajo	710.27	157.26	0.22
(24): Quebrada Guadualito	Muy Bajo	33.29	4.69	0.14
(25): Río Cucuana 6	Bajo	547.49	110.90	0.20
(26): Quebrada Aguas Claras	Muy Bajo	56.97	8.65	0.15
(27): Río Cucuana 5	Muy Bajo	488.89	95.01	0.19
(28): Quebrada El Cedral	Muy Bajo	49.25	6.97	0.14
(29): Río Cucuana 4	Muy Bajo	399.07	73.49	0.18
(30): Río San Marcos 2	Muy Bajo	104.37	14.47	0.14
(31): Río Cucuana 3	Muy Bajo	253.08	43.04	0.17
(32): Río Cucuanita	Muy Bajo	78.27	10.71	0.14
(33): Río Cucuana 2	Muy Bajo	144.47	21.52	0.15
(34): Río Perrillo	Muy Bajo	30.16	3.40	0.11
(35): Río Cucuana 1	Muy Bajo	88.17	11.93	0.14

Tabla 6. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Cucuana

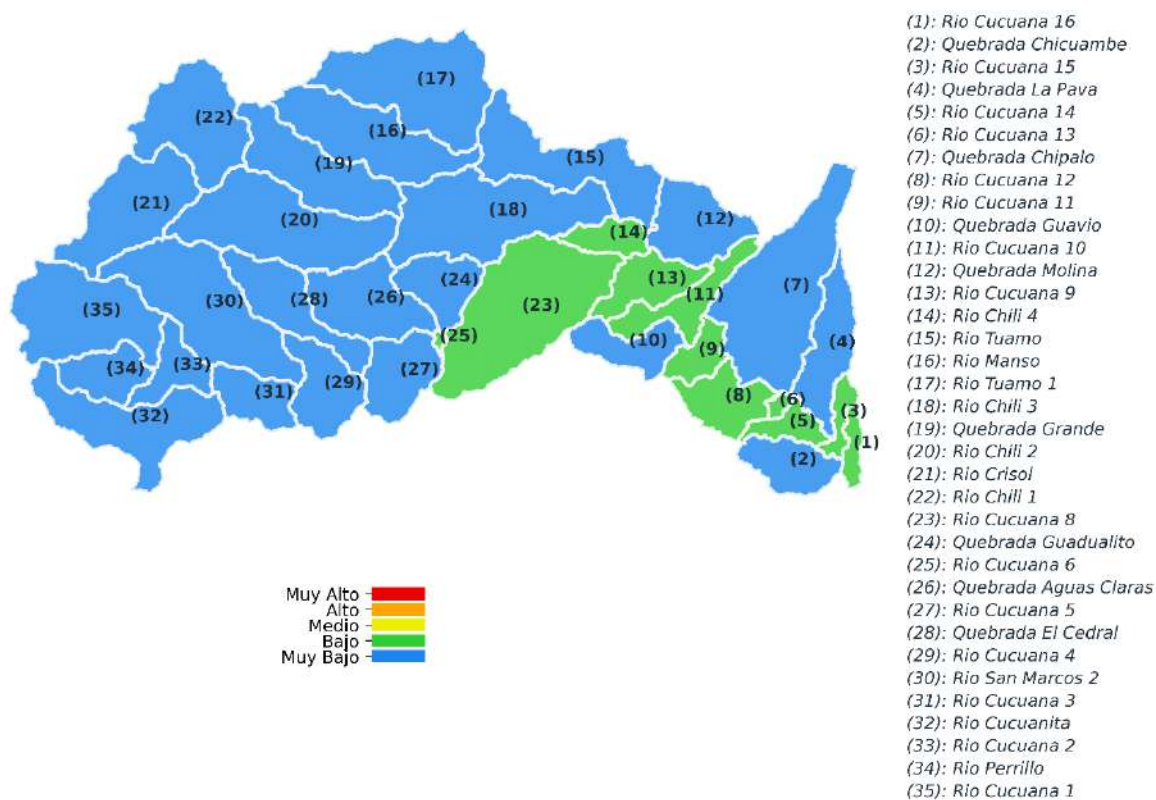


Figura 49. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Cucuana para el periodo (1990 a 2023)

2.4.3. IRS en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

Unidad de Análisis	Categoría Rendimiento de Sedimentos	Área Drenante (km ²)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km ²)
(1): Quebrada Anacarco	Muy Bajo	55.71	6.38	0.11
(2): Quebrada Ularco	Muy Bajo	9.94	0.72	0.07
(3): Quebrada Mercadillo	Muy Bajo	34.11	3.81	0.11
(4): Quebrada El Cajon	Muy Bajo	8.65	0.40	0.05
(5): Quebrada Chaquirco	Muy Bajo	12.79	1.19	0.09
(6): Quebrada Los Angeles 5	Muy Bajo	268.48	49.40	0.18
(7): Quebrada Bateas	Muy Bajo	26.96	3.05	0.11
(8): Quebrada Los Angeles 4	Muy Bajo	231.47	41.96	0.18
(9): Quebrada Bermejo	Muy Bajo	35.73	4.57	0.13
(10): Quebrada Los Angeles 3	Muy Bajo	153.67	26.61	0.17
(11): Quebrada El Rodeo	Muy Bajo	25.00	3.39	0.14
(12): Quebrada Los Angeles 2	Muy Bajo	115.70	18.75	0.16
(13): Quebrada El Lindero	Muy Bajo	36.73	4.68	0.13
(14): Quebrada Los Angeles 1	Muy Bajo	46.36	6.12	0.13
(15): Quebrada Tamirco	Muy Bajo	16.74	1.36	0.08
(16): Quebrada Jagual	Muy Bajo	13.60	1.38	0.10
(17): Quebrada Las Damas	Muy Bajo	26.82	3.24	0.12
(18): Quebrada Yabi 3	Muy Bajo	150.37	21.91	0.15
(19): Quebrada De Colopo	Muy Bajo	13.30	1.30	0.10
(20): Quebrada Yabi 2	Muy Bajo	87.92	15.55	0.18
(21): Quebrada El Baño	Muy Bajo	13.76	1.95	0.14
(22): Quebrada Yabi 1	Muy Bajo	52.53	8.70	0.17
(23): Quebrada Señorías	Muy Bajo	6.78	0.52	0.08
(24): Quebrada El Salado	Muy Bajo	19.59	2.26	0.12
(25): Quebrada Tortugas	Muy Bajo	23.97	2.98	0.12
(26): Quebrada Ata	Muy Bajo	66.45	7.28	0.11
(27): Quebrada Goloso	Muy Bajo	7.76	0.43	0.06
(28): Quebrada La Mata	Bajo	7.53	2.45	0.32
(29): Quebrada La Barriolosa	Muy Bajo	5.84	0.47	0.08
(30): Quebrada La Arenosa	Muy Bajo	9.29	1.13	0.12
(31): Quebrada Santa Lucia	Muy Bajo	5.01	0.66	0.13
(32): Quebrada Guadualeja	Muy Bajo	6.86	0.95	0.14
(33): Quebrada El Tigre	Muy Bajo	13.45	2.31	0.17
(34): Quebrada El Consuelo	Bajo	14.29	2.88	0.20
(35): Quebrada La Honda	Muy Bajo	17.24	3.02	0.18
(36): Quebrada Agua Blanca	Muy Bajo	11.74	1.73	0.15
(37): Quebrada La Barriolosa 2	Muy Bajo	11.16	1.43	0.13
(38): Quebrada de Batatas	Muy Bajo	27.15	4.14	0.15
(39): Quebrada Duarte	Muy Bajo	8.83	0.72	0.08
(40): Quebrada El Pital	Muy Bajo	6.16	0.59	0.10
(41): Quebrada Monteraldo	Muy Bajo	4.51	0.34	0.08
(42): Quebrada Tigrito	Muy Bajo	2.49	0.19	0.08
(43): Directos Magdalena 1	Muy Bajo	80.21	9.21	0.11
(44): Directos Magdalena 2	Muy Bajo	116.34	18.26	0.16
(45): Quebrada Limonal	Muy Bajo	6.15	0.43	0.07

Tabla 7. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

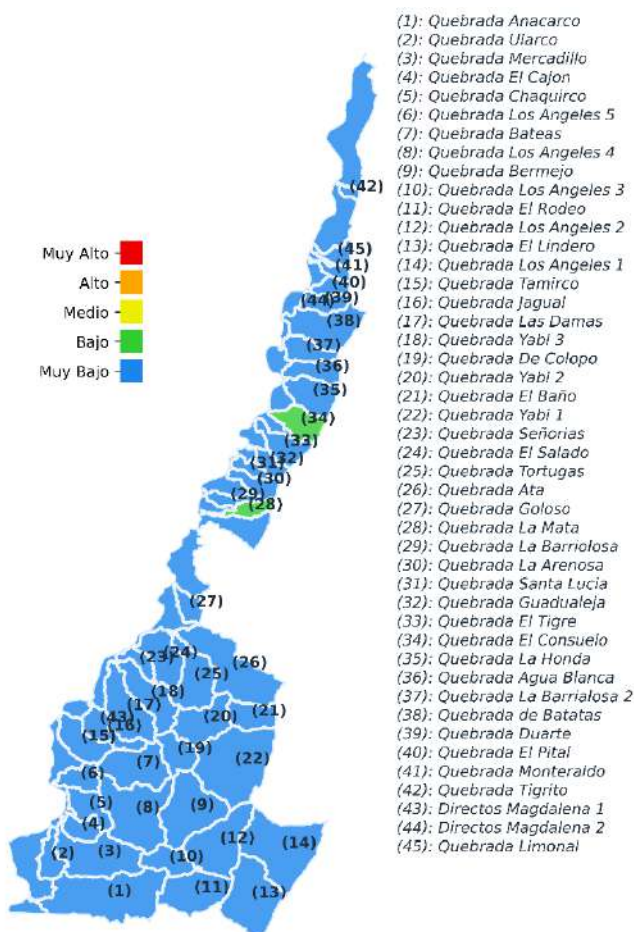


Figura 50. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz para el periodo (1990 a 2023)

2.4.4. IRS en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

Unidad de Análisis	Categoría Rendimiento de Sedimentos	Área Drenante (km ²)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km ²)
(1): Río Luisa 10	Muy Bajo	722.25	40.88	0.06
(2): Río Luisa 9	Muy Bajo	657.47	36.52	0.06
(3): Quebrada Guaduas	Muy Bajo	163.58	1.49	0.01
(4): Río Luisa 6	Muy Bajo	413.88	32.85	0.08
(5): Río Luisa 5	Muy Bajo	270.03	25.05	0.09
(6): Quebrada Agua Clara	Muy Bajo	34.73	1.65	0.05
(7): Río Luisa 4	Muy Bajo	198.20	18.55	0.09
(8): Quebrada Chicoral	Muy Bajo	59.60	4.46	0.07
(9): Río Luisa 3	Muy Bajo	97.78	8.73	0.09
(10): Río Luisa 2	Muy Bajo	79.92	7.52	0.09
(11): Río Guadual	Muy Bajo	28.62	2.21	0.08

Unidad de Análisis	Categoría Rendimiento de Sedimentos	Área Drenante (km ²)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km ²)
(12): Río Luisa 1	Muy Bajo	45.21	3.82	0.08
(13): Quebrada Tomial	Muy Bajo	32.19	1.22	0.04
(14): Quebrada Agua Sucia	Muy Bajo	22.53	0.58	0.03
(15): Quebrada Guayabal	Muy Bajo	48.00	2.00	0.04
(16): Quebrada Santana	Muy Bajo	70.47	2.49	0.04
(17): Directos Magdalena 1	Muy Bajo	31.73	1.60	0.05
(18): Directos Magdalena 4	Muy Bajo	58.60	1.85	0.03
(19): Directos Magdalena 3	Muy Bajo	19.83	0.46	0.02
(20): Directos Magdalena 2	Muy Bajo	29.36	0.88	0.03
(21): Quebrada Serrezuela	Muy Bajo	49.85	2.04	0.04
(22): Quebrada Eneal	Muy Bajo	48.21	2.14	0.04
(23): Quebrada El Cobre	Muy Bajo	44.01	2.78	0.06
(24): Río Luisa 8	Muy Bajo	492.12	33.45	0.07
(25): Río Luisa 7	Muy Bajo	484.14	33.25	0.07

Tabla 8. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Luisa y Otros Directos al Magdalena

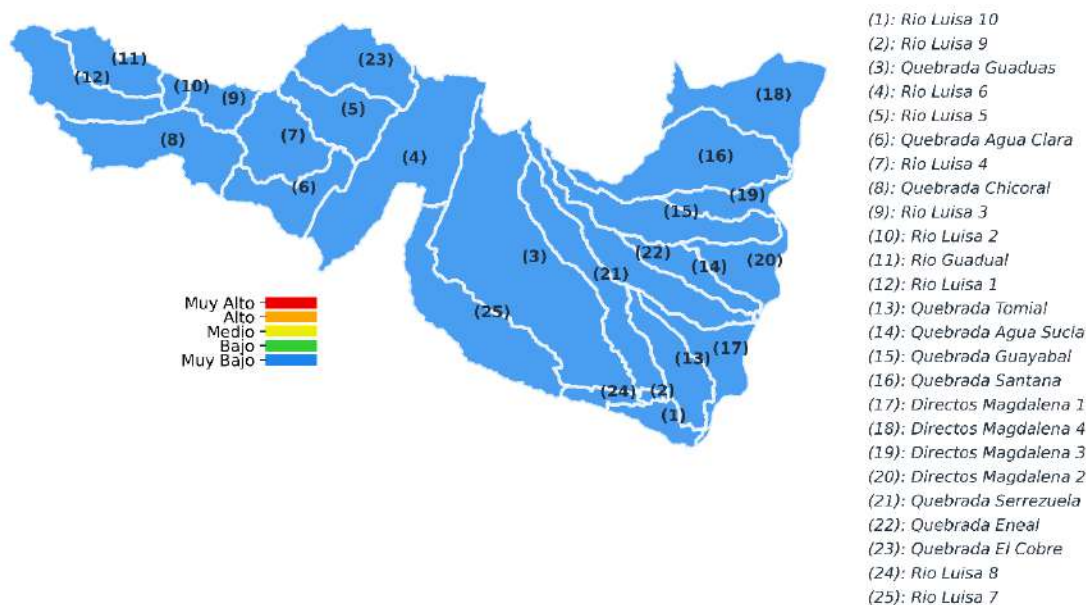


Figura 51. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Luisa y Otros Directos al Magdalena para el periodo (1990 a 2023)

2.4.5. IRS en la subzona hidrográfica del río Prado

Unidad de Análisis	Categoría Rendimiento de Sedimentos	Área Drenante (km ²)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km ²)
(1): Río Prado 2	Bajo	1671.82	376.26	0.23
(2): Directos Embalse	Bajo	1624.95	369.23	0.23

Unidad de Análisis	Categoría Rendimiento de Sedimentos	Área Drenante (km ²)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km ²)
(3): Quebrada El Salado	Muy Bajo	8.45	0.53	0.06
(4): Quebrada Malta	Muy Bajo	23.16	2.00	0.09
(5): Río Negro 2	Muy Bajo	454.71	88.31	0.19
(6): Quebrada El Pescado	Muy Bajo	119.85	19.00	0.16
(7): Río Negro 1	Muy Bajo	280.87	45.43	0.16
(8): Quebrada El Limon	Muy Bajo	14.39	2.05	0.14
(9): Quebrada Aco	Muy Bajo	76.31	12.69	0.17
(10): Quebrada de Bajas	Muy Bajo	83.62	12.13	0.15
(11): Río Prado 1	Muy Bajo	762.63	123.57	0.16
(12): Quebrada El Derecho	Muy Bajo	19.12	2.02	0.11
(13): Río Cunday 8	Muy Bajo	742.54	118.88	0.16
(14): Río Cuinde	Muy Bajo	352.91	51.09	0.14
(15): Río Cunday 7	Muy Bajo	385.98	52.51	0.14
(16): Río Vichia	Muy Bajo	127.68	10.14	0.08
(17): Río Cunday 6	Muy Bajo	217.31	30.20	0.14
(18): Quebrada El Reves	Muy Bajo	48.47	5.87	0.12
(19): Río Cunday 4	Muy Bajo	136.73	15.61	0.11
(20): Quebrada Grande	Muy Bajo	23.48	2.38	0.10
(21): Río Cunday 2	Muy Bajo	52.94	3.76	0.07
(22): Quebrada La Laja	Muy Bajo	21.30	1.50	0.07
(23): Río Cunday 1	Muy Bajo	29.24	1.56	0.05
(24): Río Cunday 5	Muy Bajo	167.61	21.17	0.13
(25): Quebrada El Leon	Muy Bajo	12.61	0.69	0.05
(26): Quebrada Tasajera	Muy Bajo	17.07	1.75	0.10
(27): Río Cunday 3	Muy Bajo	110.88	11.51	0.10

Tabla 9. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Prado

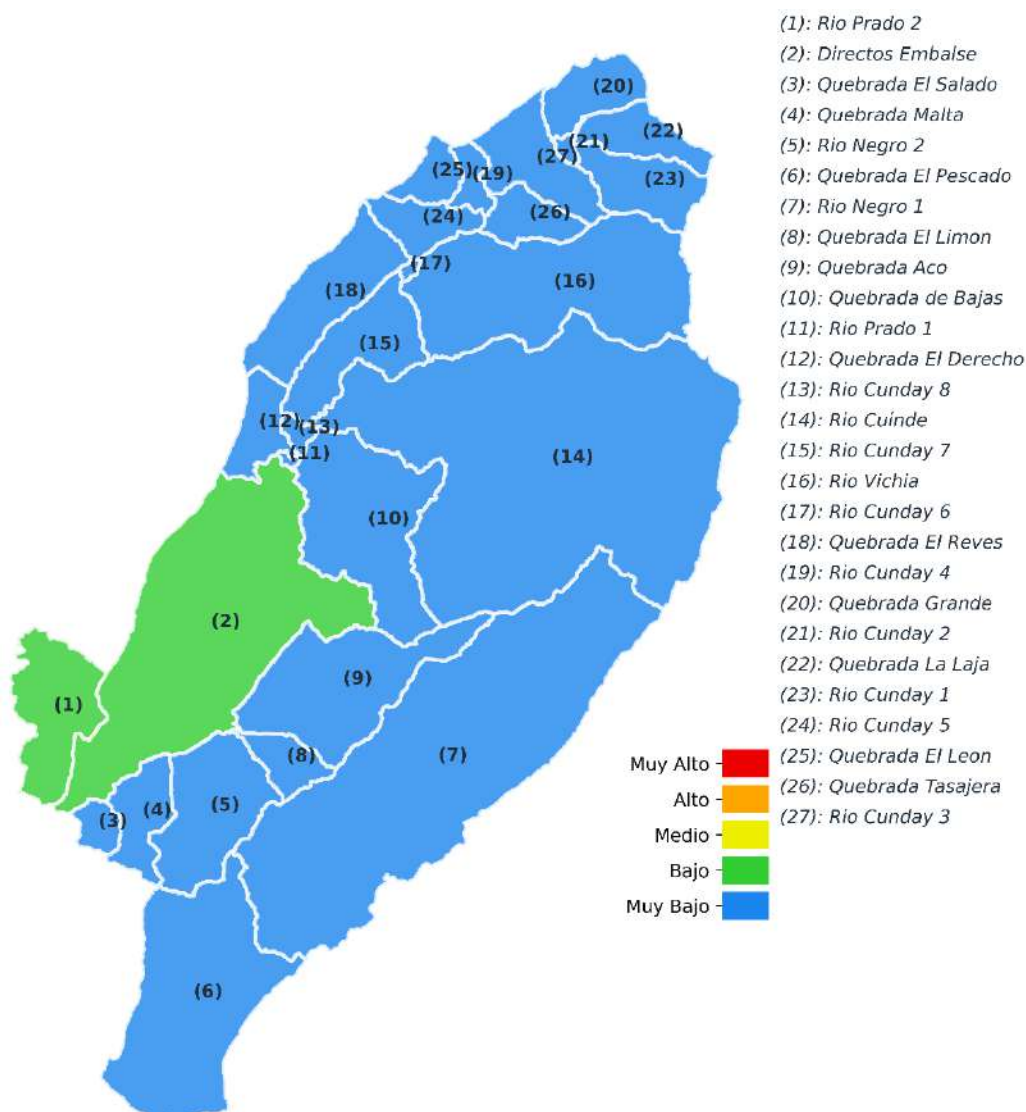


Figura 52. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Prado para el periodo (1990 a 2023)

2.4.6. IRS en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

Unidad de Análisis	Categoría Rendimiento de Sedimentos	Área Drenante (km ²)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km ²)
(1): Quebrada Apicala 3	Muy Bajo	211.45	14.84	0.07
(2): Quebrada Inali	Muy Bajo	80.72	4.94	0.06
(3): Quebrada Apicala 2	Muy Bajo	110.04	7.36	0.07
(4): Quebrada Olache 2	Muy Bajo	48.26	1.64	0.03
(5): Quebrada La Palmara 1	Muy Bajo	15.97	0.59	0.04
(6): Quebrada Olache 1	Muy Bajo	27.13	0.69	0.03
(7): Quebrada Apicala 1	Muy Bajo	85.41	3.90	0.05
(8): Quebrada La Guaduala	Muy Bajo	19.99	0.48	0.02

Unidad de Análisis	Categoría Rendimiento de Sedimentos	Área Drenante (km ²)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km ²)
(9): Quebrada Agua Fria	Muy Bajo	37.29	3.10	0.08
(10): Quebrada La Palmara	Muy Bajo	16.55	0.87	0.05
(11): Quebrada Palmas	Muy Bajo	8.21	0.20	0.02
(12): Quebrada Tinajas	Muy Bajo	4.29	0.21	0.05
(13): Quebrada Guatoche	Muy Bajo	6.19	0.29	0.05
(14): Quebrada Volcana	Muy Bajo	6.56	0.33	0.05
(15): Quebrada Juan López	Muy Bajo	50.32	4.22	0.08
(16): Quebrada La Laja	Muy Bajo	29.63	1.57	0.05
(17): Directos Sumapaz 3	Muy Bajo	51.11	2.36	0.05
(18): Directos Sumapaz 1	Muy Bajo	32.60	2.39	0.07
(19): Directos Sumapaz 2	Muy Bajo	30.02	2.17	0.07

Tabla 10. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Sumapaz

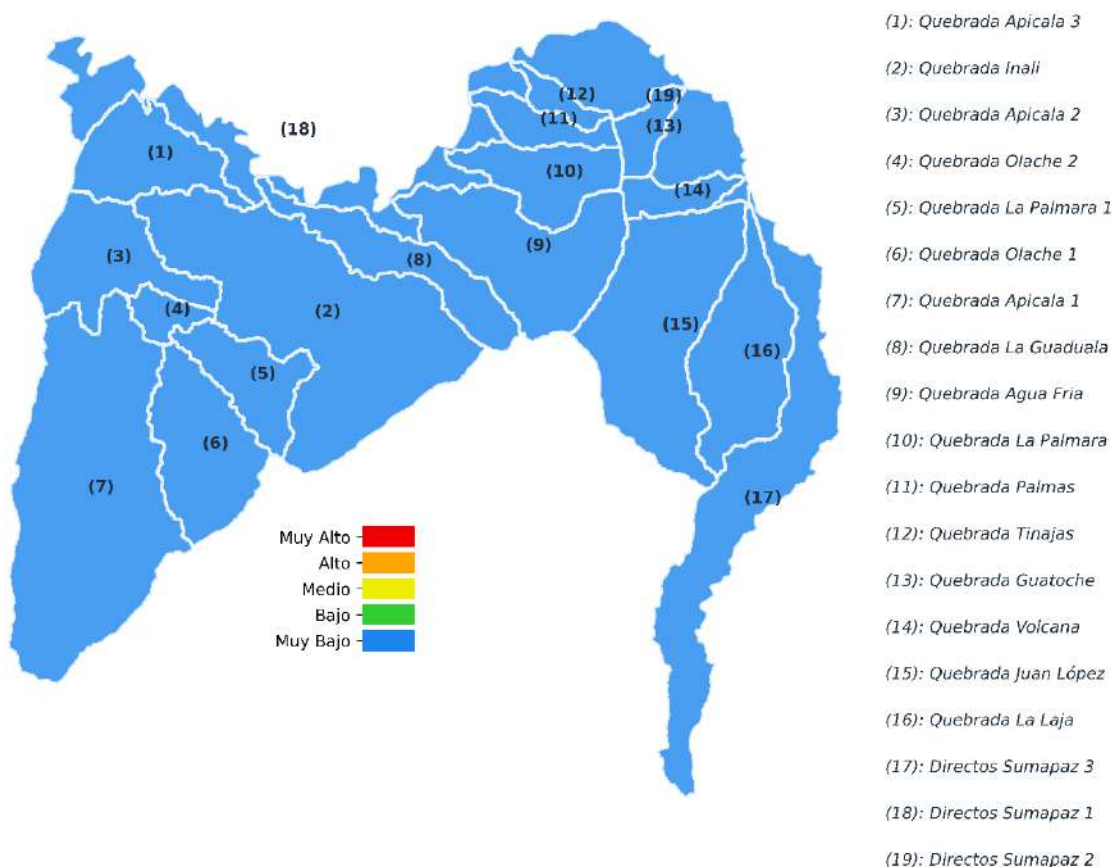


Figura 53. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Sumapaz para el periodo (1990 a 2023)

2.4.7. IRS en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega

Unidad de Análisis	Categoría Rendimiento de Sedimentos	Área Drenante (km ²)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km ²)
(1): Río Tetuan 7	Bajo	865.57	176.53	0.20
(2): Quebrada Taquima	Muy Bajo	21.11	2.00	0.09
(3): Río Tetuan 6	Bajo	786.42	161.25	0.21
(4): Río Peralonso	Muy Bajo	78.57	11.11	0.14
(5): Río Tetuan 5	Muy Bajo	704.97	140.28	0.20
(6): Quebrada Macule 2	Muy Bajo	75.94	10.67	0.14
(7): Quebrada Macule 1	Muy Bajo	46.04	5.90	0.13
(8): Quebrada Chipalo	Muy Bajo	29.32	3.42	0.12
(9): Río Tetuan 4	Muy Bajo	549.20	105.35	0.19
(10): Río Tetuan 3	Muy Bajo	515.25	96.35	0.19
(11): Quebrada Linday	Muy Bajo	32.04	4.32	0.13
(12): Quebrada Tune	Muy Bajo	44.01	6.74	0.15
(13): Río Tetuan 2	Muy Bajo	390.03	66.84	0.17
(14): Quebrada San Antonio	Muy Bajo	35.41	3.65	0.10
(15): Río Tetuan 1	Muy Bajo	192.71	26.45	0.14
(16): Río Ortega 5	Muy Bajo	311.59	46.58	0.15
(17): Quebrada Palmarosa	Muy Bajo	20.57	1.61	0.08
(18): Río Ortega 4	Muy Bajo	256.99	40.02	0.16
(19): Quebrada Chiquinima	Muy Bajo	41.41	3.87	0.09
(20): Río Ortega 3	Muy Bajo	201.59	31.20	0.15
(21): Río Luani	Muy Bajo	57.58	7.13	0.12
(22): Río Ortega 2	Muy Bajo	138.78	19.40	0.14
(23): Río Anaba	Muy Bajo	44.70	4.43	0.10
(24): Río Ortega 1	Muy Bajo	88.64	11.97	0.13

Tabla 11. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Tetuán y Ortega

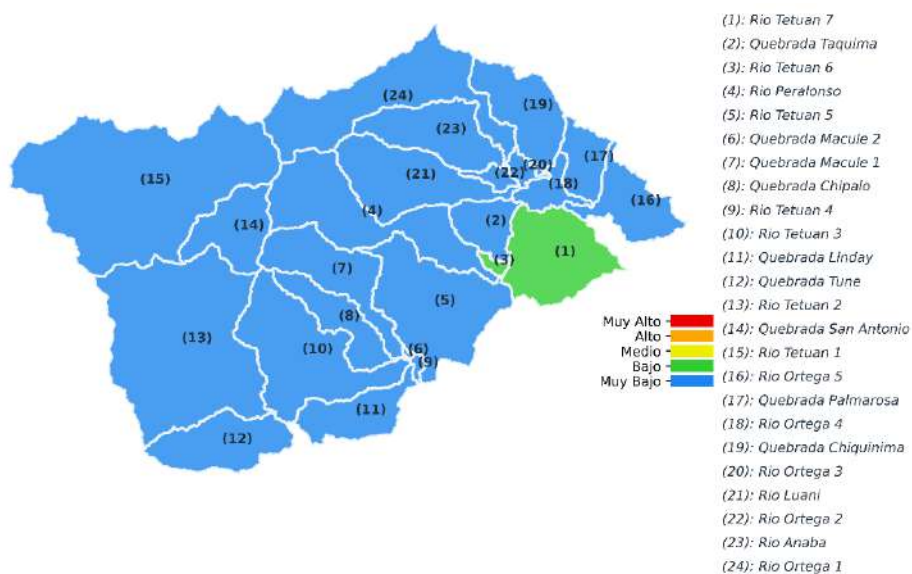


Figura 54. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega para el periodo (1990 a 2023)

3. Indicadores de Presión por Uso del Agua

3.1. Índice de uso del agua (IUA)

Expresa la relación porcentual entre la demanda hídrica y la oferta hídrica regional disponible (OHRD), en la ERA se calculó mediante la siguiente expresión:

$$IUA = \frac{DH}{OHRD} \times 100$$

IUA es el índice de uso del agua

DH es la demanda hídrica total

OHRD es la oferta hídrica regional disponible

La presión por el uso del agua se categoriza de acuerdo con la Tabla 12.

Tabla 12. Categorías del índice de uso del agua. (Fuente: IDEAM, 2020b)

Rango de categorías	Categoría	Clasificación	Presión de la demanda con respecto a la oferta disponible
$IUA > 100$		Crítico	Crítica
$50 < IUA \leq 100$		Muy Alto	Muy alta
$20 < IUA \leq 50$		Alto	Alta
$10 < IUA \leq 20$		Moderado	Moderada
$1 < IUA \leq 10$		Bajo	Baja
$IUA \leq 1$		Muy Bajo	No es significativa

La Oferta Hídrica Regional Disponible (OHRD) se refiere al volumen de agua que resulta de extraer a la oferta hídrica total superficial (OHTS) el caudal ambiental menos/más las extracciones/retornos de agua en el contorno del tramo o subcuenca. La demanda hídrica total se refiere al volumen de agua extraída para los usos sectoriales.

A continuación, se presentan los índices de uso del agua por subzona hidrográfica para las condiciones hidrológicas de año medio y año seco.

3.1.1. IUA en la subzona hidrográfica del río Cabrera

En la subzona hidrográfica del río Cabrera, las 21 unidades de análisis presentan en condiciones de año medio una distribución dominada por las categorías más bajas del IUA: Muy Bajo (16 unidades, 76 %) y Bajo (5 unidades, 24 %), sin presencia de unidades en categorías Moderado, Alto, Muy Alto o Crítico (*Figura 55 y Figura 56*). Para año seco (*Figura 57 y Figura 58*), la situación se mantiene muy similar con 15 unidades en Muy Bajo (71 %), 5 en Bajo (24 %) y la incorporación de una unidad en categoría Moderado (Directos Cabrera, IUA = 19,18 %), que asciende desde la categoría Bajo del año medio (IUA = 7,85 %). Ninguna unidad alcanza categorías iguales o superiores a Alto en ninguno de los dos escenarios, lo que confirma que la presión sobre la oferta hídrica en esta subzona no es significativa y solamente Directos Cabrera muestra sensibilidad apreciable a la presión por uso.

La demanda hídrica total estimada para la subzona del río Cabrera es de 0,154 m³/s (la más baja entre las siete subzonas evaluadas, *Tabla 13*). La demanda se concentra de manera marcada en Directos Cabrera, que aporta 0,114 m³/s y representa el 74,0 % del total de la subzona, seguido por Quebrada San Pedro (0,017 m³/s; 10,9 %), Quebrada Rodada (0,009 m³/s; 5,6 %), Quebrada Carpintero (0,006 m³/s; 3,6 %) y Quebrada Las Lajas (0,003 m³/s; 2,1 %). Las 16 unidades restantes aportan en conjunto menos del 4 % de la demanda total. Este patrón evidencia que la presión por uso del agua en la subzona está concentrada en una unidad dominante, mientras que el resto presenta niveles muy reducidos o nulos de extracción.

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m ³ /s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m ³ /s)	IUA (%)	OHRD (m ³ /s)	IUA (%)
Quebrada Garrapata	0.0000	0.2538	0.01	0.1124	0.01
Quebrada Doche 4	0.0000	0.0563	0.01	0.0385	0.01
Quebrada Alpujarrita	0.0000	0.3675	0.01	0.1385	0.01
Quebrada Doche 3	0.0031	0.6804	0.45	0.2578	1.20
Quebrada Las Pavas	0.0000	0.5319	0.01	0.2564	0.01
Quebrada Doche 2	0.0000	1.9831	0.01	0.9885	0.01
Quebrada Carpintero	0.0055	1.2264	0.45	0.5545	0.99
Quebrada Doche 1	0.0000	0.0406	0.01	0.0187	0.01
Quebrada San Pedro	0.0168	1.0198	1.65	0.4464	3.76
Quebrada Las Lajas	0.0033	0.1786	1.84	0.0812	4.04
Quebrada San Si Puedes	0.0000	0.1386	0.01	0.0677	0.01
Quebrada El Chorro	0.0004	0.3071	0.12	0.1437	0.26
Quebrada Corama	0.0000	0.3156	0.01	0.1778	0.01
Quebrada El Borrachero	0.0000	0.2237	0.01	0.1227	0.01
Quebrada Sevilla	0.0000	0.2071	0.01	0.1273	0.01
Quebrada Rodada	0.0087	0.2772	3.13	0.1484	5.85

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m ³ /s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m ³ /s)	IUA (%)	OHRD (m ³ /s)	IUA (%)
Quebrada Guamito	0.0022	0.0656	3.31	0.0348	6.25
Quebrada La Montaña	0.0001	0.5175	0.02	0.2447	0.03
Quebrada La Honda	0.0001	0.3862	0.01	0.1676	0.03
Directos Cabrera	0.1139	1.4499	7.85	0.5938	19.18
Directos Riachon	0.0000	1.8964	0.01	0.7420	0.01

Tabla 13. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Cabrera

Índice de Uso del Agua para año medio en la SZH del río CABRERA

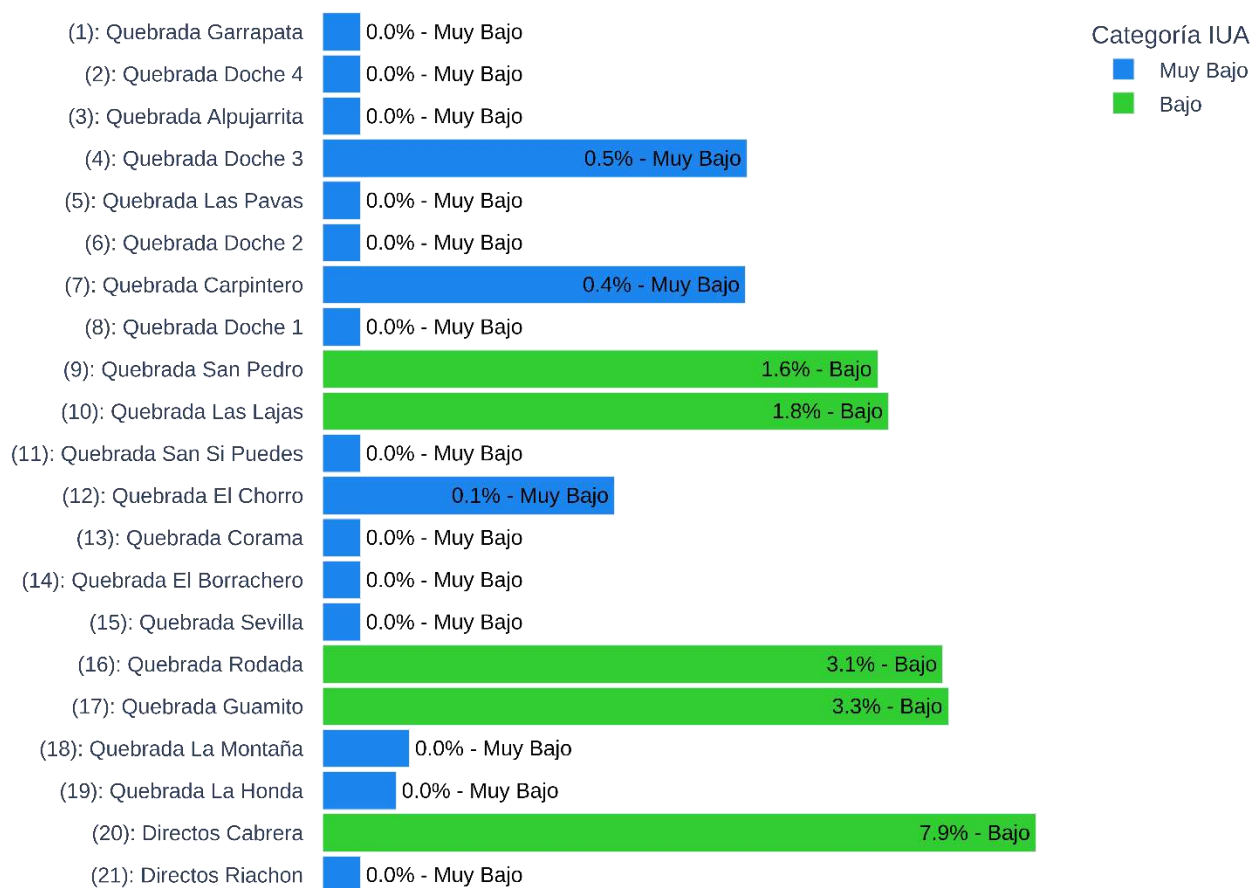


Figura 55. Índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Cabrera

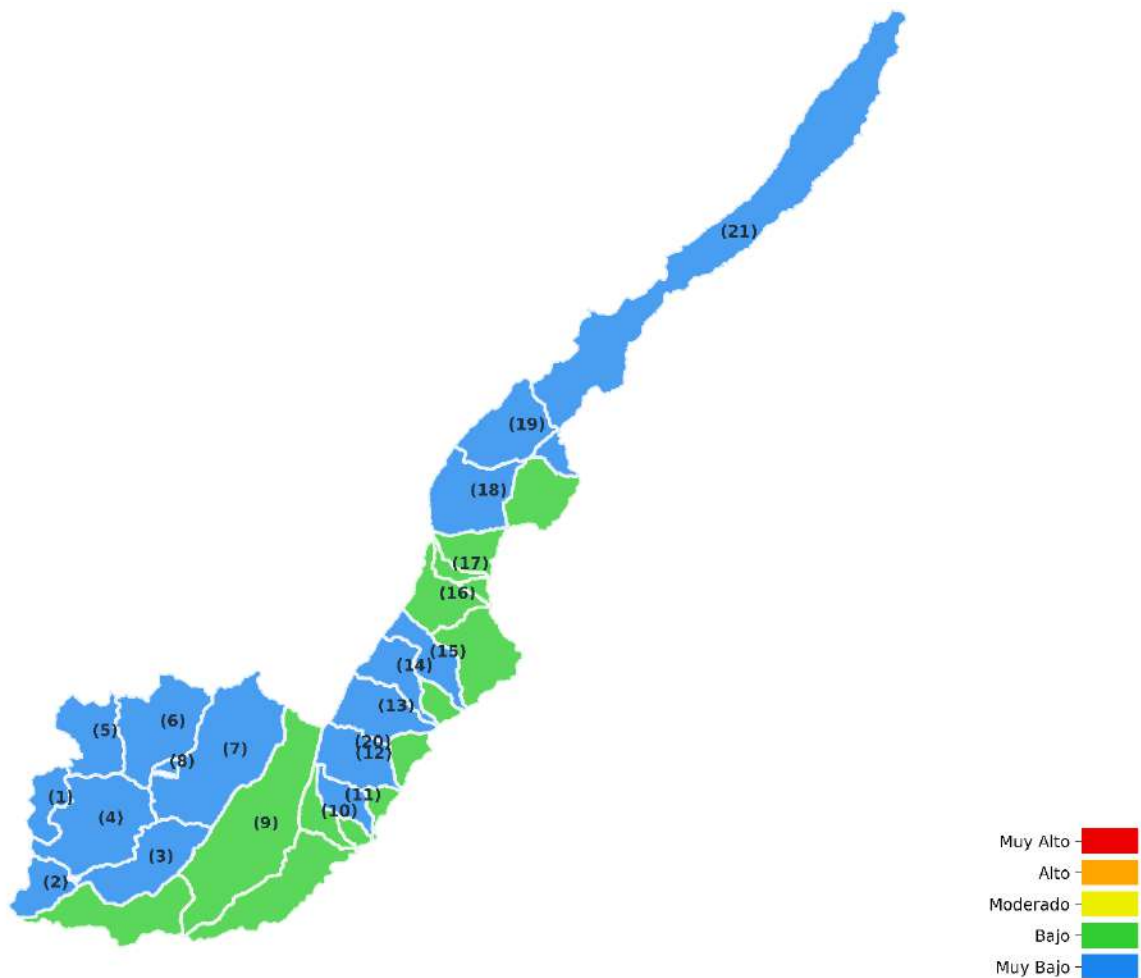


Figura 56. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Cabrera

Índice de Uso del Agua para año seco en la SZH del río CABRERA

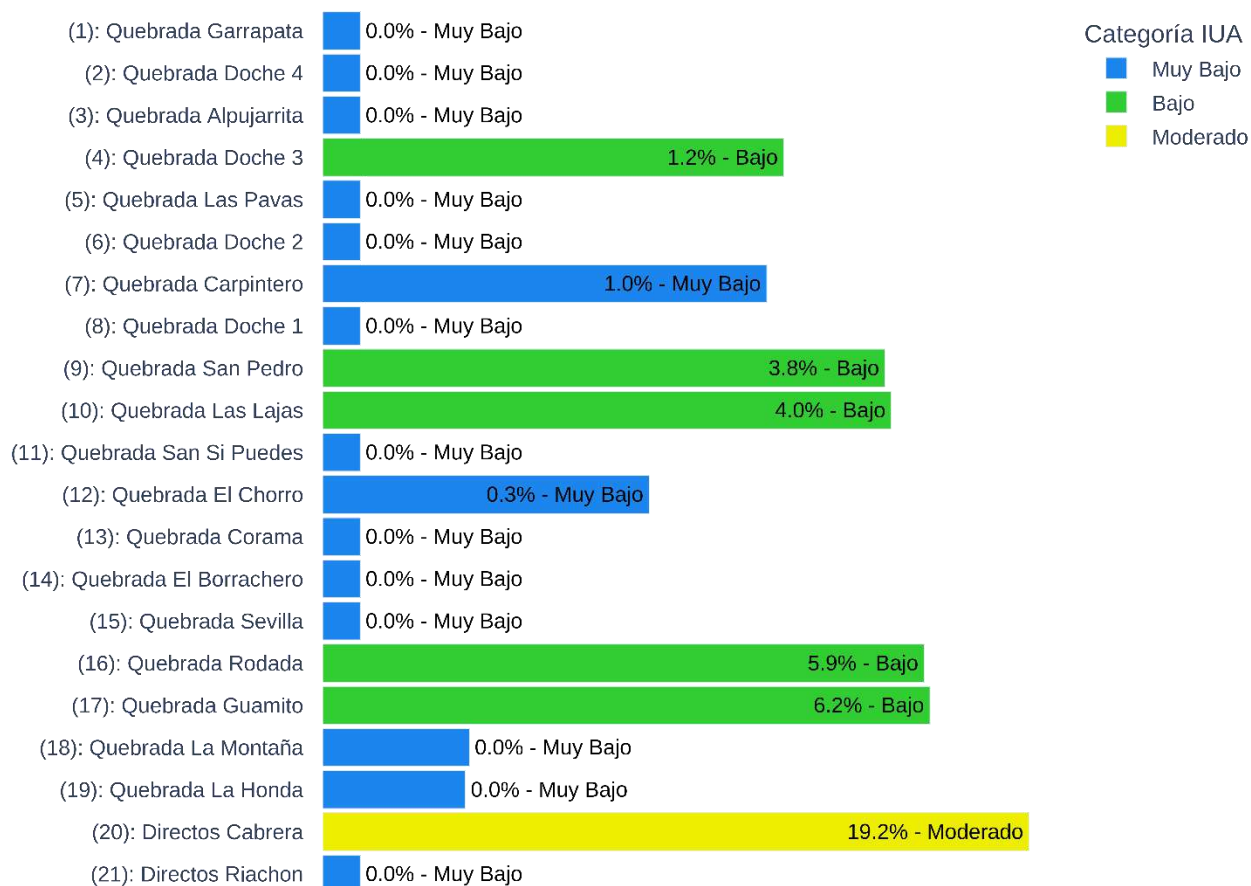


Figura 57. Índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Cabrera

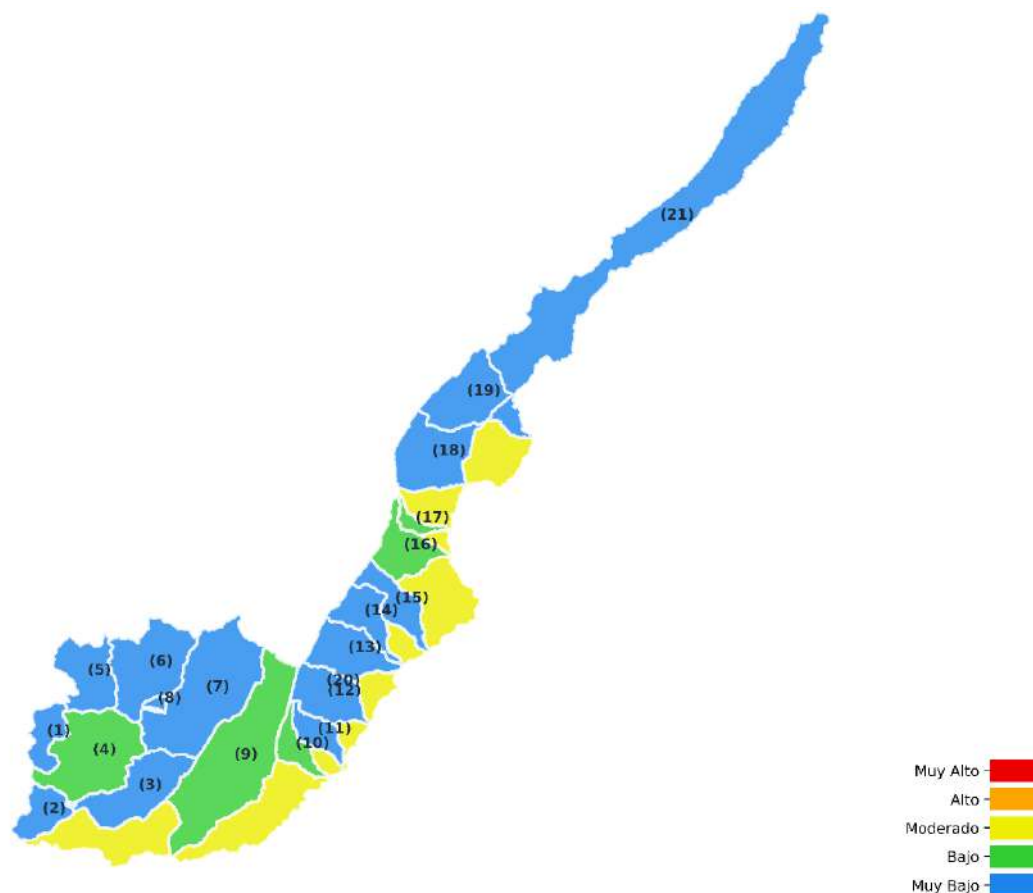


Figura 58. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Cabrera

3.1.2. IUA en la subzona hidrográfica del río Cucuana

La subzona hidrográfica del río Cucuana, conformada por 35 unidades de análisis, presenta para año medio una distribución polarizada del IUA: 23 unidades en Muy Bajo (66 %), 4 unidades en Bajo (11 %), 1 unidad en Alto (Río Cucuana 10, IUA = 28,1 %) y 7 unidades en Crítico (20 %). En categoría Crítico para año medio se identifican Río Cucuana 14, Río Cucuana 12, Río Cucuana 11, Río Cucuana 9, Río Cucuana 6, Río San Marcos 2 y Río Cucuana 3, todas asociadas a unidades con OHRD mínima frente a demandas representativas (Figura 59 y Figura 60). Para año seco la distribución es: 23 unidades en Muy Bajo (66 %), 5 en Bajo (14 %), 1 en Moderado (Río Cucuana 9, IUA = 19,8 %) y 6 en Crítico (17 %): Río Cucuana 14, Río Cucuana 12, Río Cucuana 11, Río Cucuana 6, Río San Marcos 2 y Río Cucuana 3. Es relevante notar que Río Cucuana 10 desciende de Alto a Bajo y Río Cucuana 9 desciende de Crítico a Moderado, lo cual responde a aumentos puntuales de la OHRD calculada para el escenario de año seco en estos tramos específicos (Figura 61 y Figura 62). En el resto de la subzona la categorización es estable entre ambos escenarios.

La demanda hídrica total de la subzona del río Cucuana asciende a 21,509 m³/s (Tabla 14), siendo la segunda más alta entre las subzonas evaluadas. La demanda se concentra en los tramos medios y bajos del río Cucuana: Río Cucuana 14 (13,280 m³/s; 61,7 %), Río Cucuana 3 (4,470 m³/s; 20,8 %), Río San Marcos 2 (2,044 m³/s; 9,5 %), Río Cucuana 12 (1,201 m³/s; 5,6 %), Río Cucuana 11 (0,228 m³/s; 1,1 %) y Río Cucuana 9 (0,117 m³/s; 0,5 %). Estas seis unidades concentran más del 99 % de la demanda total de la subzona, mientras que las restantes 29 unidades aportan menos del 1 %. La fuerte concentración explica que las categorías Crítico del IUA se localicen casi exclusivamente en estos tramos del río principal.

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m ³ /s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m ³ /s)	IUA (%)	OHRD (m ³ /s)	IUA (%)
Río Cucuana 16	0.00	0.01	0.0	0.0100	0.01
Quebrada Chicumbe	0.00	0.12	0.0	0.0623	0.01
Río Cucuana 15	0.00	0.01	0.0	0.0100	0.01
Quebrada La Pava	0.00	0.39	0.0	0.2617	0.01
Río Cucuana 14	13.28	0.01	132800.0	0.0100	132800.00
Río Cucuana 13	0.00	0.01	0.0	0.4601	0.01
Quebrada Chipalo	0.00	0.85	0.2	0.5035	0.30
Río Cucuana 12	1.20	0.01	12010.5	0.0100	12010.49
Río Cucuana 11	0.23	0.01	2275.0	0.0100	2275.00
Quebrada Guavio	0.02	0.33	4.5	0.2683	5.59
Río Cucuana 10	0.01	0.04	28.1	0.1296	8.86
Quebrada Molina	0.03	0.46	5.5	0.3335	7.65
Río Cucuana 9	0.12	0.01	1165.9	0.5878	19.84
Río Chili 4	0.00	0.01	0.0	0.0136	0.01
Río Tuamo	0.02	1.14	1.4	1.4088	1.10
Río Manso	0.00	2.12	0.2	1.8418	0.27
Río Tuamo 1	0.00	2.57	0.0	2.6923	0.01
Río Chili 3	0.01	2.29	0.3	1.9711	0.40
Quebrada Grande	0.00	2.03	0.0	1.4809	0.01
Río Chili 2	0.00	3.22	0.1	2.0893	0.15
Río Crisol	0.00	1.70	0.0	1.3103	0.01
Río Chili 1	0.00	1.72	0.0	1.4209	0.02
Río Cucuana 8	0.02	2.21	0.8	2.3511	0.75
Quebrada Guadualito	0.00	0.83	0.6	0.6276	0.76
Río Cucuana 6	0.01	0.01	111.6	0.0100	111.60
Quebrada Aguas Claras	0.00	1.68	0.1	1.1678	0.16
Río Cucuana 5	0.00	0.46	0.0	0.4562	0.01
Quebrada El Cedral	0.00	1.43	0.0	0.9704	0.01
Río Cucuana 4	0.04	7.15	0.5	7.0481	0.53
Río San Marcos 2	2.04	0.45	457.1	0.0100	20435.04
Río Cucuana 3	4.47	0.01	44698.1	0.0100	44698.10
Río Cucuanita	0.00	1.83	0.0	1.4982	0.01
Río Cucuana 2	0.01	0.59	2.0	0.4042	3.00
Río Perrillo	0.00	0.74	0.0	0.5914	0.01
Río Cucuana 1	0.00	2.06	0.0	1.6497	0.01

Tabla 14. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Cucuana

Índice de Uso del Agua para año medio en la SZH del río CUCUANA

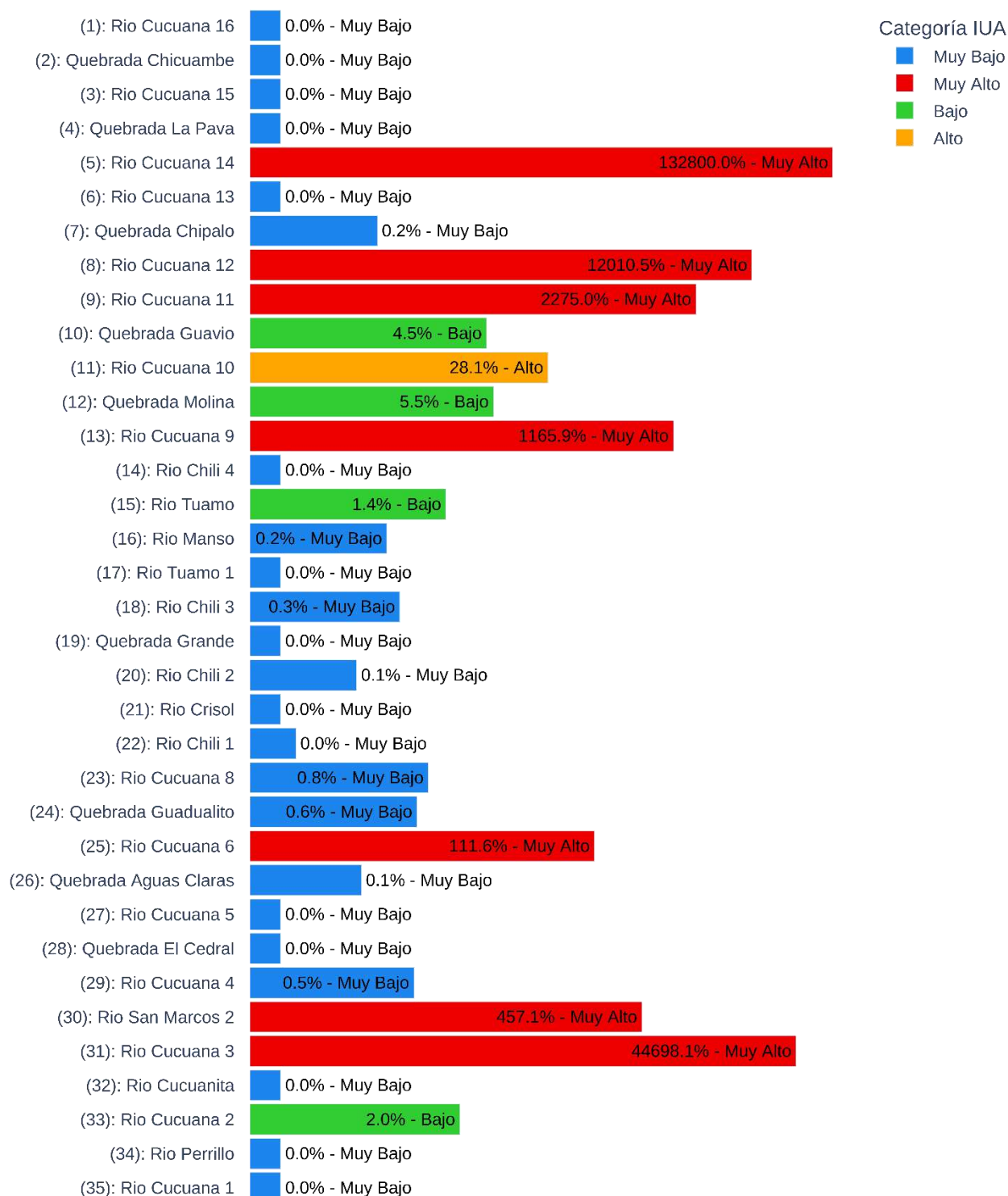


Figura 59. Índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Cucuana

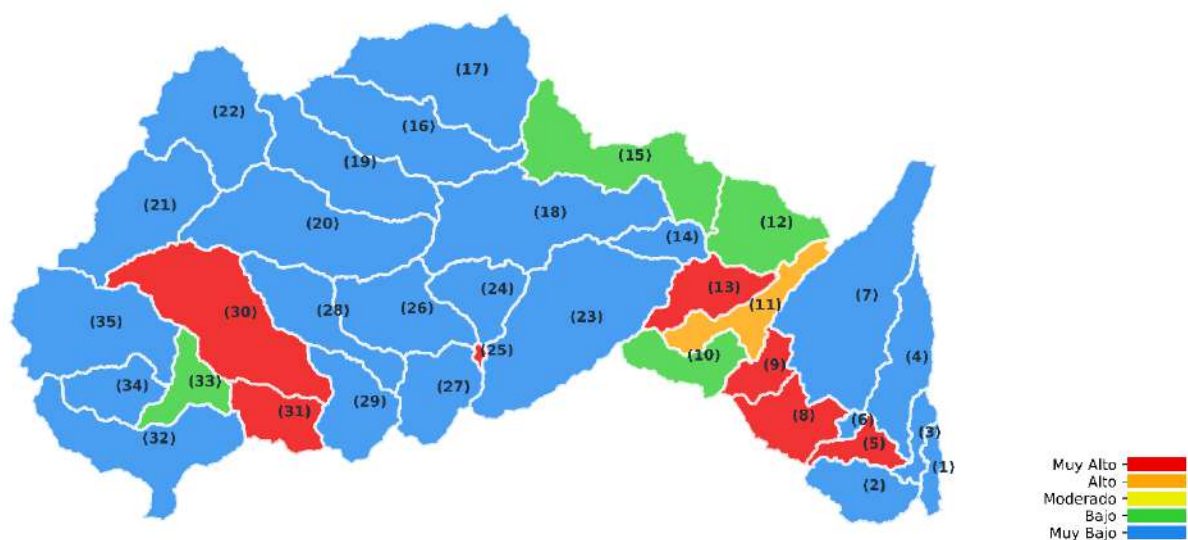


Figura 60. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Cucuana

Índice de Uso del Agua para año seco en la SZH del río CUCUANA

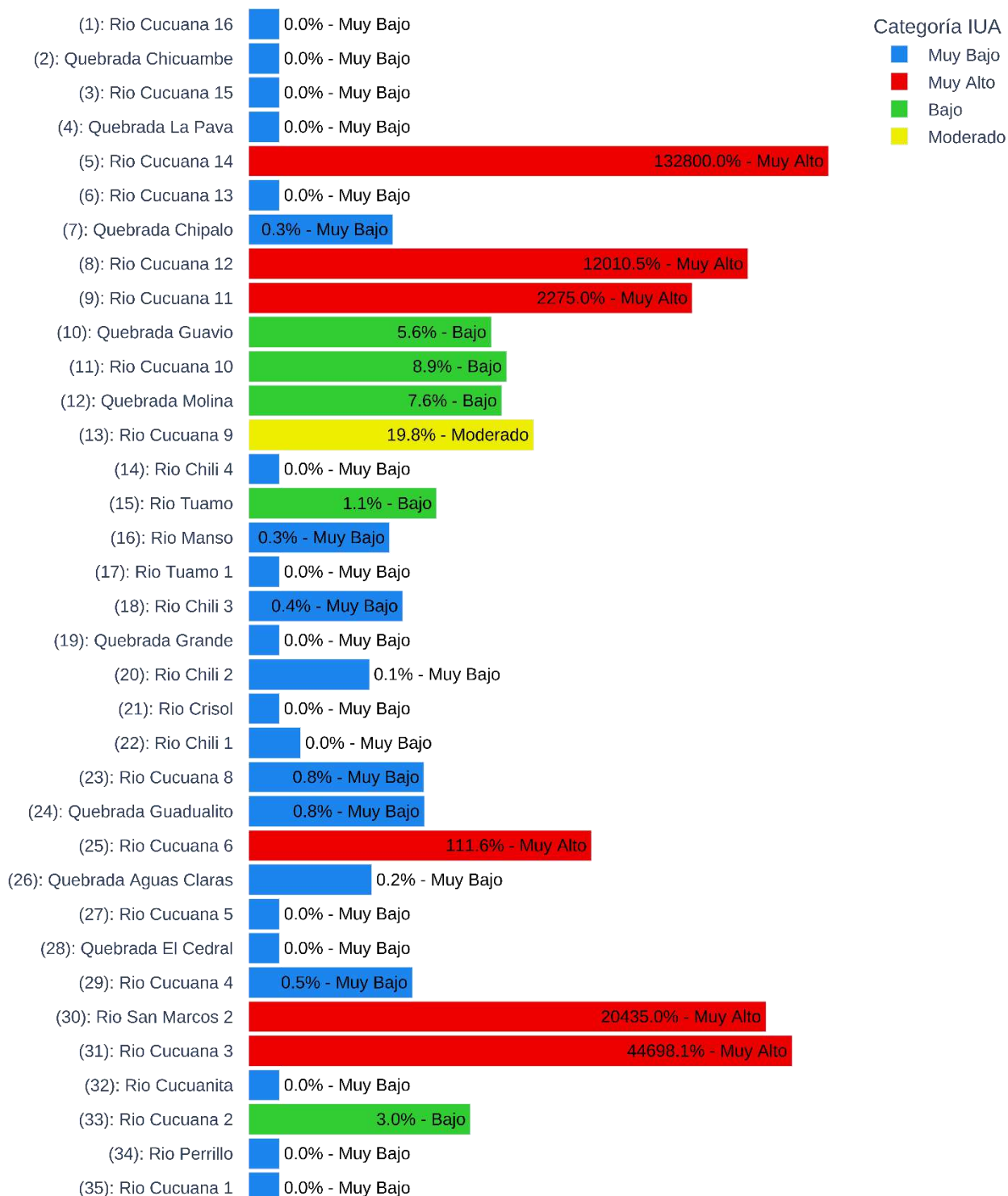


Figura 61. Índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Cucuana

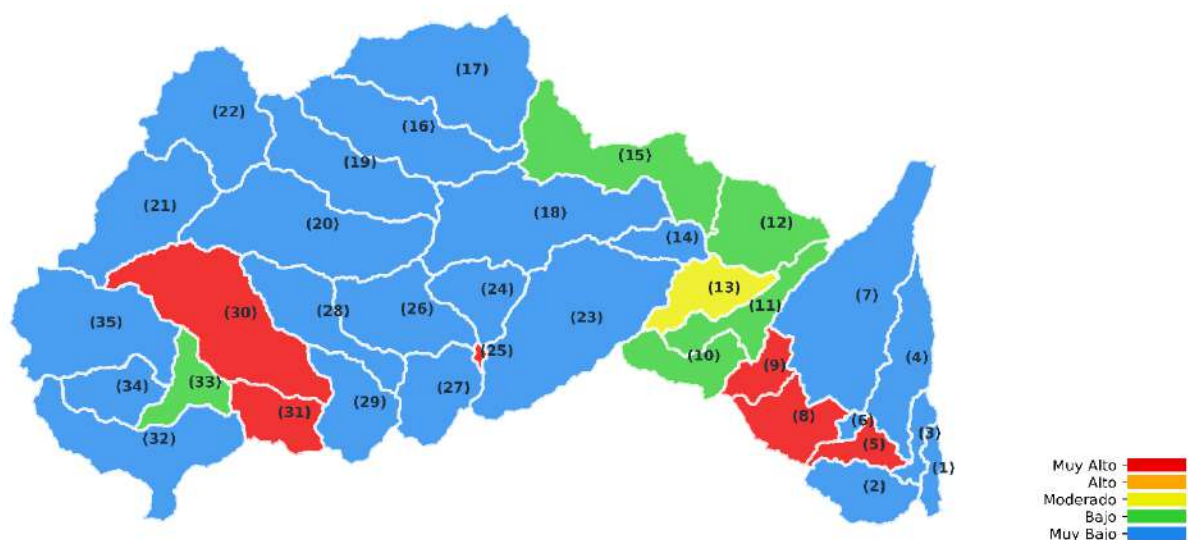


Figura 62. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Cucuana

3.1.3. IUA en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

Las 45 unidades de análisis de la subzona presentan para año medio una distribución muy dominada por las categorías inferiores (Figura 63 y Figura 64): 35 unidades en Muy Bajo (78 %), 9 unidades en Bajo (20 %) y solamente 1 unidad en Alto (Directos Magdalena 1, IUA = 22,18 %). Para año seco la distribución es (Figura 65 y Figura 66): 33 unidades en Muy Bajo (73 %), 11 en Bajo (24 %) y 1 en Alto (Directos Magdalena 1, IUA = 40,49 %, casi duplicando su valor del año medio). No se identifican unidades en las categorías Moderado, Muy Alto ni Crítico en ninguno de los dos escenarios. En conjunto, la subzona presenta una presión por uso del agua reducida, con la salvedad de Directos Magdalena 1, que constituye el único punto donde la demanda alcanza una presión alta sobre la oferta disponible y donde el cambio entre escenarios climáticos es más notorio.

La demanda hídrica total de la subzona es de 0,977 m³/s (Tabla 15), una de las más bajas del área evaluada. La distribución se concentra en dos unidades: Directos Magdalena 1 (0,550 m³/s; 56,3 %) y Directos Magdalena 2 (0,242 m³/s; 24,8 %), que en conjunto representan el 81 % del total. Las siguientes unidades con demanda relevante son Quebrada Anacarco (0,035 m³/s; 3,6 %), Quebrada El Salado (0,030 m³/s; 3,1 %), Quebrada de Batatas (0,021 m³/s; 2,1 %) y Quebrada Bateas (0,020 m³/s; 2,1 %). Las restantes 39 unidades aportan en conjunto cerca del 8 % de la demanda total, con valores individuales bajos o nulos. Esta distribución explica que la categoría Alta del IUA se restrinja a Directos Magdalena 1 y que el resto de la subzona se mantenga en categorías muy bajas a pesar del gran número de unidades evaluadas.

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m³/s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m³/s)	IUA (%)	OHRD (m³/s)	IUA (%)
Quebrada Anacarco	0.0347	1.7600	1.97	0.8933	3.89
Quebrada Ularco	0.0000	0.3035	0.01	0.1593	0.01
Quebrada Mercadillo	0.0000	1.1764	0.01	0.6295	0.01
Quebrada El Cajon	0.0000	0.1823	0.01	0.0983	0.01
Quebrada Chaquirco	0.0000	0.4505	0.01	0.2447	0.01
Quebrada Los Angeles 5	0.0000	0.3840	0.01	0.1769	0.01
Quebrada Bateas	0.0203	0.9367	2.16	0.5592	3.62
Quebrada Los Angeles 4	0.0000	1.5305	0.01	0.7668	0.01
Quebrada Bermejo	0.0000	1.0064	0.01	0.5755	0.01
Quebrada Los Angeles 3	0.0000	0.5021	0.01	0.2274	0.01
Quebrada El Rodeo	0.0000	0.7556	0.00	0.3619	0.01
Quebrada Los Angeles 2	0.0015	0.7988	0.19	0.4058	0.37
Quebrada El Lindero	0.0032	0.9610	0.33	0.4493	0.70
Quebrada Los Angeles 1	0.0048	1.0031	0.48	0.4914	0.97
Quebrada Tamirco	0.0000	0.5201	0.01	0.2774	0.01
Quebrada Jagual	0.0000	0.5068	0.01	0.2889	0.01
Quebrada Las Damas	0.0000	0.9624	0.01	0.6049	0.01
Quebrada Yabi 3	0.0168	0.8166	2.06	0.4619	3.64
Quebrada De Colopo	0.0000	0.4362	0.01	0.2845	0.01
Quebrada Yabi 2	0.0000	0.7364	0.01	0.4182	0.01
Quebrada El Baño	0.0000	0.4303	0.01	0.2174	0.01
Quebrada Yabi 1	0.0047	1.3782	0.34	0.6985	0.67
Quebrada Señorías	0.0000	0.2254	0.01	0.1309	0.01
Quebrada El Salado	0.0300	0.6326	4.74	0.3777	7.94
Quebrada Tortugas	0.0066	0.7897	0.84	0.4515	1.47
Quebrada Ata	0.0000	1.6470	0.01	0.9119	0.01
Quebrada Goloso	0.0000	0.1822	0.01	0.1120	0.01
Quebrada La Mata	0.0064	0.7359	0.87	0.5495	1.16
Quebrada La Barriolosa	0.0000	0.1877	0.01	0.1462	0.01
Quebrada La Arenosa	0.0036	0.3839	0.95	0.3368	1.08
Quebrada Santa Lucía	0.0000	0.2418	0.01	0.2251	0.01
Quebrada Guadualeja	0.0015	0.3238	0.46	0.3383	0.44
Quebrada El Tigre	0.0048	0.6893	0.70	0.7766	0.62
Quebrada El Consuelo	0.0096	0.8481	1.14	1.0059	0.96
Quebrada La Honda	0.0000	0.8712	0.01	1.0169	0.01
Quebrada Agua Blanca	0.0078	0.5474	1.43	0.5941	1.31
Quebrada La Barriolosa 2	0.0001	0.4804	0.01	0.5002	0.01
Quebrada de Batatas	0.0207	1.0611	1.95	1.1481	1.80
Quebrada Duarte	0.0068	0.2583	2.61	0.2560	2.64
Quebrada El Pital	0.0000	0.2269	0.01	0.2149	0.01
Quebrada Monteraldo	0.0000	0.1445	0.01	0.1310	0.01
Quebrada Limonal	0.0011	0.1713	0.63	0.1584	0.68
Quebrada Tigrito	0.0000	0.0811	0.01	0.0897	0.01
Directos Magdalena 1	0.5501	2.4805	22.18	1.3586	40.49
Directos Magdalena 2	0.2418	3.6278	6.67	4.1590	5.81

Tabla 15. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

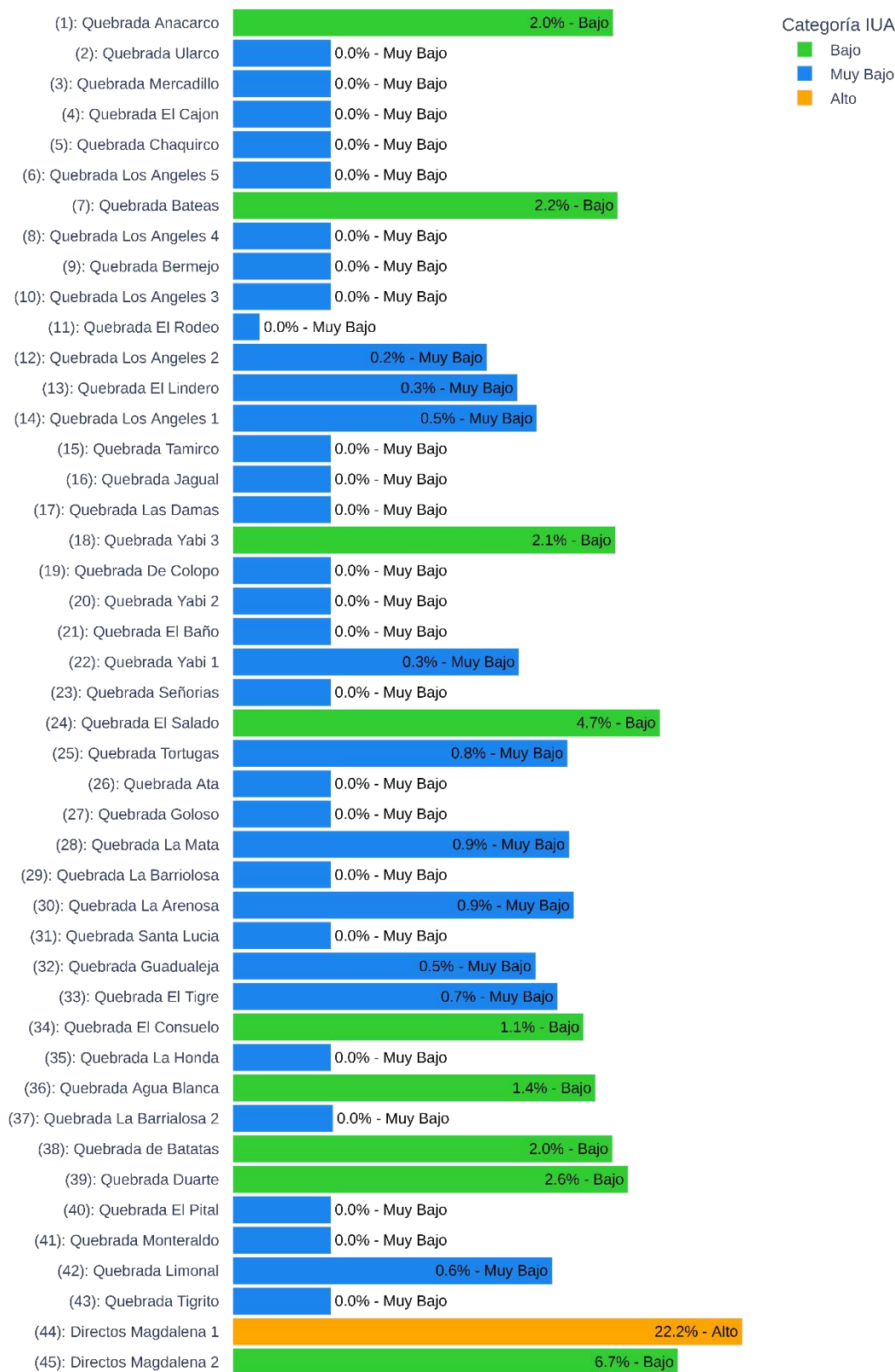


Figura 63. Índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

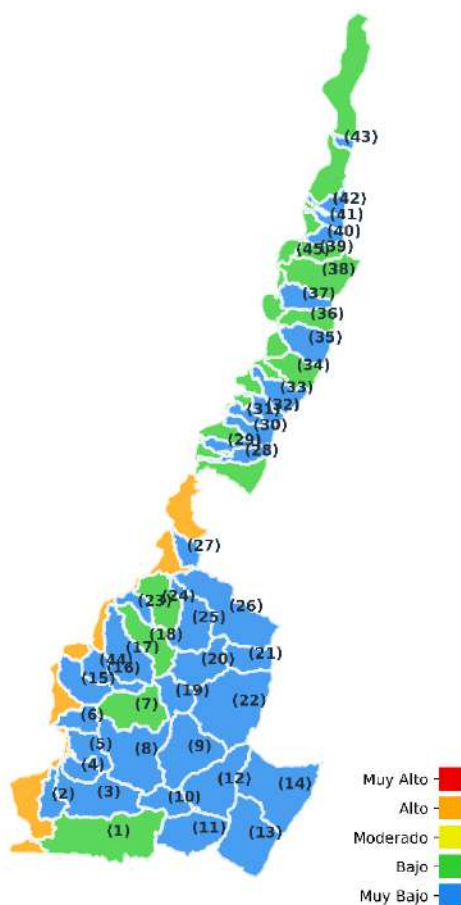


Figura 64. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica directa al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

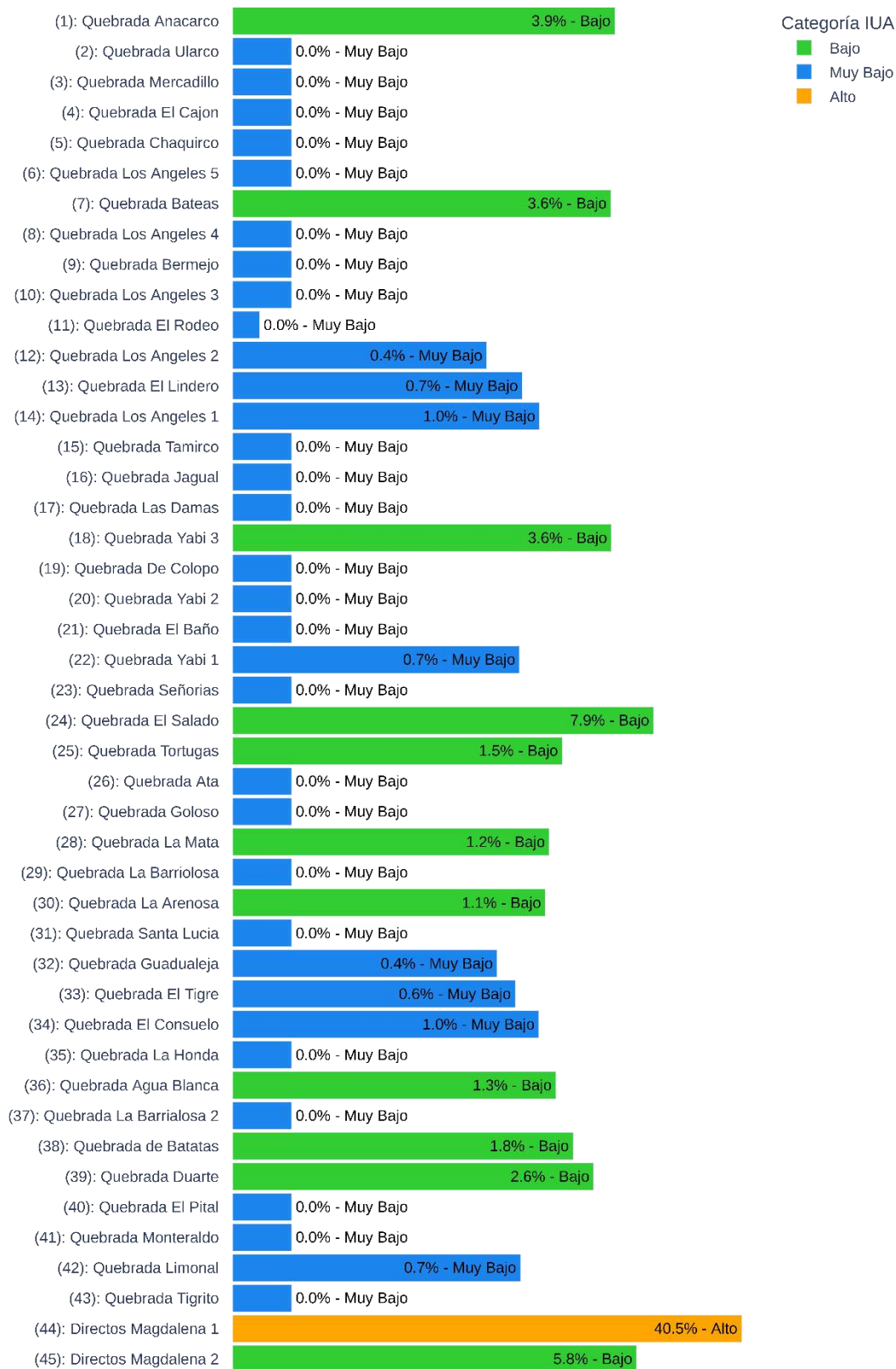


Figura 65. Índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

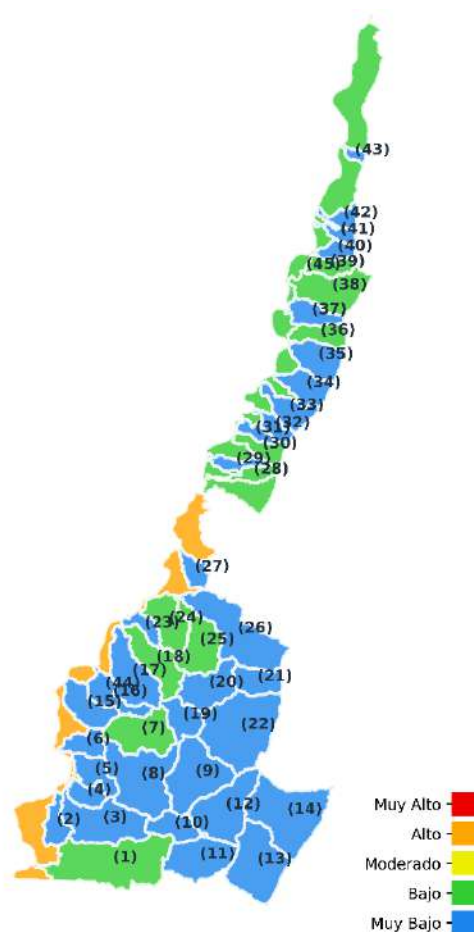


Figura 66. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

3.1.4. IUA en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

La subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos al Magdalena es la que presenta las condiciones más críticas de presión por uso del agua. De las 25 unidades de análisis, para año medio (Figura 67 y Figura 68) la distribución es: 10 unidades en Muy Bajo (40 %), 4 en Bajo (16 %), 3 en Moderado (12 %), 2 en Alto (Río Luisa 7, IUA = 26,56 %; Directos Magdalena 4, IUA = 23,35 %), 2 en Muy Alto (Quebrada Guaduas, IUA = 82,08 %; Río Luisa 4, IUA = 61,33 %) y 4 unidades en Crítico (Río Luisa 6, Río Luisa 8, Río Luisa 3 y Río Luisa 2). Para año seco (Figura 69 y Figura 70) la situación se agrava: 10 unidades permanecen en Muy Bajo, 3 en Bajo, 2 en Moderado, 4 en Alto (Río Luisa 7, IUA = 26,45 %; Río Luisa 5, IUA = 33,76 %; Quebrada Agua Clara, IUA = 34,17 %; Quebrada Agua Sucia, IUA = 20,67 %), y 6 unidades en Crítico (Quebrada Guaduas, Río Luisa 6, Río Luisa 8, Río Luisa 4, Río Luisa 3 y Río Luisa 2). Es decir, Quebrada Guaduas y Río Luisa 4 ascienden de Muy Alto

a Crítico, mientras que Río Luisa 5, Quebrada Agua Clara y Quebrada Agua Sucia ascienden a la categoría Alto. La subzona refleja un sistema con presión sobre la oferta hídrica claramente sensible al escenario climático.

La demanda hídrica total estimada para la subzona del río Luisa y otros directos al Magdalena es de 6,631 m³/s (*Tabla 16*). La demanda se concentra en los tramos medios del río Luisa: Río Luisa 3 (2,407 m³/s; 36,3 %), Río Luisa 8 (1,916 m³/s; 28,9 %), Río Luisa 6 (0,706 m³/s; 10,7 %), Río Luisa 7 (0,497 m³/s; 7,5 %), Río Luisa 4 (0,348 m³/s; 5,2 %) y Quebrada Guaduas (0,292 m³/s; 4,4 %). Las restantes 19 unidades aportan en conjunto cerca del 7 % de la demanda total. Este patrón explica la fuerte concentración de unidades en categoría Crítico a lo largo del cauce principal del río Luisa, donde la combinación de altas demandas y oferta hídrica disponible reducida genera la presión más severa del área de estudio.

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m ³ /s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m ³ /s)	IUA (%)	OHRD (m ³ /s)	IUA (%)
Río Luisa 10	0.0030	1.2424	0.24	1.3106	0.23
Quebrada Serrezuela	0.0000	3.2874	0.01	3.1824	0.01
Río Luisa 9	0.0000	0.0100	0.01	0.0021	0.01
Quebrada Guaduas	0.2919	0.3556	82.08	0.1965	148.57
Río Luisa 6	0.7064	0.0100	7063.60	0.0100	7063.60
Río Luisa 7	0.4965	1.8691	26.56	1.8771	26.45
Río Luisa 8	1.9155	0.0100	19155.00	0.0100	19155.00
Quebrada El Cobre	0.0502	0.6909	7.26	0.2892	17.34
Río Luisa 5	0.0538	0.2820	19.06	0.1593	33.76
Quebrada Agua Clara	0.0641	0.3494	18.34	0.1876	34.17
Río Luisa 4	0.3476	0.5667	61.33	0.1585	219.24
Quebrada Chicoral	0.0116	1.0993	1.06	0.6563	1.77
Río Luisa 3	2.4071	0.1250	1926.20	0.0989	2434.00
Río Luisa 2	0.0832	0.0397	209.41	0.0157	528.26
Río Guadual	0.0012	0.6844	0.17	0.4823	0.25
Río Luisa 1	0.0028	1.0746	0.26	0.7952	0.36
Quebrada Tomial	0.0006	0.3679	0.15	0.3291	0.17
Quebrada Eneal	0.0000	4.0165	0.01	3.9205	0.01
Quebrada Agua Sucia	0.0300	0.1744	17.20	0.1451	20.67
Quebrada Guayabal	0.0025	0.8393	0.30	0.7777	0.32
Quebrada Santana	0.0063	0.6966	0.90	0.7071	0.89
Directos Magdalena 1	0.0000	0.4827	0.01	0.4294	0.01
Directos Magdalena 2	0.0080	0.2982	2.68	0.2883	2.77
Directos Magdalena 3	0.0085	0.1958	4.32	0.2031	4.17
Directos Magdalena 4	0.1402	0.6005	23.35	0.7984	17.56

Tabla 16. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica Luisa y otros directos a Magdalena

Índice de Uso del Agua para año medio en la SZH del río LUISA_Y_ODM

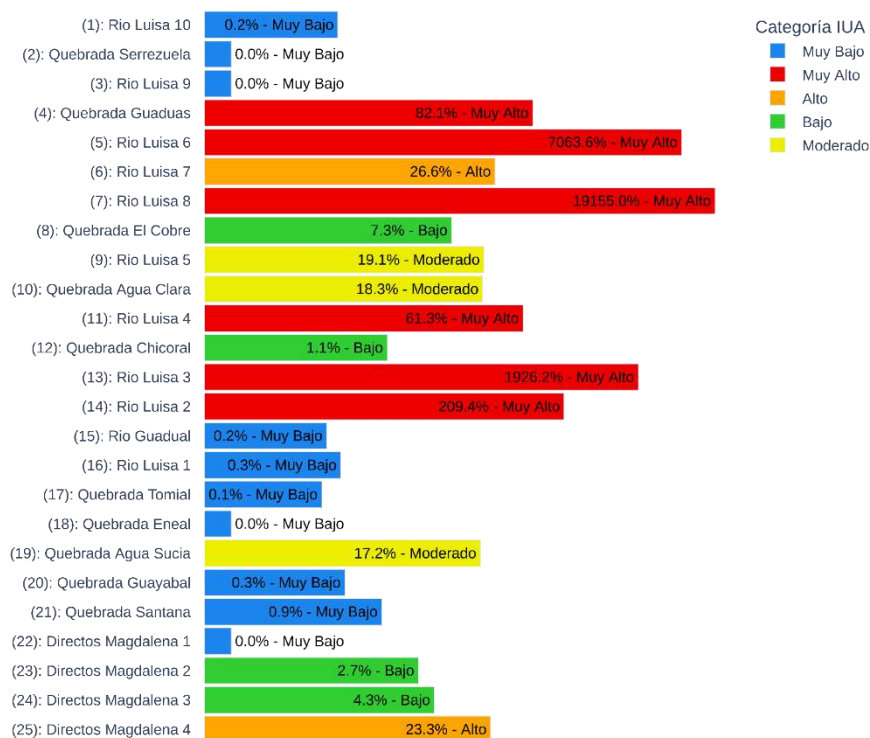


Figura 67. Índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

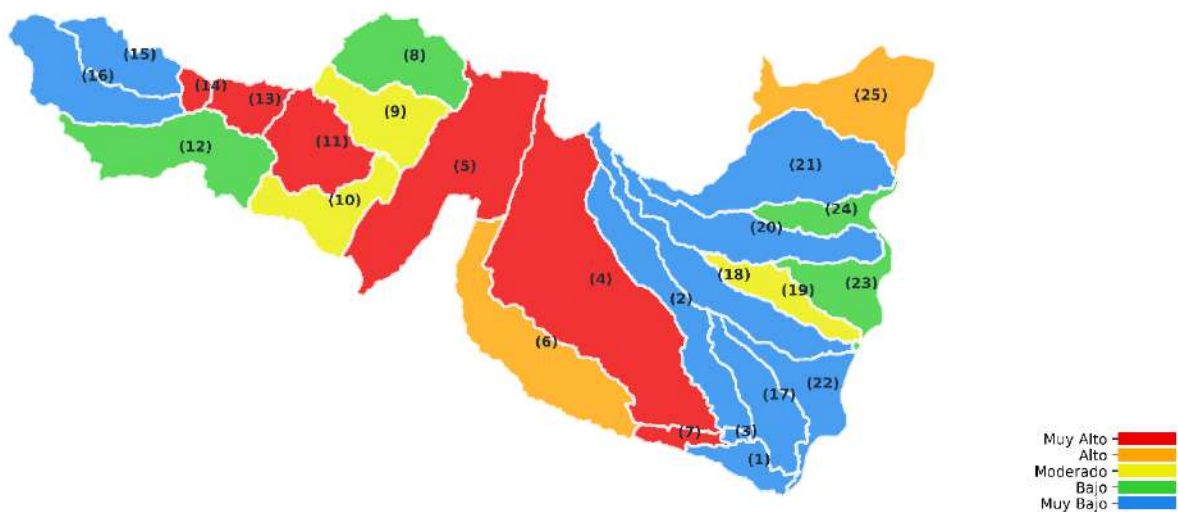


Figura 68. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

Índice de Uso del Agua para año seco en la SZH del río LUISA_Y_ODM

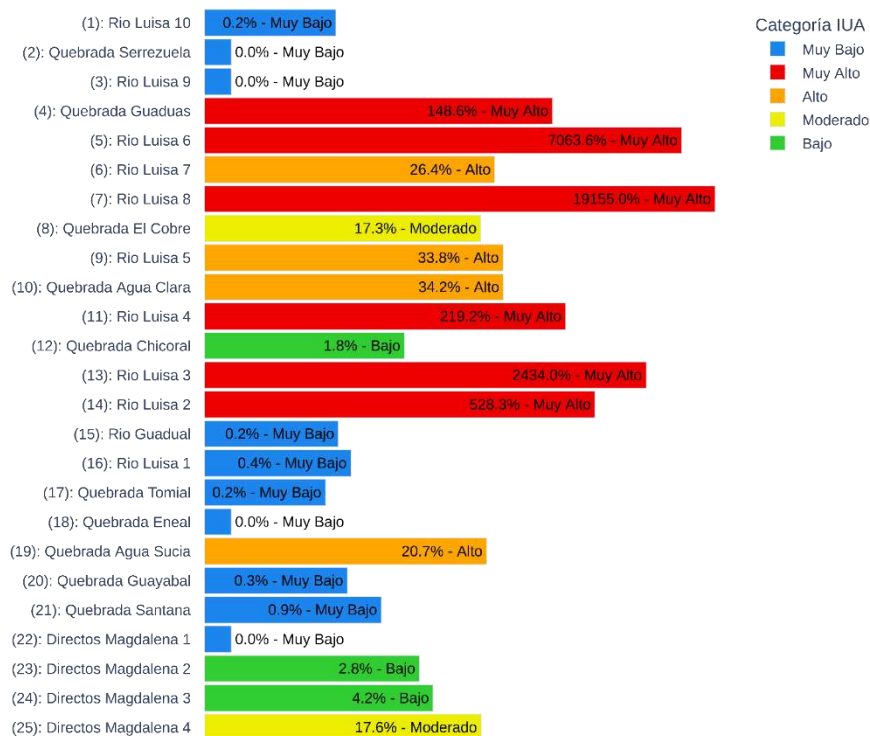


Figura 69. Índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

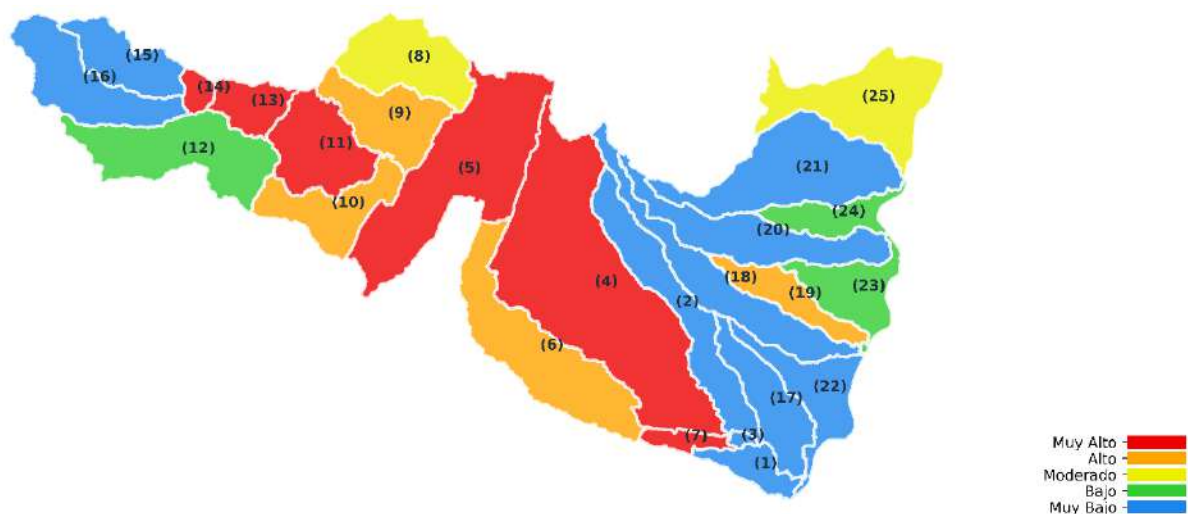


Figura 70. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

3.1.5. IUA en la subzona hidrográfica del río Prado

Las 27 unidades de análisis de la subzona hidrográfica del río Prado presentan para año medio (*Figura 71 y Figura 72*) una distribución concentrada en las categorías inferiores: 20 unidades en Muy Bajo (74 %), 6 unidades en Bajo (22 %) y 1 unidad en Crítico (Directos Embalse, IUA = 154,39 %), sin presencia de unidades en Moderado, Alto o Muy Alto. Para año seco (*Figura 73 y Figura 74*) la distribución es: 17 unidades en Muy Bajo (63 %), 6 en Bajo (22 %), 3 en Moderado (Río Prado 2, IUA = 16,85 %; Río Cunday 1, IUA = 17,09 %; Quebrada El León, IUA = 13,94 %) y 1 en Crítico (Directos Embalse, IUA = 202,08 %). Es decir, tres unidades ascienden de Bajo (año medio) a Moderado (año seco). Llama la atención que toda la subzona se concentra en los extremos del rango (categorías muy bajas o Crítico), sin presencia de unidades en categorías Alto o Muy Alto en ningún escenario; esta polarización está asociada a una única unidad de demanda dominante, mientras que el resto de la subzona presenta presiones reducidas.

La demanda hídrica total estimada para la subzona del río Prado es de 12,539 m³/s (*Tabla 17*), la cual está casi totalmente explicada por Directos Embalse (12,299 m³/s; 98,1 % del total). Las siguientes unidades con demanda relevante son Río Prado 2 (0,064 m³/s; 0,5 %), Río Cunday 1 (0,038 m³/s; 0,3 %), Río Negro 1 (0,025 m³/s; 0,2 %), Quebrada El León (0,017 m³/s; 0,1 %) y Río Vichia (0,017 m³/s; 0,1 %). Las restantes 21 unidades aportan en conjunto menos del 1 % de la demanda total. La presencia del embalse y de las extracciones asociadas explica el comportamiento extremadamente concentrado de la demanda, así como el hecho de que la única unidad en categoría Crítico del IUA corresponda precisamente a Directos Embalse.

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m ³ /s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m ³ /s)	IUA (%)	OHRD (m ³ /s)	IUA (%)
Rio_Prado_2	0.0644	0.8109	7.95	0.3825	16.85
Directos_Embalse	12.2990	7.9663	154.39	6.0862	202.08
Quebrada_El_Salado	0.0003	0.1862	0.15	0.0908	0.30
Quebrada_Malta	0.0000	0.5201	0.01	0.2457	0.01
Rio_Negro_2	0.0000	2.9070	0.01	1.3075	0.01
Quebrada_El_Pescado	0.0121	3.3627	0.36	1.6474	0.73
Rio_Negro_1	0.0249	7.7040	0.32	4.1437	0.60
Quebrada_El_Limon	0.0000	0.5870	0.01	0.3828	0.01
Quebrada_Aco	0.0025	2.4797	0.10	1.4593	0.17
Quebrada_de_Bajas	0.0095	2.2225	0.43	1.6786	0.56
Rio_Prado_1	0.0000	0.0069	0.01	0.0172	0.01
Quebrada_El_Derecho	0.0000	0.6904	0.01	0.7178	0.01
Rio_Cunday_8	0.0000	1.2740	0.01	0.2813	0.01
Rio_Cuinde	0.0162	7.9675	0.20	5.0991	0.32
Rio_Cunday_7	0.0022	1.0060	0.22	0.9497	0.23
Rio_Vichia	0.0166	2.3555	0.71	1.3376	1.24
Rio_Cunday_6	0.0003	-0.0705	-0.37	0.0040	6.61
Quebrada_El_Reves	0.0011	1.6540	0.07	1.3375	0.08
Rio_Cunday_5	0.0067	0.0894	7.53	0.2861	2.35
Quebrada_El_Leon	0.0170	0.2649	6.42	0.1219	13.94

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m³/s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m³/s)	IUA (%)	OHRD (m³/s)	IUA (%)
Rio_Cunday_4	0.0100	0.3457	2.90	0.1345	7.46
Quebrada_Tasajera	0.0008	0.4866	0.16	0.2840	0.27
Rio_Cunday_3	0.0128	0.9332	1.37	0.5197	2.46
Quebrada_Grande	0.0020	0.6425	0.31	0.5088	0.39
Rio_Cunday_2	0.0000	0.0403	0.01	0.0324	0.01
Quebrada_La_Laja	0.0030	0.3866	0.76	0.2579	1.15
Rio_Cunday_1	0.0377	0.3886	9.71	0.2207	17.09

Tabla 17. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Prado

Índice de Uso del Agua para año medio en la SZH del río PRADO

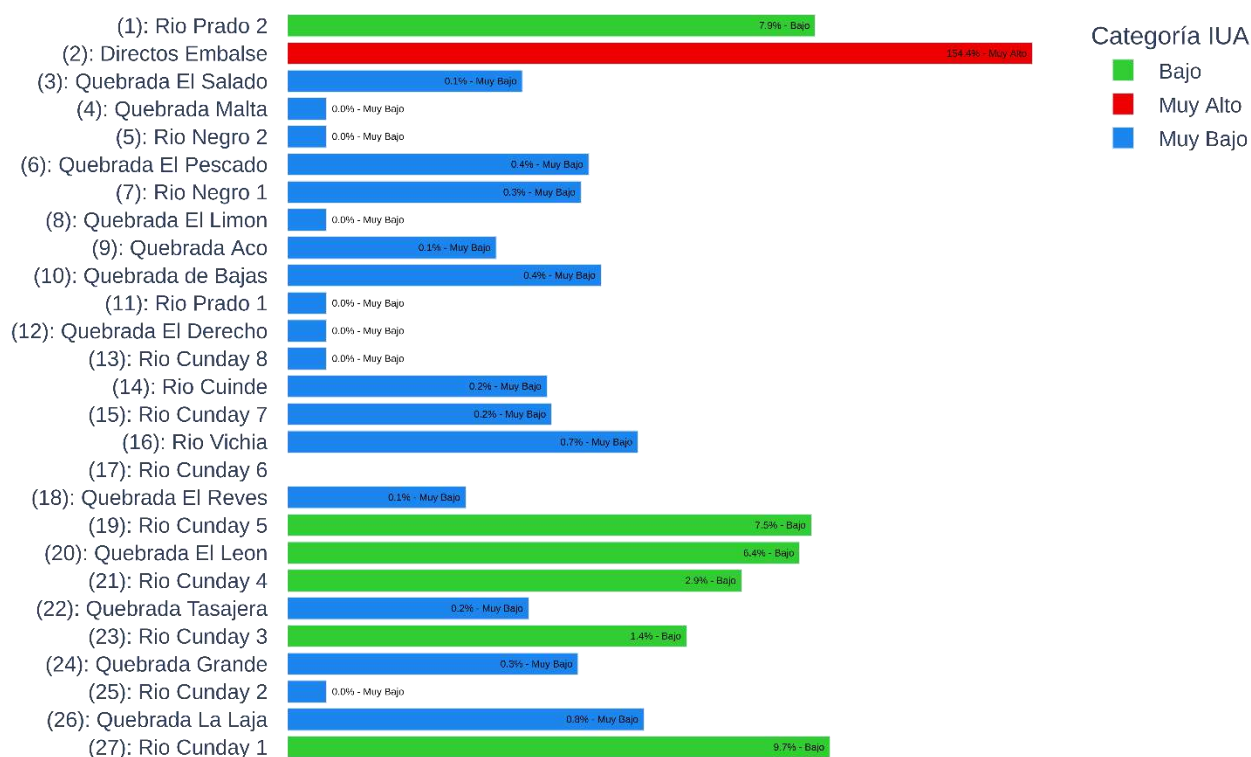


Figura 71. Índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Prado

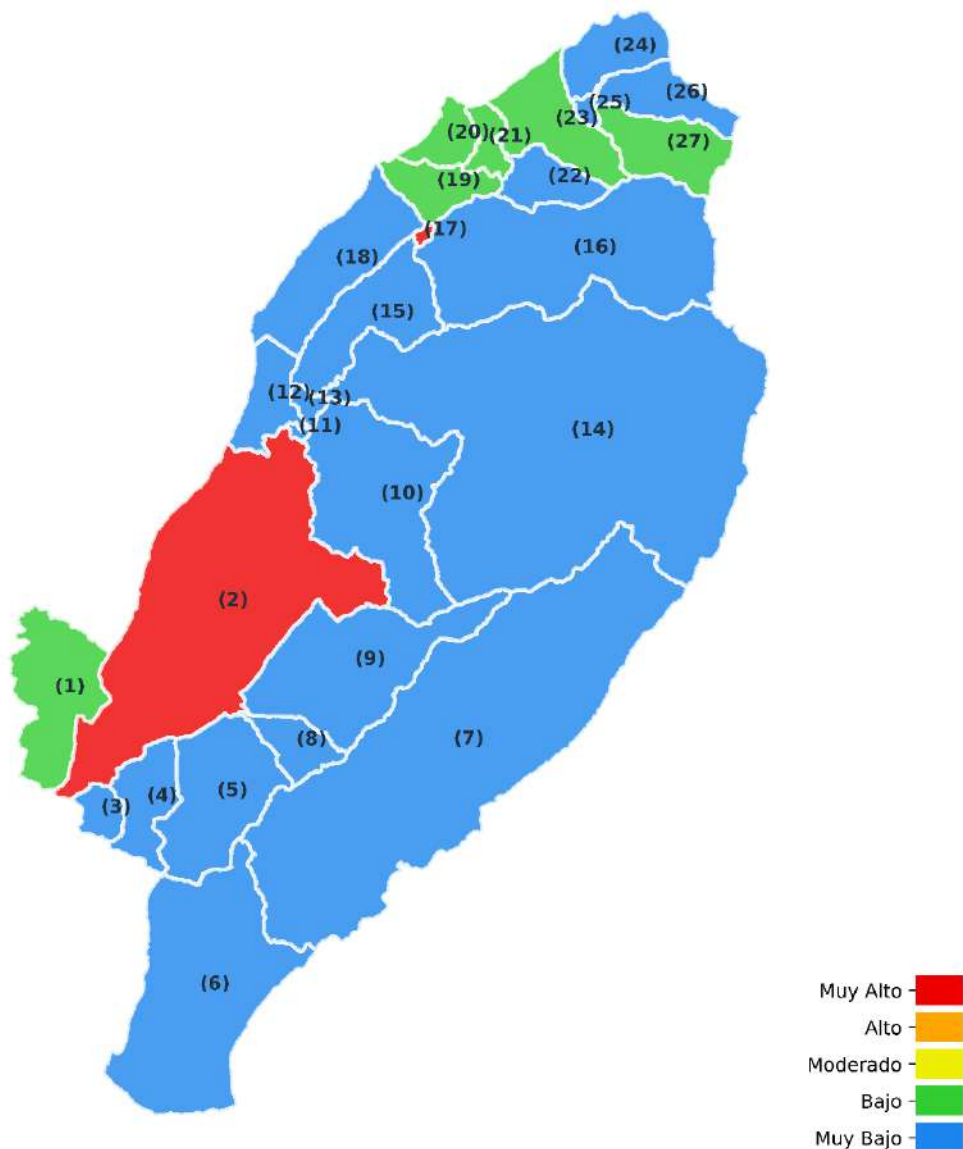


Figura 72. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Prado

Índice de Uso del Agua para año seco en la SZH del río PRADO

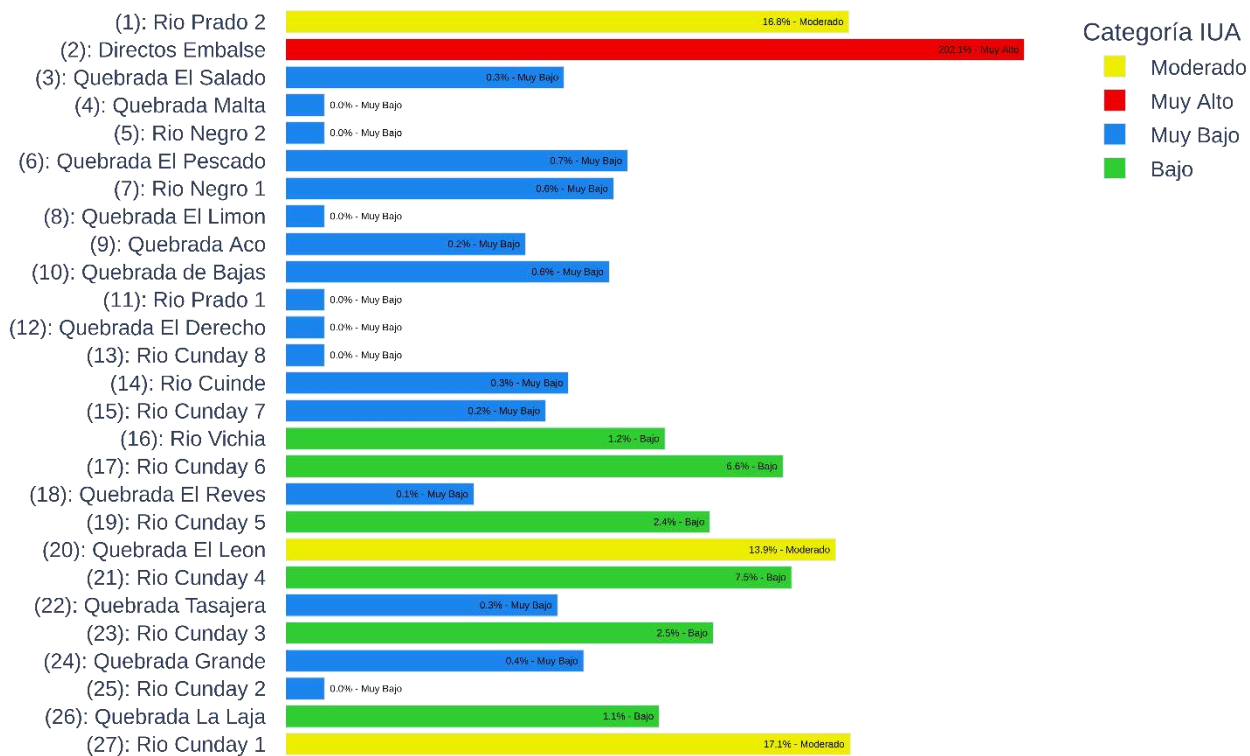


Figura 73. Índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Prado

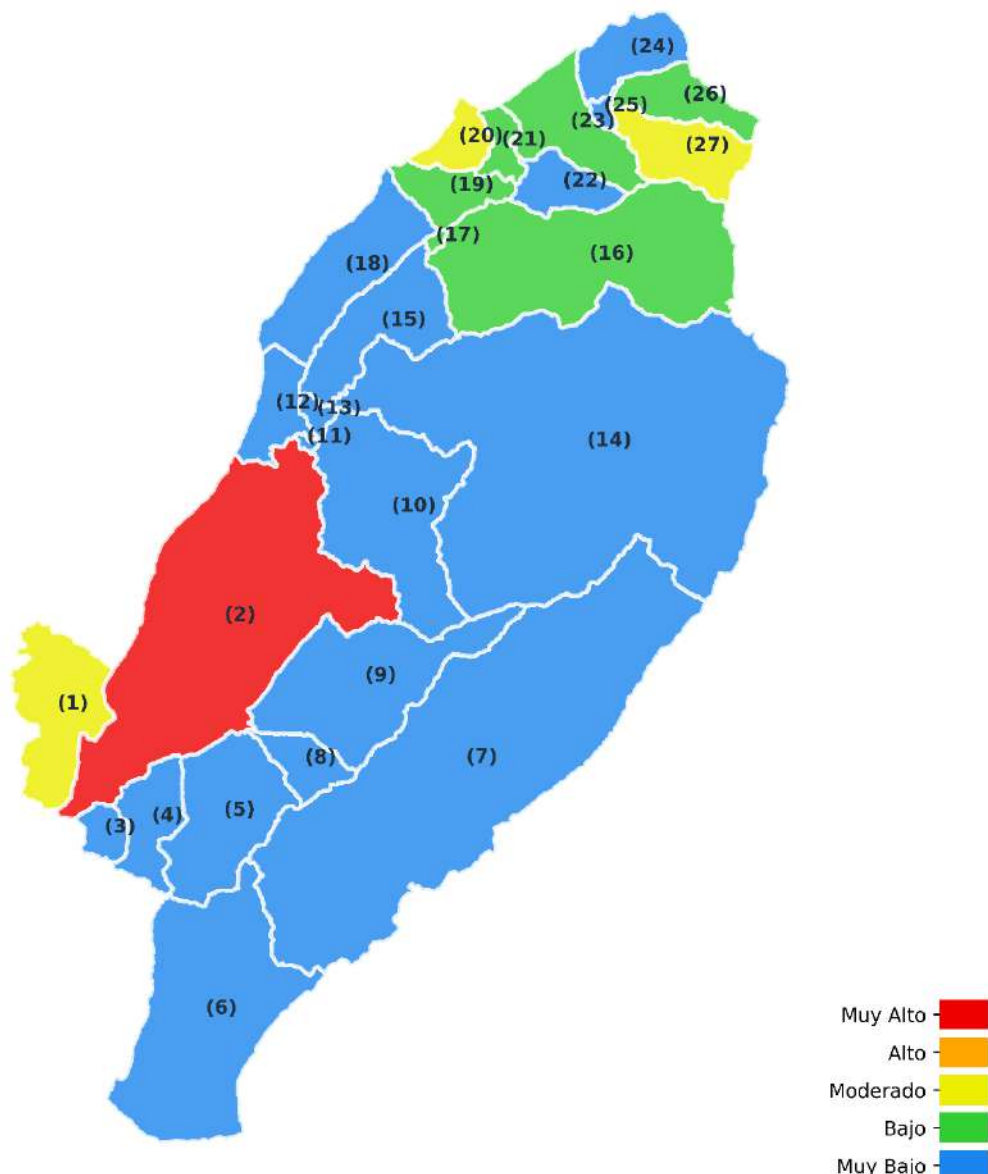


Figura 74. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Prado

3.1.6. IUA en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

Las 19 unidades de análisis de la subzona del río Sumapaz presentan para año medio (Figura 75 y Figura 76) una distribución más diversa que el resto de subzonas: 2 unidades en Muy Bajo (11 %), 9 en Bajo (47 %), 4 en Moderado (21 %), 2 en Alto (Quebrada Apícala 2, IUA = 39,29 %; Quebrada La Guaduala, IUA = 40,19 %), 1 en Muy Alto (Directos Sumapaz 1, IUA = 73,35 %) y 1 en Crítico (Quebrada Apícala 3, IUA = 178,4 %). Para año seco (Figura 77 y Figura 78) la distribución es: 2 en Muy Bajo (11 %), 10 en Bajo (53 %), 3 en Moderado

(16 %), 2 en Alto (Quebrada Apícala 2, IUA = 26,23 %; Quebrada La Guaduala, IUA = 39,99 %) y 2 en Muy Alto (Quebrada Apícala 3, IUA = 76,51 %; Directos Sumapaz 1, IUA = 87,38 %). Es relevante notar que Quebrada Apícala 3 desciende de Crítico (año medio) a Muy Alto (año seco) y que Quebrada Inalí desciende de Moderado a Bajo, lo cual responde al incremento de la OHRD calculada en estas unidades para el escenario seco. La subzona presenta un patrón particular en el que las condiciones críticas se concentran en pocas unidades, pero con presión elevada y persistente entre escenarios.

La demanda hídrica total estimada para la subzona del río Sumapaz es de 1,135 m³/s (Tabla 18). A diferencia de otras subzonas, la demanda está repartida entre varias unidades: Directos Sumapaz 1 (0,469 m³/s; 41,3 %), Quebrada Apícala 3 (0,129 m³/s; 11,4 %), Quebrada Inalí (0,112 m³/s; 9,9 %), Quebrada Juan López (0,075 m³/s; 6,6 %), Quebrada Apícala 2 (0,072 m³/s; 6,4 %) y Quebrada La Guaduala (0,068 m³/s; 6,0 %). Estas seis unidades concentran el 82 % de la demanda total. Las restantes 13 unidades aportan el 18 %, con valores individuales más distribuidos que en otras subzonas. Esta mayor distribución de la demanda explica la diversidad de categorías observadas en el IUA y el hecho de que la subzona presente unidades en todas las categorías del indicador.

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m ³ /s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m ³ /s)	IUA (%)	OHRD (m ³ /s)	IUA (%)
Quebrada Apicala 3	0.1292	0.0724	178.40	0.1688	76.51
Quebrada Inali	0.1121	1.0599	10.58	1.1550	9.71
Quebrada Apicala 2	0.0723	0.1839	39.29	0.2755	26.23
Quebrada Olache 2	0.0000	0.0389	0.01	0.0623	0.01
Quebrada La Palmara 1	0.0060	0.1863	3.22	0.2097	2.86
Quebrada Olache 1	0.0063	0.2175	2.92	0.1565	4.05
Quebrada Apicala 1	0.0588	1.0167	5.79	0.9127	6.45
Quebrada La Guaduala	0.0679	0.1689	40.19	0.1697	39.99
Quebrada Agua Fria	0.0403	0.7769	5.19	0.6867	5.87
Quebrada La Palmara	0.0296	0.2408	12.27	0.2246	13.16
Quebrada Palmas	0.0079	0.0697	11.26	0.0772	10.16
Quebrada Tinajas	0.0016	0.0810	2.00	0.0758	2.14
Quebrada Guatoche	0.0014	0.0973	1.39	0.0832	1.63
Quebrada Volcana	0.0128	0.1190	10.79	0.0901	14.25
Quebrada Juan López	0.0752	1.0303	7.30	0.7644	9.83
Quebrada La Laja	0.0134	0.4478	3.00	0.2982	4.50
Directos Sumapaz 1	0.4691	0.6395	73.35	0.5368	87.38
Directos Sumapaz 2	0.0291	0.5001	5.82	0.4398	6.62
Directos Sumapaz 3	0.0018	0.5687	0.32	0.3835	0.48

Tabla 18. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

Índice de Uso del Agua para año medio en la SZH del río SUMAPAZ

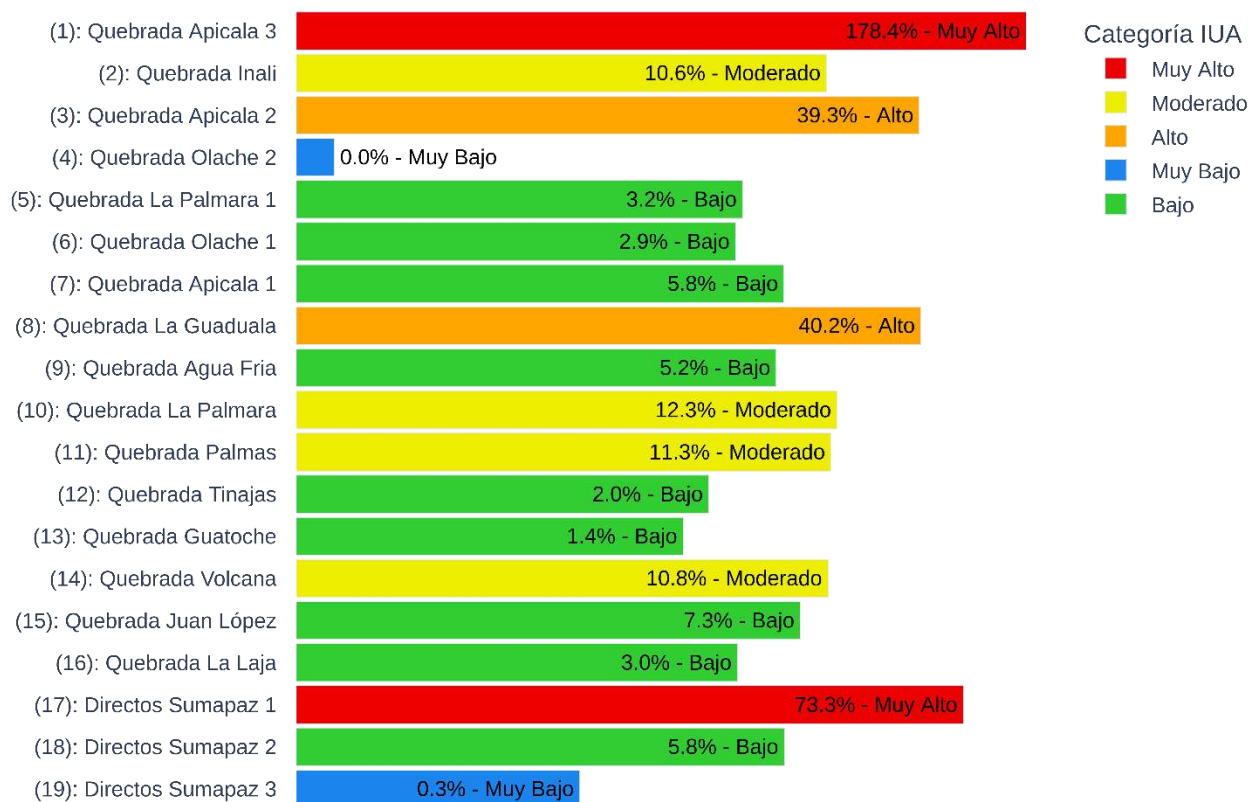


Figura 75. Índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

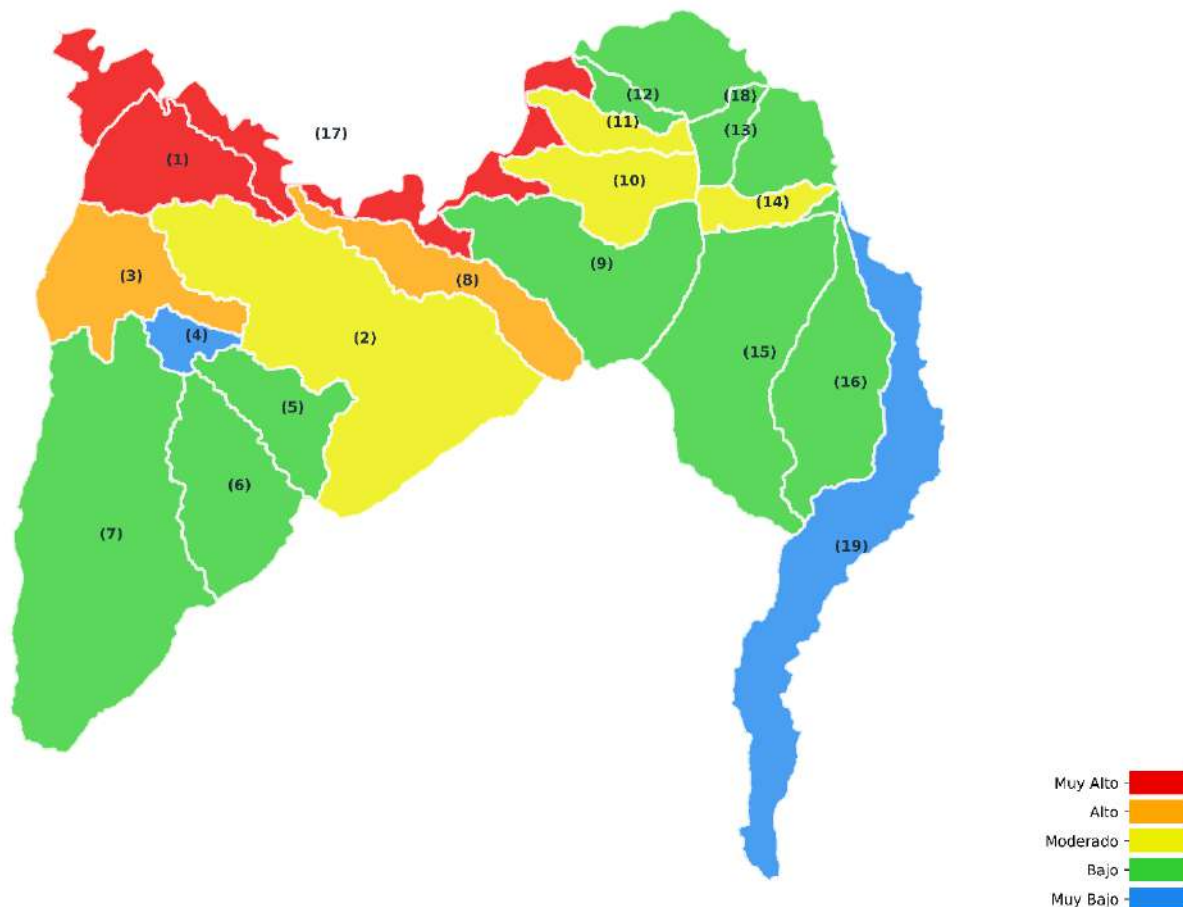


Figura 76. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

Índice de Uso del Agua para año seco en la SZH del río SUMAPAZ

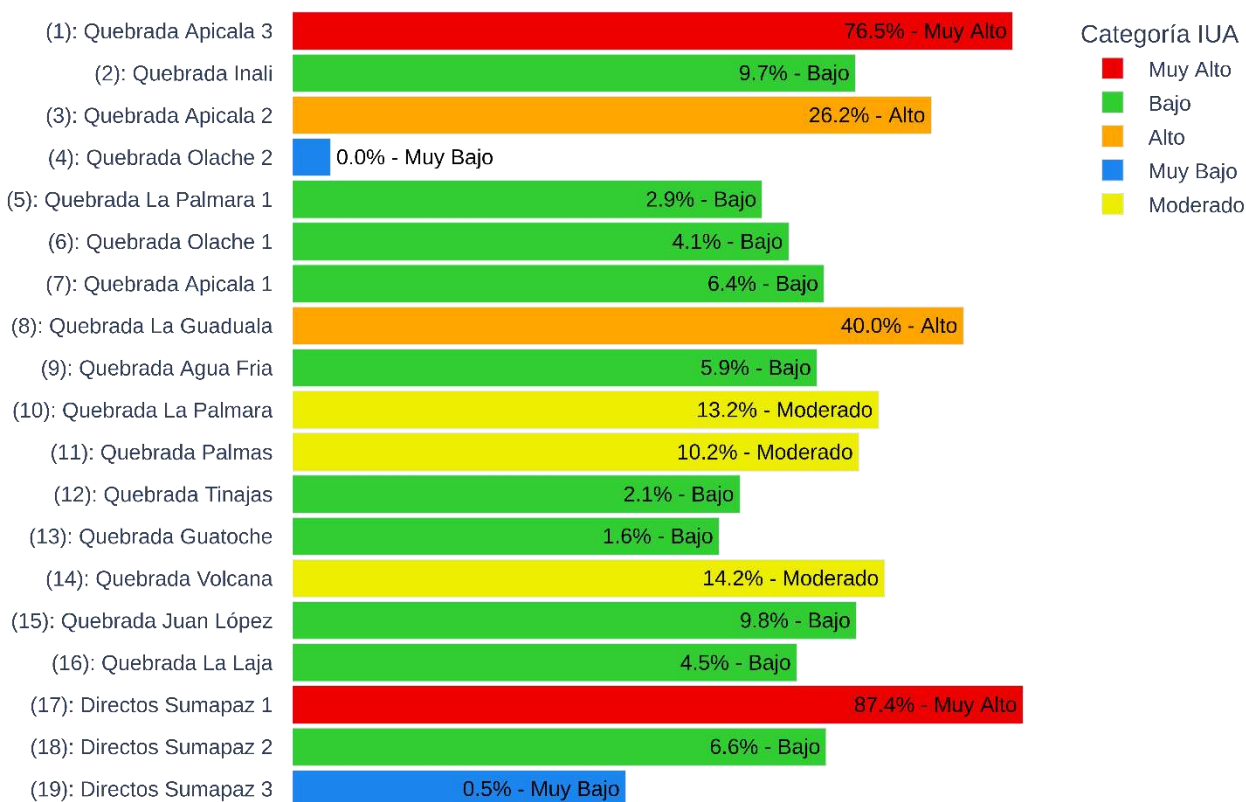


Figura 77. Índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

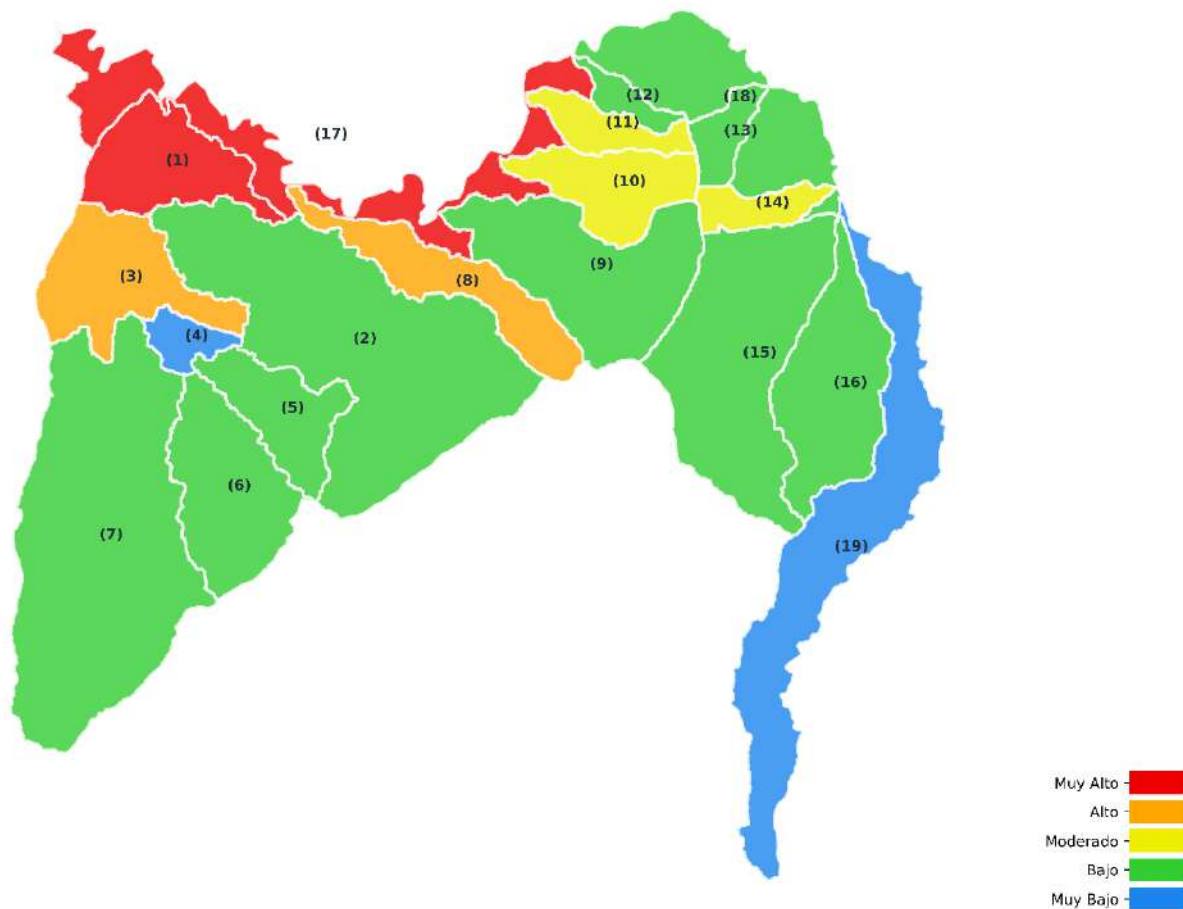


Figura 78. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

3.1.7. IUA en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

Las 24 unidades de análisis de la subzona del río Tetuán y Ortega presentan para año medio (*Figura 79 y Figura 80*) la siguiente distribución: 12 unidades en Muy Bajo (50 %), 6 en Bajo (25 %), 2 en Moderado (8 %), 2 en Alto (Río Tetuán 5, IUA = 32,65 %; Río Ortega 2, IUA = 35,48 %), 1 en Muy Alto (Río Ortega 5, IUA = 68,61 %) y 1 en Crítico (Río Ortega 4). Para año seco (*Figura 81 y Figura 82*) la situación se agrava: 11 unidades en Muy Bajo (46 %), 5 en Bajo (21 %), 3 en Moderado (12 %), 1 en Alto (Río Ortega 3, IUA = 26,67 %), 2 en Muy Alto (Río Tetuán 5, IUA = 69,74 %; Río Ortega 2, IUA = 71,12 %) y 2 en Crítico (Río Ortega 5 y Río Ortega 4). Es decir, Río Tetuán 5 y Río Ortega 2 ascienden de Alto a Muy Alto, mientras que Río Ortega 5 asciende de Muy Alto a Crítico al pasar de condiciones medias a condiciones secas. Esto refleja una clara sensibilidad de la cuenca del río Ortega frente a la reducción de oferta hídrica en escenario seco.

La demanda hídrica total estimada para la subzona del río Tetuán y Ortega es de 1,727 m³/s (*Tabla 19*). La distribución se concentra principalmente en la cuenca del río Ortega

y el tramo medio del río Tetuán: Río Ortega 4 (0,827 m³/s; 47,9 %), Río Tetuán 5 (0,236 m³/s; 13,7 %), Río Ortega 5 (0,187 m³/s; 10,8 %), Quebrada Macule 1 (0,161 m³/s; 9,3 %), Río Tetuán 3 (0,085 m³/s; 4,9 %) y Río Anaba (0,051 m³/s; 3,0 %). Estas seis unidades concentran cerca del 90 % de la demanda total. Las restantes 18 unidades aportan el 10 %, con valores individuales reducidos o nulos. La concentración en la cuenca del Ortega es coherente con la presencia de las únicas unidades en categorías Muy Alto y Crítico del IUA, asociadas a unidades con demandas representativas y oferta hídrica disponible limitada.

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m ³ /s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m ³ /s)	IUA (%)	OHRD (m ³ /s)	IUA (%)
Río Tetuan 7	0.0000	0.7523	0.00	0.4776	0.00
Quebrada Taquima	0.0000	0.3242	0.01	0.1401	0.01
Río Tetuan 6	0.0000	0.0100	0.01	0.0153	0.01
Río Peralonso	0.0207	2.3228	0.89	1.4046	1.47
Río Tetuan 5	0.2360	0.7230	32.65	0.3384	69.74
Quebrada Macule 2	0.0000	0.0100	0.01	0.0074	0.01
Quebrada Macule 1	0.1612	1.4695	10.97	0.8607	18.73
Quebrada Chipalo	0.0238	0.9041	2.63	0.4986	4.77
Río Tetuan 4	0.0000	0.0100	0.01	0.0100	0.01
Río Tetuan 3	0.0852	1.8838	4.52	1.2377	6.89
Quebrada Linday	0.0259	0.4560	5.68	0.1526	16.97
Quebrada Tune	0.0004	1.1478	0.04	0.7478	0.06
Río Tetuan 2	0.0028	4.5052	0.06	3.2916	0.09
Quebrada San Antonio	0.0006	0.9687	0.06	0.7001	0.08
Río Tetuan 1	0.0475	4.0368	1.18	2.8963	1.64
Río Ortega 5	0.1868	0.2722	68.61	0.1382	135.10
Quebrada Palmarosa	0.0000	0.4328	0.01	0.2169	0.01
Río Ortega 4	0.8270	0.0100	8270.00	0.0100	8270.00
Quebrada Chiquinima	0.0000	0.6086	0.01	0.2996	0.01
Río Ortega 3	0.0150	0.1114	13.46	0.0562	26.67
Río Luani	0.0233	1.5443	1.51	0.9141	2.55
Río Ortega 2	0.0195	0.0550	35.48	0.0274	71.12
Río Anaba	0.0512	0.8668	5.91	0.5042	10.16
Río Ortega 1	0.0000	2.7967	0.01	1.7715	0.01

Tabla 19. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

Índice de Uso del Agua para año medio en la SZH del río TETUAN_ORTEGA



Figura 79. Índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

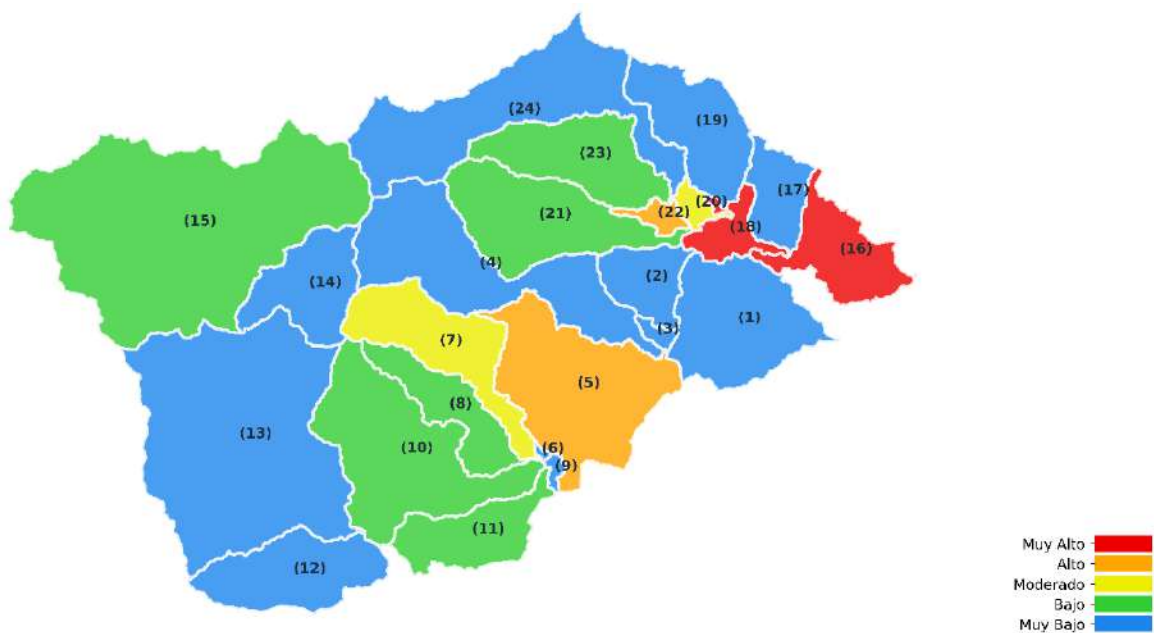


Figura 80. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

Índice de Uso del Agua para año seco en la SZH del río TETUAN_ORTEGA

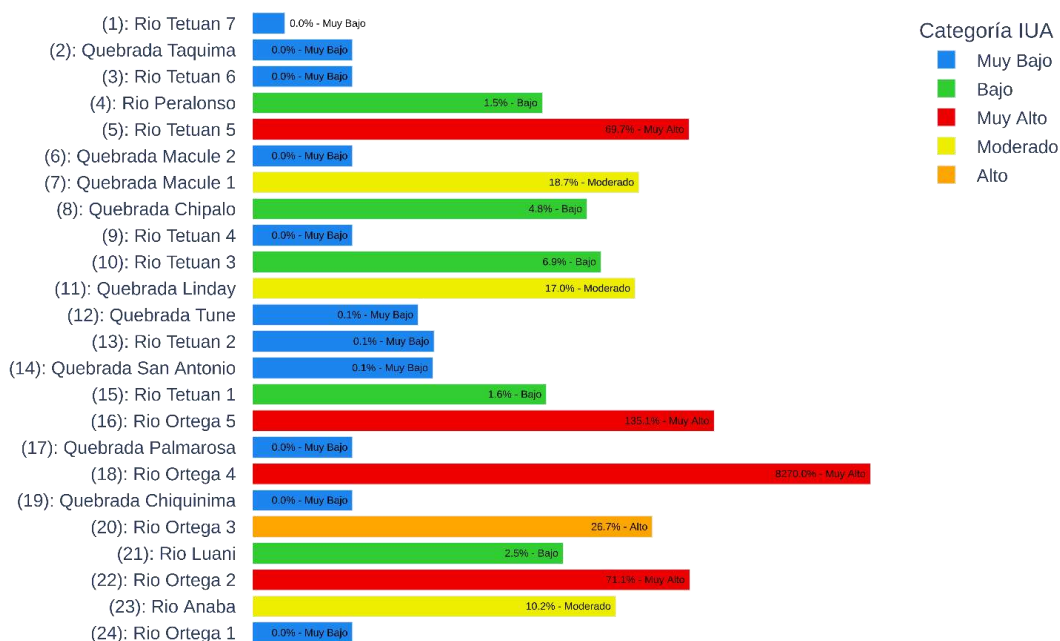


Figura 81. Índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

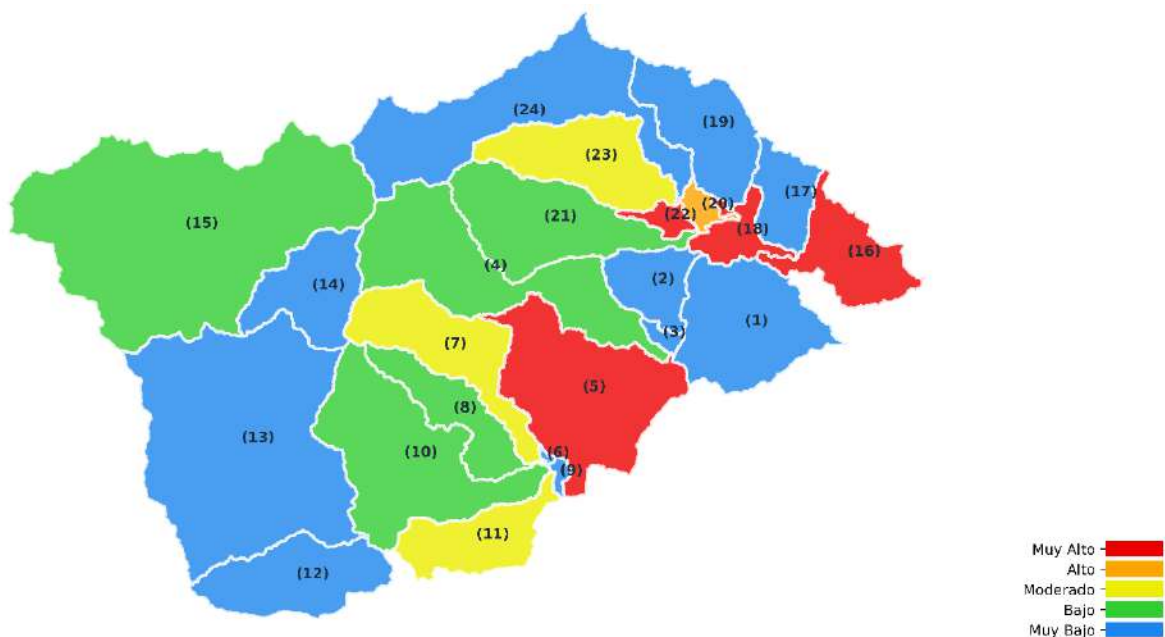


Figura 82. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

4. Indicadores de Estado de Calidad y Presión por Contaminación

4.1. Índice de calidad del agua (ICA)

El Índice de Calidad del Agua (ICA) constituye una herramienta sintética para evaluar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua. Su aplicación permite identificar posibles afectaciones por contaminación en un punto de monitoreo determinado y durante un intervalo de tiempo específico. Asimismo, facilita la representación del estado general del recurso hídrico y permite inferir sus posibilidades o restricciones de uso, a partir de la integración de variables seleccionadas mediante procesos de normalización, ponderación y agregación (IDEAM, 2010).

El ICA se expresa como un valor numérico que clasifica la calidad del agua en cinco categorías: muy mala, mala, regular, aceptable y buena. Esta clasificación se obtiene con base en las mediciones de un conjunto de cinco (5), seis (6) o siete (7) variables registradas en una estación de monitoreo j durante un tiempo t (IDEAM, 2013). En este sentido, el ICA corresponde a una expresión agregada y simplificada de la calidad del agua, calculada mediante una sumatoria aritmética ponderada de subíndices asociados a variables representativas.

Desde el punto de vista metodológico, la determinación del ICA con cinco (5) variables considera parámetros como la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos totales (SST), el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (PSOD), la conductividad eléctrica del agua (CE) y el pH (IDEAM, 2010). Para la estimación del ICA con seis (6) variables se incorpora adicionalmente la relación entre nitrógeno y fósforo totales (NT/PT), la cual permite aproximar condiciones asociadas al enriquecimiento por nutrientes. Por su parte, el cálculo del ICA con siete (7) variables incluye, además, los coliformes termotolerantes o fecales, como indicador de contaminación microbiológica de origen fecal.

En el presente estudio se realiza el cálculo del ICA empleando las metodologías de cinco (5), seis (6) y siete (7) variables, de acuerdo con la disponibilidad de determinantes de calidad del agua en cada sitio de monitoreo. Dado que la metodología del IDEAM no documenta de manera específica el procedimiento para la estimación del ICA con siete (7) variables ni adopta formalmente un subíndice asociado a contaminación bacteriológica, se toma como referencia el subíndice de coliformes termotolerantes/fecales propuesto por Cude (2001). Esta incorporación permite complementar la evaluación integral de la calidad del agua, particularmente en aquellos tramos donde la presión por vertimientos domésticos, actividades pecuarias u otras

fuentes de contaminación microbiológica pueda ser relevante. De acuerdo con IDEAM (2010), la ponderación de las variables físicas, químicas y microbiológicas puede variar en función de la relevancia para análisis específicos de condiciones de calidad de Aguas y el número de variables consideradas. A escala regional se tendrán en cuenta siete (7) variables de acuerdo con IDEAM (2013), siendo los pesos de importancia los que se contemplan en la última columna de la Tabla 20.

Tabla 20. Pesos para las variables del ICA

VARIABLE	UNIDAD	Número de Variables		
		5	6	7
		PESO	PESO	PESO
Oxígeno disuelto - OD	% saturación	0,2	0,17	0,16
Sólidos Suspendidos Totales - SST	mg/L	0,2	0,17	0,14
Demanda Química de Oxígeno - DQO	mg/L	0,2	0,17	0,14
Conductividad eléctrica	µS/cm	0,2	0,17	0,14
pH	Unidades de pH	0,2	0,17	0,14
Relación N total/P total	(mg/L) /(mg/L)		0,15	0,14
Coliformes fecales	UFC/100 mL*			0,14

*Si bien en IDEAM (2013) se asignan como unidades de los coliformes fecales las UFC/100 ml, el subíndice de los coliformes fecales se expresa en NMP/100ml.

Para calcular el ICA se utiliza una suma lineal ponderada de los subíndices (I_i) de cada una de las variables. Estas agregaciones se expresan matemáticamente de la siguiente manera:

$$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$$

Donde,

ICA_{njt} Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

W_i Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

I_{ikjt} Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t.

n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 7 a nivel regional

La solución de la anterior sumatoria es como sigue:

$$ICA_{njt} = (W_{i \%satOD} * I_{\%satOD}) + (W_{i SST} * I_{SST}) + (W_{i DQO} * I_{DQO}) + (W_{i CE} * I_{CE}) + (W_{i N/P} * I_{N/P}) + (W_{i pH} * I_{pH}) + (W_{i CF} * I_{CF})$$

De acuerdo con IDEAM (2010), el ICA define una clasificación descriptiva de la calidad del agua en cinco (5) categorías: buena, aceptable, regular, mala o muy mala (Tabla 21).

Tabla 21. Descriptores de la calidad del agua a partir del ámbito numérico del ICA. (Fuente: IDEAM, 2013)

Descriptores	Ámbito numérico	Color
Muy malo	0 - 0,25	Rojo
Malo	0,26 - 0,50	Naranja
Regular	0,51 - 0,70	Amarillo
Aceptable	0,71 - 0,90	Verde
Bueno	0,91 - 1,00	Azul

A continuación, se presenta la distribución de valores del ICA para cada subzona hidrográfica objeto de análisis

4.1.1. ICA en la subzona hidrográfica del río Cabrera

En la subzona hidrográfica del río Cabrera, los resultados del ICA muestran una condición predominantemente aceptable tanto en época seca como en época húmeda (Tabla 22). En ambos periodos, cinco de los seis puntos de monitoreo se clasificaron como aceptables, mientras que Cabrera-05 permaneció en condición regular. Dado que no se contó con INP, el ICA fue calculado con 5 variables; por tanto, los coliformes fecales no incidieron en el valor final del índice, aunque su comportamiento resulta ambientalmente relevante.

Entre épocas, el comportamiento general fue estable. Cabrera-01 mantuvo un ICA de 0.8 en ambas campañas; Cabrera-06 también conservó un valor de 0.8; Cabrera-02 presentó una ligera disminución de 0.74 a 0.73; Cabrera-03 pasó de 0.81 a 0.8; y Cabrera-04 mejoró de 0.77 a 0.83 en época húmeda. Estos cambios no modificaron la categoría de calidad, lo que sugiere que la variación hidrológica entre campañas no produjo alteraciones marcadas en la clasificación general del agua (Figura 83).

Tabla 22. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona
Hidrográfica del río Cabrera

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Época Seca										
Cabrera-01	J.A.C. Vda. Ambica/Dolores	0.71	0.99	0.51	0.82	0.96	-	0.1	0.8	ACEPTABLE
Cabrera-02	R. Cabrera Vía CP Colombia Huila	0.84	0.79	0.26	0.79	1	-	0.1	0.74	ACEPTABLE
Cabrera-03	Q. San Pedro CP Alpujarra	0.86	0.87	0.51	0.86	0.97	-	0.1	0.81	ACEPTABLE
Cabrera-04	R. Cabrera parte baja	0.77	0.99	0.26	0.85	1	-	0.1	0.77	ACEPTABLE
Cabrera-05	Asoc. de Usuarios Acueducto Cabecera Municipal Alpujarra	0.74	0.94	0.51	0	1	-	0.1	0.64	REGULAR
Cabrera-06	Q. Doche aguas arriba confluencia al R. Cabrera	0.76	0.99	0.51	0.73	1	-	0.1	0.8	ACEPTABLE
Época Húmeda										
Cabrera-01	J.A.C. Vda. Ambica/Dolores	0.74	0.99	0.51	0.78	1	-	0.1	0.8	ACEPTABLE
Cabrera-02	R. Cabrera Vía CP Colombia Huila	0.78	0.79	0.51	0.73	0.83	-	0.1	0.73	ACEPTABLE
Cabrera-03	Q. San Pedro CP Alpujarra	0.92	0.88	0.51	0.82	0.86	-	0.1	0.8	ACEPTABLE
Cabrera-04	R. Cabrera parte baja	0.83	0.99	0.51	0.81	1	-	0.1	0.83	ACEPTABLE
Cabrera-05	Asoc. de Usuarios Acueducto Cabecera Municipal Alpujarra	0.68	0.94	0.51	0.06	0.98	-	0.1	0.63	REGULAR
Cabrera-06	Q. Doche aguas arriba confluencia al R. Cabrera	0.75	0.98	0.51	0.79	0.99	-	0.1	0.8	ACEPTABLE

El punto más crítico fue Cabrera-05, correspondiente a la Asociación de Usuarios del Acueducto de la cabecera municipal de Alpujarra, aspecto relevante por su relación con abastecimiento para consumo humano y doméstico. Allí el ICA fue regular en ambas épocas, con 0.64 en época seca y 0.63 en época húmeda. La restricción principal estuvo asociada al ICE, que registró valores extremadamente bajos: 0 en época seca y 0.06 en época húmeda. Esto indica que la conductividad eléctrica fue el parámetro con mayor incidencia negativa en la calidad del agua en este punto, incluso por encima de otras variables que presentaron valores funcionales más favorables.

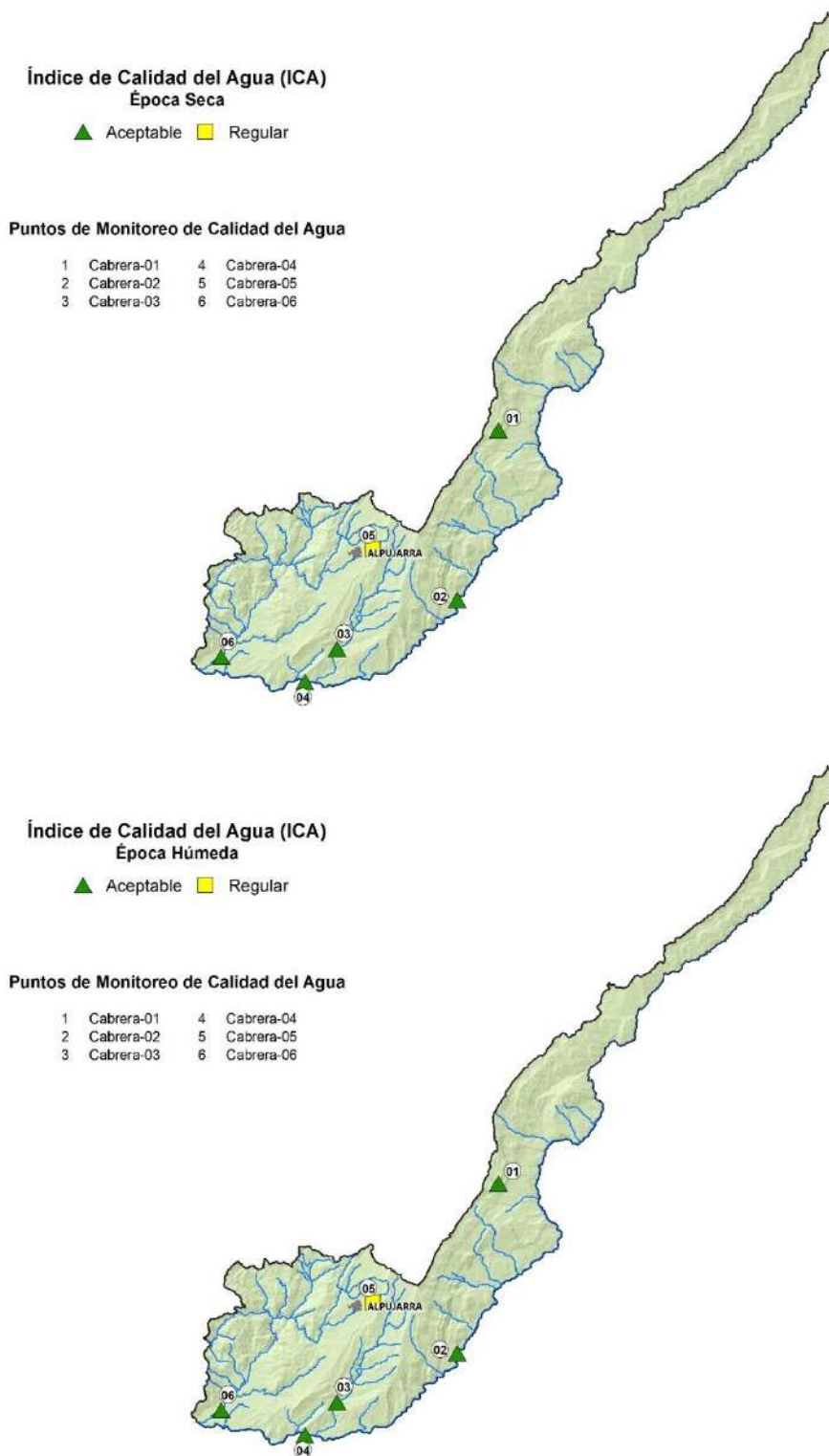


Figura 83. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en época seca y húmeda para la Subzona Hidrográfica del río Cabrera

La baja respuesta del ICE puede estar asociada a una mayor concentración de iones disueltos, sales o mineralización del agua, posiblemente relacionada con condiciones geológicas locales, aportes por escorrentía, lavado de suelos, retornos de actividades agropecuarias, drenajes rurales o menor capacidad de dilución en el tramo captado. En Cabrera-05 también se observa una condición menos favorable del oxígeno disuelto en época húmeda, con IsatOD de 0.68, lo cual pudo contribuir a sostener la categoría regular, aunque el factor claramente más restrictivo fue el ICE.

En los demás puntos, las variables que limitaron parcialmente el ICA fueron principalmente el IDQO en época seca, especialmente en Cabrera-02 y Cabrera-04, con valores de 0.26, lo que sugiere presencia de carga orgánica o sustancias oxidables. En época húmeda, el IDQO mejoró a 0.51 en todos los puntos, pero se presentaron algunas reducciones en IpH, como en Cabrera-02 con 0.83 y Cabrera-03 con 0.86, sin que ello implicara cambio de categoría. Los sólidos suspendidos, representados por ISST, mostraron valores altos en general, por lo que no constituyeron una restricción importante para el índice.

Aunque el ICF no fue incluido en el cálculo del ICA por tratarse de índices de 5 variables, todos los puntos presentaron un valor funcional de 0.1 en ambas épocas, lo que evidencia una restricción sanitaria generalizada por coliformes fecales. Esta condición es especialmente relevante en Cabrera-06, punto con influencia de ARD de Alpujarra, donde el ICA se mantuvo aceptable en 0.8 en ambas campañas, pero el bajo ICF sugiere presión microbiológica asociada a vertimientos domésticos, saneamiento insuficiente o aportes difusos de origen fecal.

4.1.2. ICA en la subzona hidrográfica del río Cucuana

En la subzona hidrográfica del río Cucuana se observa una condición espacialmente estable entre la época seca y la época húmeda: los puntos Cucuana-01, Cucuana-02, Cucuana-03, Cucuana-04, Cucuana-05 y Cucuana-08 se mantienen en categoría Aceptable, mientras que Cucuana-06, Cucuana-09, Cucuana-10, Cucuana-11 y Cucuana-12 permanecen en categoría Regular (*Tabla 23*). Esto indica que el cambio estacional no modifica la clasificación general del ICA, aunque sí produce variaciones puntuales en los valores. En época seca, los ICA aceptables oscilan entre 0.77 y 0.84, con mejor condición en Cucuana-02. Los valores regulares se ubican entre 0.54 y 0.63, con la condición más restrictiva en Cucuana-12, correspondiente a la desembocadura. En época húmeda, los puntos aceptables bajan levemente en varios casos, especialmente Cucuana-02, Cucuana-03 y Cucuana-05, mientras que Cucuana-06 y Cucuana-10 mejoran dentro de la categoría Regular, pasando de 0.61 a 0.67 y de 0.63 a 0.67, respectivamente.

Tabla 23. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona
Hidrográfica del río Cucuana

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Época Seca										
Cucuana-01	Empresa de Servicios Públicos de Roncesvalles S.A. E.S.P	0.71	0.95	0.51	0.91	0.82	-	0.1	0.78	ACEPTABLE
Cucuana-02	R. Cucuana aguas arriba CP Roncesvalles	0.9	0.99	0.51	0.82	1	-	0.1	0.84	ACEPTABLE
Cucuana-03	Aguas abajo CP Playarica	0.82	0.93	0.51	0.57	1	-	0.1	0.77	ACEPTABLE
Cucuana-04	R. Cucuana parte media	0.95	0.69	0.51	0.69	1	-	0.1	0.77	ACEPTABLE
Cucuana-05	R. Chili parte alta CP Santa Helena	1	0.97	0.26	0.84	1	-	0.1	0.81	ACEPTABLE
Cucuana-06	R. Chili aguas arriba confluencia del R. Tuamo	0.68	0	0.51	0.88	1	-	0.1	0.61	REGULAR
Cucuana-07	R. Manso aguas abajo CP Riomanso	0.89	0.99	0.26	0.75	1	-	0.1	0.78	ACEPTABLE
Cucuana-08	Asoc. Usuarios Acueducto Rural La Linda Rovira	0.78	0	0.51	0.66	1	-	0.1	0.59	REGULAR
Cucuana-09	R. Tuamo aguas arriba confluencia al R. Chili	0.77	0.86	0.51	0	1	-	0.1	0.63	REGULAR
Cucuana-10	Q. Chipalo aguas arriba confluencia al R. Cucuana	0.89	0	0.51	0.6	1	-	0.1	0.6	REGULAR
Cucuana-11	R. Cucuana aguas arriba Presa USOCOELLO	0.78	0	0.51	0.44	0.95	-	0.1	0.54	REGULAR
Cucuana-12	R. Cucuana desembocadura	0.88	0.99	0.51	0.95	1	-	0.1	0.87	ACEPTABLE
Época Húmeda										
Cucuana-01	Empresa de Servicios Públicos de Roncesvalles S.A. E.S.P	0.88	0.94	0.51	0.93	0.56	-	0.1	0.76	ACEPTABLE
Cucuana-02	R. Cucuana aguas arriba CP Roncesvalles	0.85	0.99	0.51	0.77	0.83	-	0.1	0.79	ACEPTABLE
Cucuana-03	Aguas abajo CP Playarica	0.75	0.93	0.51	0.73	0.77	-	0.26	0.74	ACEPTABLE
Cucuana-04	R. Cucuana parte media	0.99	0.71	0.51	0.6	1	-	0.1	0.76	ACEPTABLE
Cucuana-05	R. Chili parte alta CP Santa Helena	0.93	0.97	0.125	0.79	1	-	0.1	0.76	ACEPTABLE
Cucuana-06	R. Chili aguas arriba confluencia del R. Tuamo	0.88	0.13	0.51	0.84	1	-	0.1	0.67	REGULAR
Cucuana-07	R. Manso aguas abajo CP Riomanso	0.98	0.99	0.26	0.73	0.89	-	0.47	0.77	ACEPTABLE
Cucuana-08	Asoc. Usuarios Acueducto Rural La Linda Rovira	0.83	0	0.51	0.56	1	-	0.1	0.58	REGULAR
Cucuana-09	R. Tuamo aguas arriba confluencia al R. Chili	0.73	0.86	0.51	0.3	0.95	-	0.1	0.67	REGULAR
Cucuana-10	Q. Chipalo aguas arriba confluencia al R. Cucuana	0.89	0	0.51	0.6	1	-	0.1	0.6	REGULAR
Cucuana-11	R. Cucuana aguas arriba Presa USOCOELLO	0.89	0	0.51	0.57	0.7	-	0.1	0.53	REGULAR
Cucuana-12	R. Cucuana desembocadura	0.94	0.99	0.51	0.93	1	-	0.1	0.87	ACEPTABLE

Dado que no se contó con INP en ninguno de los puntos, el ICA fue calculado con 5 variables, por lo que los coliformes fecales no incidieron directamente en el resultado final. Aun así, el ICF muestra una condición microbiológica restrictiva en casi toda la red, con valores funcionales de 0.1 en la mayoría de las estaciones durante ambas épocas (*Figura 84*). En época húmeda se observan leves mejoras en Cucuana-03, con ICF de 0.26, y en Cucuana-08, con ICF de 0.47, pero estos valores siguen evidenciando presión microbiológica. Esta situación es relevante especialmente en puntos asociados a abastecimiento para consumo humano, como Cucuana-01, relacionado con la Empresa de Servicios Públicos de Roncesvalles, y Cucuana-08, asociado al Acueducto Rural La Linda Rovira, donde la presencia de contaminación fecal exige especial atención sobre la eficiencia del tratamiento y desinfección del agua.

El parámetro de mayor restricción a escala de la subzona es el ISST, particularmente en los puntos clasificados como Regulares. En época seca, Cucuana-06, Cucuana-09, Cucuana-11 y Cucuana-12 presentan ISST de 0, lo que explica buena parte de la pérdida de calidad en esos tramos. En época húmeda, esta restricción persiste en Cucuana-09, Cucuana-11 y Cucuana-12, mientras que Cucuana-06 mejora apenas a 0.13, manteniéndose todavía como un factor limitante. Esta condición puede estar asociada al arrastre de material particulado por escorrentía, erosión de márgenes, remoción de coberturas, actividades agropecuarias, inestabilidad de laderas y aportes de sedimentos desde vías rurales o zonas intervenidas. La persistencia de valores bajos de ISST en la parte baja de la cuenca sugiere acumulación progresiva de cargas sólidas hacia los tramos finales.

En los puntos con categoría Aceptable, la restricción más recurrente no corresponde a los sólidos suspendidos sino al IDQO, con valores funcionales de 0.51 en varias estaciones y valores más bajos en Cucuana-05 y Cucuana-08, donde se registran 0.26 en época seca. En Cucuana-05 este valor desciende a 0.125 en época húmeda. Esto sugiere presencia de materia orgánica o sustancias oxidables que reducen la calidad fisicoquímica, posiblemente asociadas a escorrentía agropecuaria, residuos orgánicos, vertimientos domésticos dispersos o aportes difusos desde áreas rurales. Aunque estos puntos conservan la categoría Aceptable por el buen comportamiento relativo del oxígeno disuelto, los sólidos y el pH, el IDQO limita una mejor condición del ICA.

Índice de Calidad del Agua (ICA)
Época Seca

▲ Aceptable ■ Regular



Puntos de Monitoreo de Calidad del Agua

- | | |
|--------------|---------------|
| 1 Cucuana-01 | 7 Cucuana-07 |
| 2 Cucuana-02 | 8 Cucuana-08 |
| 3 Cucuana-03 | 9 Cucuana-09 |
| 4 Cucuana-04 | 10 Cucuana-10 |
| 5 Cucuana-05 | 11 Cucuana-11 |
| 6 Cucuana-06 | 12 Cucuana-12 |

Índice de Calidad del Agua (ICA)
Época Húmeda

▲ Aceptable ■ Regular



Puntos de Monitoreo de Calidad del Agua

- | | |
|--------------|---------------|
| 1 Cucuana-01 | 7 Cucuana-07 |
| 2 Cucuana-02 | 8 Cucuana-08 |
| 3 Cucuana-03 | 9 Cucuana-09 |
| 4 Cucuana-04 | 10 Cucuana-10 |
| 5 Cucuana-05 | 11 Cucuana-11 |
| 6 Cucuana-06 | 12 Cucuana-12 |

Figura 84. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en época seca y húmeda para la Subzona Hidrográfica del río Cucuana

En los puntos con influencia de aguas residuales domésticas, el comportamiento es diferenciado. Cucuana-03, aguas abajo de Playa Rica, se mantiene en categoría Aceptable en ambas épocas, aunque disminuye de 0.77 en seca a 0.74 en húmeda. En época seca la mayor restricción se relaciona con ICE de 0.57 e IDQO de 0.51, mientras que en húmeda mejora el ICE a 0.73, pero disminuyen IsatOD e IpH. Esto puede reflejar efectos combinados de dilución, variación de caudales y aportes domésticos localizados. En Cucuana-10, asociado a la influencia de ARD de San Luis sobre la quebrada Chipalo, la condición es Regular en ambas épocas. Allí el parámetro más crítico es el ICE, con 0 en época seca y 0.3 en época húmeda, lo que indica una restricción fuerte asociada probablemente a cargas iónicas o mineralización por vertimientos domésticos, escorrentía urbana-rural, detergentes, sales disueltas u otros aportes que modifican la conductividad. Su mejora de 0.63 a 0.67 en época húmeda sugiere un posible efecto de dilución, aunque insuficiente para cambiar la categoría.

En conjunto, la subzona presenta mejores condiciones relativas en los tramos altos y medios, mientras que los sectores asociados a tributarios y parte baja del sistema tienden a concentrar las condiciones Regulares. La desembocadura, Cucuana-12, conserva los valores más bajos del ICA en ambas épocas, con 0.54 en seca y 0.53 en húmeda, lo cual evidencia una condición acumulativa de presiones aguas arriba. La estabilidad de las categorías entre temporadas indica que los factores que limitan la calidad del agua no son exclusivamente estacionales, sino que responden a presiones persistentes sobre la cuenca, principalmente sólidos suspendidos, materia oxidable, conductividad en puntos específicos y contaminación fecal generalizada.

4.1.3. ICA en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

La subzona hidrográfica Directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz conservó el mismo patrón de clasificación entre época seca y húmeda: DMCS-01, DMCS-02, DMCS-08, DMCS-10 y DMCS-11 se mantuvieron en condición Aceptable, mientras que DMCS-03, DMCS-04 y DMCS-06 permanecieron en condición Regular (*Tabla 24*). En consecuencia, no se evidencian cambios de categoría entre temporadas, aunque sí variaciones internas del ICA en algunos puntos, especialmente en DMCS-03, DMCS-04, DMCS-08 y DMCS-10.

Tabla 24. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica Directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Época Seca										
DMCS-01	Q. La Bolsa CP Dolores	0.88	0.99	0.51	0.95	1	-	0.1	0.87	ACEPTABLE

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
DMCS-02	Q. Lavapatatas aguas abajo CP Dolores	0.84	0.85	0.51	0.75	1	-	0.72	0.79	ACEPTABLE
DMCS-03	Q. Los Ángeles aguas arriba confluencia al R. Magdalena	0.81	0.99	0.51	0.03	1	-	0.1	0.67	REGULAR
DMCS-04	Q. Yabi aguas arriba confluencia R. Magdalena	0.65	0.36	0.51	0.43	1	0.8	0.1	0.55	REGULAR
DMCS-06	Q. Ata aguas arriba confluencia R. Magdalena	0.75	0	0.51	0.6	1	-	0.82	0.57	REGULAR
DMCS-08	Asoc. de Usuarios Acueducto Regional Santa Lucia/Purificación	0.86	0.85	0.51	0.42	1	-	0.1	0.73	ACEPTABLE
DMCS-10	Municipio de Suarez	0.81	0.99	0.51	0.91	1	-	0.72	0.84	ACEPTABLE
DMCS-11	Q. Batatas aguas arriba confluencia R. Magdalena	0.83	0.44	0.51	0.87	1	-	0.84	0.73	ACEPTABLE
Época Húmeda										
DMCS-01	Q. La Bolsa CP Dolores	0.94	0.99	0.51	0.93	1	-	0.1	0.87	ACEPTABLE
DMCS-02	Q. Lavapatatas aguas abajo CP Dolores	0.78	0.85	0.51	0.81	0.81	-	0.81	0.75	ACEPTABLE
DMCS-03	Q. Los Ángeles aguas arriba confluencia al R. Magdalena	0.81	0.99	0.51	0.01	0.78	-	0.1	0.62	REGULAR
DMCS-04	Q. Yabi aguas arriba confluencia R. Magdalena	0.74	0.79	0.51	0.81	0.67	0.8	0.1	0.63	REGULAR
DMCS-06	Q. Ata aguas arriba confluencia R. Magdalena	0.81	0	0.51	0.48	1	-	0.87	0.56	REGULAR
DMCS-08	Asoc. de Usuarios Acueducto Regional Santa Lucia/Purificación	0.82	0.91	0.51	0.65	0.88	-	0.1	0.75	ACEPTABLE
DMCS-10	Municipio de Suarez	0.82	0.99	0.51	0.9	0.8	-	0.91	0.8	ACEPTABLE
DMCS-11	Q. Batatas aguas arriba confluencia R. Magdalena	0.83	0.44	0.51	0.87	1	-	0.84	0.73	ACEPTABLE

En época seca, los valores más favorables se observaron en DMCS-01 con ICA de 0.87, DMCS-10 con 0.84 y DMCS-02 con 0.79, todos en condición Aceptable. DMCS-08 y DMCS-11 también fueron Aceptables, ambos con 0.73, aunque con restricciones internas asociadas principalmente a ICE, ISST o IDQO (*Figura 85*). Los puntos Regulares correspondieron a DMCS-03 con 0.67, DMCS-04 con 0.55 y DMCS-06 con 0.57, donde las restricciones fueron más marcadas por conductividad/electrolitos, sólidos suspendidos y, en el caso con ICA de 7 variables, coliformes fecales.

En época húmeda, DMCS-01 mantuvo el ICA de 0.87, mientras DMCS-02 descendió de 0.79 a 0.75, DMCS-03 bajó de 0.67 a 0.62 y DMCS-10 disminuyó de 0.84 a 0.80, sin modificar su descriptor (*Figura 85*). En contraste, DMCS-04 mejoró de 0.55 a 0.63 y DMCS-08 aumentó de 0.73 a 0.75, posiblemente por efectos de dilución o menor concentración relativa de algunos parámetros. DMCS-06 se mantuvo como uno de los puntos más críticos, con 0.57 en seca y 0.56 en húmeda, asociado a un ISST de 0.0 en ambas épocas.

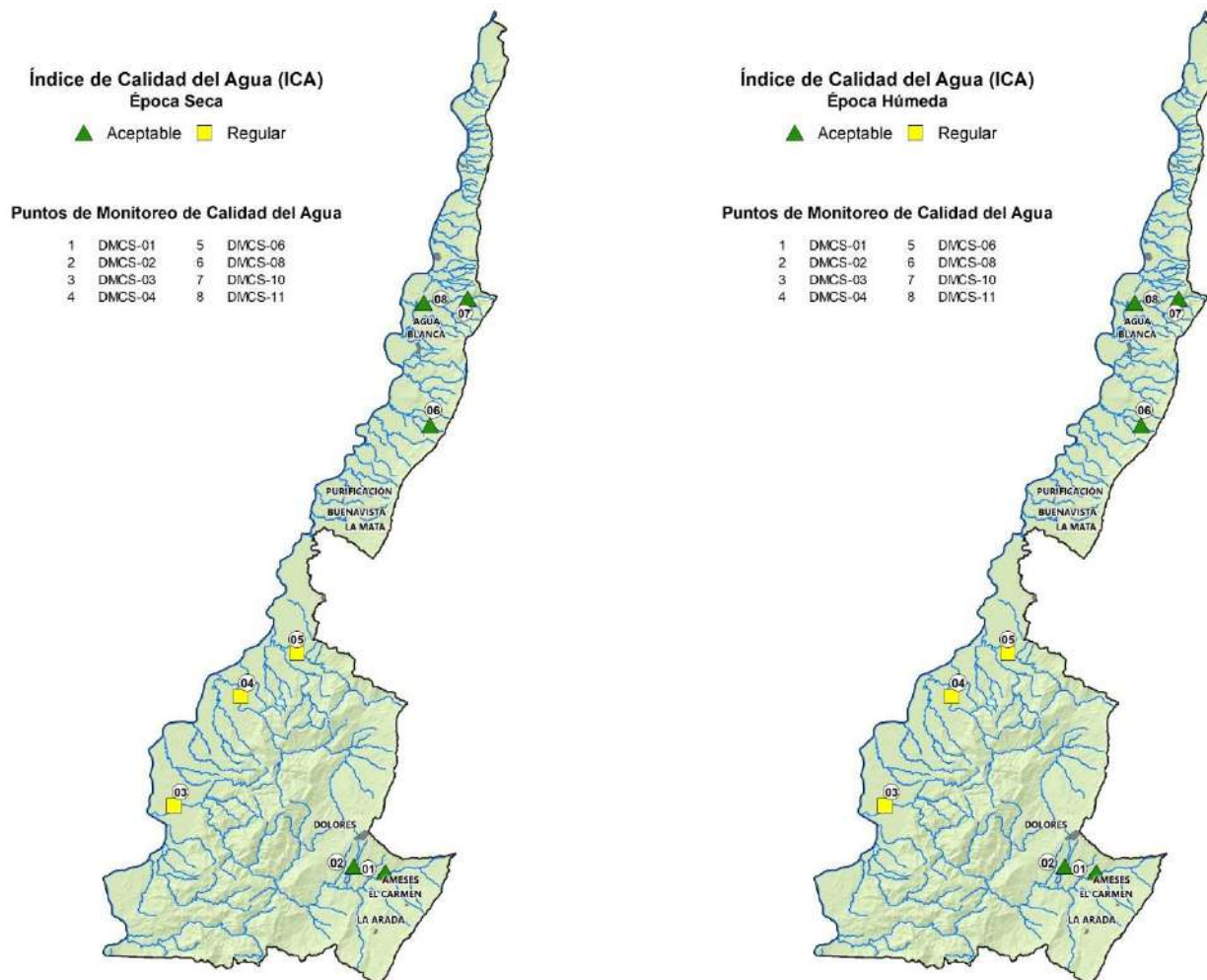


Figura 85. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en época seca y húmeda para la Subzona Hidrográfica Directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

El parámetro de mayor restricción fue el ICE, particularmente en DMCS-03, con valores extremadamente bajos de 0.03 en época seca y 0.01 en época húmeda, lo que explica su permanencia en condición Regular pese a presentar valores altos en ISST e IpH. Esta restricción puede asociarse con incremento de sales disueltas, mineralización natural, aportes por escorrentía, lixiviación de suelos, actividades agropecuarias o descargas que aumenten la conductividad del agua. De forma complementaria, el ISST fue determinante en DMCS-06, donde registró 0.0 en ambas temporadas, indicando una restricción fuerte por sólidos suspendidos, posiblemente relacionada con erosión, remoción de material de cauce, escorrentía superficial o arrastre de sedimentos.

En DMCS-02, punto con influencia de ARD del centro poblado de Dolores, el ICA se mantuvo Aceptable en ambas épocas, aunque disminuyó de 0.79 a 0.75 durante la época húmeda. Allí la influencia de aguas residuales domésticas no se tradujo en una condición Regular, pero sí se refleja en restricciones moderadas de IDQO, ICE, IsatOD y, en época húmeda, IpH. Los coliformes fecales presentaron valores de 0.72 en seca y 0.81 en húmeda; aunque no entraron en el cálculo del ICA de 5 variables, sugieren una señal microbiológica que debe considerarse en la interpretación sanitaria del punto.

Los coliformes fecales muestran una condición crítica en varios puntos con ICA de 5 variables, especialmente DMCS-01, DMCS-03, DMCS-08 y DMCS-04, con ICF de 0.10 en alguna o ambas temporadas. En DMCS-08, correspondiente a la Asociación de Usuarios del Acueducto Regional Santa Lucía/Purificación, este aspecto es relevante porque, aunque el ICA fue Aceptable, el ICF de 0.10 indica una restricción microbiológica importante que no queda incorporada cuando el índice se calcula solo con 5 variables. Esto evidencia que la clasificación global del ICA debe complementarse con la revisión específica de coliformes, especialmente en puntos asociados a abastecimiento o posibles usos para consumo humano.

4.1.4. ICA en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

En la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos al Magdalena, el ICA muestra una condición predominantemente Regular en ambas épocas, con variaciones puntuales entre campañas (*Tabla 25*). En época seca, la mayoría de las estaciones se ubicó en categoría Regular, con dos puntos en condición Mala: Luisa-06 y Luisa-18, y dos puntos Aceptables: Luisa-19 y Luisa-20. En época húmeda se observa una leve redistribución de la calidad: Luisa-01 mejora de Regular a Aceptable, Luisa-15 pasa de Regular a Aceptable, Luisa-18 mejora de Malo a Regular, pero Luisa-12 desmejora de Regular a Malo; Luisa-06 permanece como Malo.

*Tabla 25. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona
Hidrográfica del río Luisa y Otros Directos al Magdalena*

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Época Seca										
Luisa-01	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Rovira E.S.P.	0.86	0.9	0.26	0.64	0.82	-	0.1	0.7	REGULAR
Luisa-02	R. Luisa aguas abajo CP Rovira	0.82	0.93	0.51	0	1	-	0.82	0.65	REGULAR
Luisa-04	Municipio de Valle de San Juan	0.95	0.72	0.26	0.32	1	-	0.8	0.65	REGULAR
Luisa-06	Municipio de San Luis	0.85	0	0.51	0	1	-	0.1	0.47	MALO
Luisa-07	R. Luisa Vía Payande - Valle de San Juan	0.82	0.85	0.26	0	1	-	0.81	0.59	REGULAR
Luisa-08	Q. Del Valle aguas arriba confluencia R. Luisa	0.98	0.73	0.51	0.33	0.84	-	0.1	0.68	REGULAR
Luisa-09	R. Luisa parte media	0.9	0.43	0.51	0.14	1	-	0.23	0.6	REGULAR
Luisa-10	E.S.P del Guamo ESPAG	0.91	0.86	0.51	0	1	-	0.1	0.66	REGULAR
Luisa-12	Q. Guaduas vía CP San Francisco	0.86	0	0.51	0.37	1	-	0.84	0.55	REGULAR
Luisa-13	Q. Guaduas aguas arriba confluencia al R. Luisa	0.89	0	0.51	0.25	1	-	0.83	0.53	REGULAR
Luisa-14	Q. Serrezuela aguas arriba confluencia R. Luisa	0.46	0.9	0.51	0	1	-	0.85	0.57	REGULAR
Luisa-15	R. Luisa desembocadura	0.57	0.87	0.51	0	1	0.8	0.82	0.65	REGULAR
Luisa-16	Q. Eneal parte alta	0.72	0.59	0.51	0.39	1	-	0.84	0.64	REGULAR
Luisa-17	Q. Eneal desembocadura	0.89	0.61	0.51	0.43	1	-	0.87	0.69	REGULAR
Luisa-18	Q. Guayabal aguas abajo PTAR CP Espinal	0.89	0	0.51	0	1	-	0.1	0.48	MALO
Luisa-19	Q. Santa Ana desembocadura	0.82	0.81	0.51	0.44	1	-	0.35	0.72	ACEPTABLE
Luisa-20	Empresa de Servicios Públicos de Flandes Tolima E.S.P.	0.93	0.88	0.51	0.45	1	-	0.1	0.75	ACEPTABLE
Época Húmeda										
Luisa-01	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Rovira E.S.P.	0.74	0.91	0.51	0.51	0.96	-	0.1	0.73	ACEPTABLE
Luisa-02	R. Luisa aguas abajo CP Rovira	0.84	0.89	0.51	0.14	0.85	-	0.91	0.65	REGULAR
Luisa-04	Municipio de Valle de San Juan	0.98	0.82	0.26	0.43	0.67	-	0.9	0.63	REGULAR
Luisa-06	Municipio de San Luis	0.85	0	0.51	0	1	-	0.1	0.47	MALO
Luisa-07	R. Luisa Vía Payande - Valle de San Juan	0.8	0.83	0.51	0.48	0.63	-	0.92	0.65	REGULAR
Luisa-08	Q. Del Valle aguas arriba confluencia R. Luisa	0.98	0.73	0.51	0.33	0.84	-	0.1	0.68	REGULAR
Luisa-09	R. Luisa parte media	0.93	0.43	0.51	0	0.89	-	0.38	0.55	REGULAR

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Luisa-10	E.S.P del Guamo ESPAG	0.94	0	0.51	0.48	1	-	0.1	0.59	REGULAR
Luisa-12	Q. Guaduas vía CP San Francisco	0.91	0	0.51	0.17	0.82	-	0.89	0.48	MALO
Luisa-13	Q. Guaduas aguas arriba confluencia al R. Luisa	0.85	0.48	0.51	0.33	0.86	-	0.94	0.61	REGULAR
Luisa-14	Q. Serrezuela aguas arriba confluencia R. Luisa	0.46	0.9	0.51	0	1	-	0.85	0.57	REGULAR
Luisa-15	R. Luisa desembocadura	0.71	0.9	0.51	0.69	0.71	0.8	0.93	0.75	ACEPTABLE
Luisa-16	Q. Eneal parte alta	0.72	0.59	0.51	0.39	1	-	0.84	0.64	REGULAR
Luisa-17	Q. Eneal desembocadura	0.85	0.71	0.51	0.46	0.86	-	0.96	0.68	REGULAR
Luisa-18	Q. Guayabal aguas abajo PTAR CP Espinal	0.82	0	0.51	0.58	0.98	-	0.1	0.58	REGULAR

Los sectores con mejor respuesta en época húmeda se asocian principalmente con incrementos en algunos subíndices, especialmente ICE, ISST e IsatOD en puntos específicos. Luisa-15, correspondiente a la desembocadura del río Luisa, mejora de 0.65 a 0.75 y pasa a categoría Aceptable, pese a recibir previamente aportes de las quebradas Guaduas y Serrezuela y tener influencia asociada al sector de Guamo. En este punto, el cálculo incluyó las 7 variables, y los valores de INP e ICF fueron altos en ambas épocas, por lo que no actuaron como restricciones relevantes del índice (*Figura 86*).

Las condiciones más críticas se concentran en Luisa-06, Luisa-12 y Luisa-18. Luisa-06 mantiene un ICA de 0.47 en ambas épocas, con descriptor Malo, condicionado principalmente por ISST e ICE iguales a 0. Luisa-18, aguas abajo de la PTAR del centro poblado de Espinal, presenta condición Mala en época seca con ICA de 0.48 y mejora a Regular en época húmeda con 0.58, favorecida por el incremento del ICE de 0 a 0.58; sin embargo, ISST se mantiene en 0 e ICF en 0.1, lo que evidencia persistencia de restricciones asociadas a sólidos y contaminación microbiológica. Luisa-12 desmejora en época húmeda hasta 0.48, también con ISST igual a 0 y reducción del ICE, lo que sugiere arrastre de material suspendido y posibles aportes difusos durante lluvias.

El parámetro de mayor restricción para el ICA fue, en varios puntos, el ISST, con valores de 0 en Luisa-06, Luisa-12, Luisa-13 durante época seca, Luisa-18 y Luisa-10 en época húmeda. Esta restricción puede estar asociada al incremento de sólidos suspendidos por erosión de márgenes, escorrentía superficial, arrastre de sedimentos desde vías terciarias o áreas intervenidas, remoción de material en cauces y aportes de quebradas tributarias. En algunos puntos también fue determinante el ICE, especialmente donde registró 0, como Luisa-02, Luisa-06, Luisa-07, Luisa-10, Luisa-14, Luisa-15 en época seca, y Luisa-06, Luisa-09 y Luisa-14 en época húmeda, reflejando posibles excedencias frente a criterios de calidad.

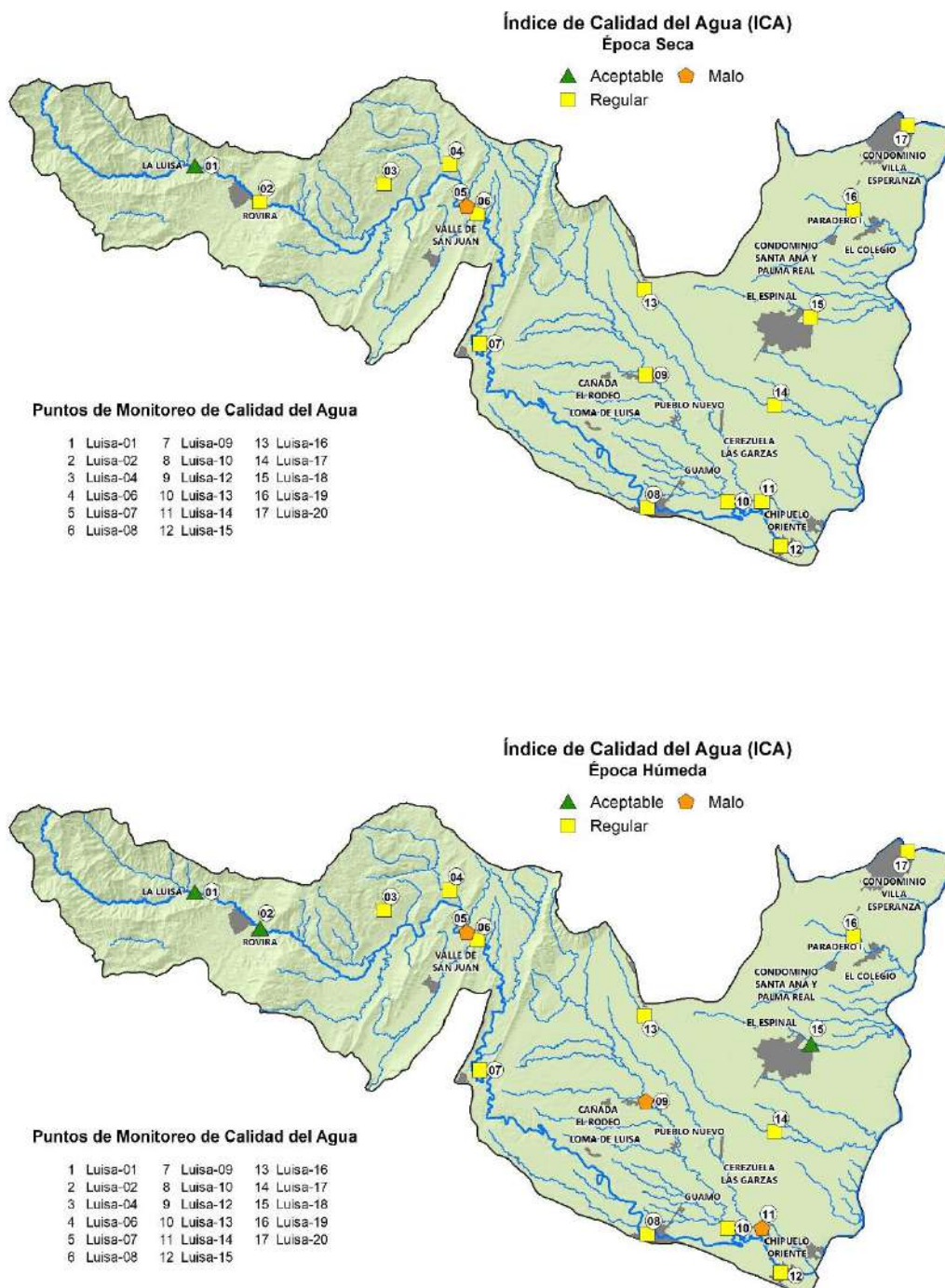


Figura 86. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en época seca y húmeda para la Subzona Hidrográfica del río Luisa y Otros Directos al Magdalena

En los puntos con influencia de aguas residuales domésticas, el comportamiento fue diferenciado. Luisa-02, aguas abajo del centro poblado de Rovira, permaneció Regular en ambas épocas, aunque el ICE fue muy bajo, particularmente en época seca. Luisa-08 se mantuvo Regular con ICA de 0.68 en ambas campañas, pero el ICF fue de 0.1, señal clara de afectación microbiológica, aunque no entró en el cálculo por tratarse de ICA de 5 variables. Luisa-15 mejoró a Aceptable en época húmeda, mientras que Luisa-18 evidenció recuperación parcial del ICA, pero con persistencia de restricciones por sólidos suspendidos y coliformes fecales.

Aunque los coliformes fecales no hicieron parte del cálculo en los ICA de 5 variables, su comportamiento es ambientalmente relevante. Valores de ICF de 0.1 en Luisa-01, Luisa-06, Luisa-08, Luisa-10, Luisa-18 y Luisa-20 en época seca, y nuevamente en Luisa-01, Luisa-06, Luisa-08, Luisa-10 y Luisa-18 en época húmeda, indican presión sanitaria recurrente. Esto puede relacionarse con descargas de ARD, funcionamiento limitado de sistemas de tratamiento, vertimientos dispersos, conexiones erradas, escorrentía urbana y aportes pecuarios; por tanto, aun donde el ICA resultó Regular o Aceptable, la condición microbiológica debe considerarse una limitante para usos sensibles como abastecimiento, recreación o contacto primario.

4.1.5. ICA en la subzona hidrográfica del río Prado

En la subzona hidrográfica del río Prado, los resultados del ICA muestran una condición predominantemente aceptable tanto en época seca como en época húmeda (*Tabla 26*). La estabilidad espacial del índice es alta, dado que la mayoría de los puntos conservaron el mismo descriptor entre campañas (*Figura 87*). Únicamente Prado-09 se mantuvo en condición regular en ambas épocas, aunque con una mejora importante del ICA, al pasar de 0.52 en época seca a 0.70 en época húmeda. En contraste, estaciones como Prado-05 y Prado-10 conservaron exactamente el mismo ICA en ambas épocas, con valores de 0.79, lo que sugiere una condición relativamente estable frente al cambio hidrológico estacional.

En época seca, los valores del ICA se ubicaron principalmente entre 0.73 y 0.85, con excepción de Prado-09, que registró el valor más bajo de la campaña con 0.52 y descriptor regular. En este punto, asociado a la Junta Administradora del Acueducto Tres Esquinas-Cunday, la mayor restricción fue el ISST, con un valor de 0.0, acompañado por valores moderados de IsatOD e ICE, ambos cercanos al límite inferior respecto al resto de estaciones. Esta condición indica una afectación marcada por sólidos suspendidos, posiblemente relacionada con arrastre de material particulado, erosión de márgenes, intervención del cauce, escorrentía sobre suelos descubiertos o aportes locales que incrementan la turbidez y reducen la calidad física del agua. La relevancia

del punto aumenta al estar asociado a un sistema de acueducto, por lo que la presencia de sólidos representa una condición crítica para usos potenciales de abastecimiento.

Tabla 26. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del río Prado

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Época Seca										
Prado-01	R. Cunday parte alta CP Patecuinde	0.79	0.89	0.51	0.94	0.82	-	0.8	0.79	ACEPTABLE
Prado-02	Empresa de Servicios Públicos de Cunday E.S.P	0.79	0.97	0.26	0.93	1	-	0.72	0.79	ACEPTABLE
Prado-03	Empresa de Servicios Públicos de Cunday E.S.P	0.99	0.93	0.26	0.9	0.94	-	0.57	0.8	ACEPTABLE
Prado-04	R. Cunday aguas arriba CP Cunday	0.95	0.77	0.26	0.79	1	0.8	0.55	0.74	ACEPTABLE
Prado-05	R. Vichía aguas arriba confluencia al R. Cunday	0.6	0	0.51	0.59	0.9	-	0.31	0.52	REGULAR
Prado-06	R. Cuinde parte alta CP Villarica	0.94	0.91	0.26	0.83	1	-	0.79	0.79	ACEPTABLE
Prado-07	J.A.C. del Barrio Andalucia	0.92	0.79	0.51	0.88	0.67	-	0.65	0.75	ACEPTABLE
Prado-08	R. Cuidecito aguas abajo CP Villarica	0.84	0.99	0.26	0.78	1	-	0.1	0.77	ACEPTABLE
Prado-09	Junta Administradora del Acueducto Tres Esquinas-Cunday	0.92	0.89	0.51	0.68	1	-	0.82	0.8	ACEPTABLE
Prado-10	R. Cuinde aguas arriba confluencia al R. Cunday	0.74	0.93	0.51	0.86	1	-	0.1	0.81	ACEPTABLE
Prado-11	R. Prado aguas arriba Embalse Vía Purificación Vda Cacho Venado	0.36	0.97	0.51	0.8	1	-	0.81	0.73	ACEPTABLE
Prado-12	E.S.P de Dolores Servidolores	0.79	0.99	0.51	0.93	1	-	0.23	0.84	ACEPTABLE
Prado-13	R. Negro aguas arriba embalse	0.78	0.99	0.51	0.83	0.65	-	0.89	0.75	ACEPTABLE
Prado-14	Municipio de Prado	1	0.99	0.125	0.93	1	-	0.91	0.81	ACEPTABLE
Prado-15	R. Prado desembocadura	0.97	0.88	0.51	0.92	1	-	0.86	0.86	ACEPTABLE
Prado-16	Junta de Usuarios Acueducto y Alcantarillado/Prado	0.89	0.68	0.51	0.84	1	-	0.84	0.78	ACEPTABLE
Época Húmeda										
Prado-01	R. Cunday parte alta CP Patecuinde	0.71	0.93	0.51	0.9	0.91	-	0.9	0.79	ACEPTABLE
Prado-02	Empresa de Servicios Públicos de Cunday E.S.P	0.79	0.97	0.26	0.93	1	-	0.72	0.79	ACEPTABLE
Prado-03	Empresa de Servicios Públicos de Cunday E.S.P	0.82	0.95	0.26	0.92	0.59	-	0.73	0.71	ACEPTABLE
Prado-04	R. Cunday aguas arriba CP Cunday	0.81	0.86	0.51	0.72	0.98	0.8	0.75	0.78	ACEPTABLE
Prado-05	R. Vichía aguas arriba confluencia al R. Cunday	0.77	0.82	0.51	0.74	0.67	-	0.51	0.7	REGULAR
Prado-06	R. Cuinde parte alta CP Villarica	0.94	0.91	0.26	0.83	1	-	0.79	0.79	ACEPTABLE

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Prado-07	J.A.C. del Barrio Andalucía	0.69	0.87	0.51	0.87	0.76	-	0.81	0.74	ACEPTABLE
Prado-08	R. Cuidecito aguas abajo CP Villarica	0.92	0.99	0.51	0.81	0.83	-	0.27	0.81	ACEPTABLE
Prado-09	Junta Administradora del Acueducto Tres Esquinas-Cunday	0.98	0.9	0.51	0.58	1	-	0.87	0.79	ACEPTABLE
Prado-10	R. Cuinde aguas arriba confluencia al R. Cunday	0.74	0.96	0.51	0.85	1	-	0.1	0.81	ACEPTABLE
Prado-11	R. Prado aguas arriba Embalse Vía Purificación Vda Cacho Venado	0.66	0.97	0.51	0.77	1	-	0.92	0.78	ACEPTABLE
Prado-12	E.S.P de Dolores Servidolores	0.9	0.99	0.51	0.92	0.91	-	0.54	0.85	ACEPTABLE
Prado-13	R. Negro aguas arriba embalse	0.82	0.99	0.51	0.81	0.65	-	0.95	0.76	ACEPTABLE
Prado-14	Municipio de Prado	1	0.99	0.125	0.93	1	-	0.91	0.81	ACEPTABLE
Prado-15	R. Prado desembocadura	0.88	0.87	0.51	0.91	0.95	-	0.95	0.82	ACEPTABLE
Prado-16	Junta de Usuarios Acueducto y Alcantarillado/Prado	0.84	0.72	0.51	0.86	0.87	-	0.96	0.76	ACEPTABLE

Durante la época húmeda se mantuvo el predominio de condiciones aceptables, aunque con variaciones internas en algunos parámetros. Prado-09 continuó como el único punto clasificado como regular, pero mejoró su ICA hasta 0.70, principalmente por la recuperación del ISST de 0.0 a 0.82 y del IsatOD de 0.60 a 0.77. Esta mejoría sugiere que, pese al incremento esperado de la escorrentía en época húmeda, el evento o condición de muestreo no reprodujo la restricción extrema por sólidos observada en época seca, o bien que existió un efecto de dilución y mayor renovación hidráulica. No obstante, el descriptor regular se mantuvo por la combinación de restricciones en IpH, ICE e ICF, lo que evidencia que la recuperación física no fue suficiente para alcanzar una condición aceptable.

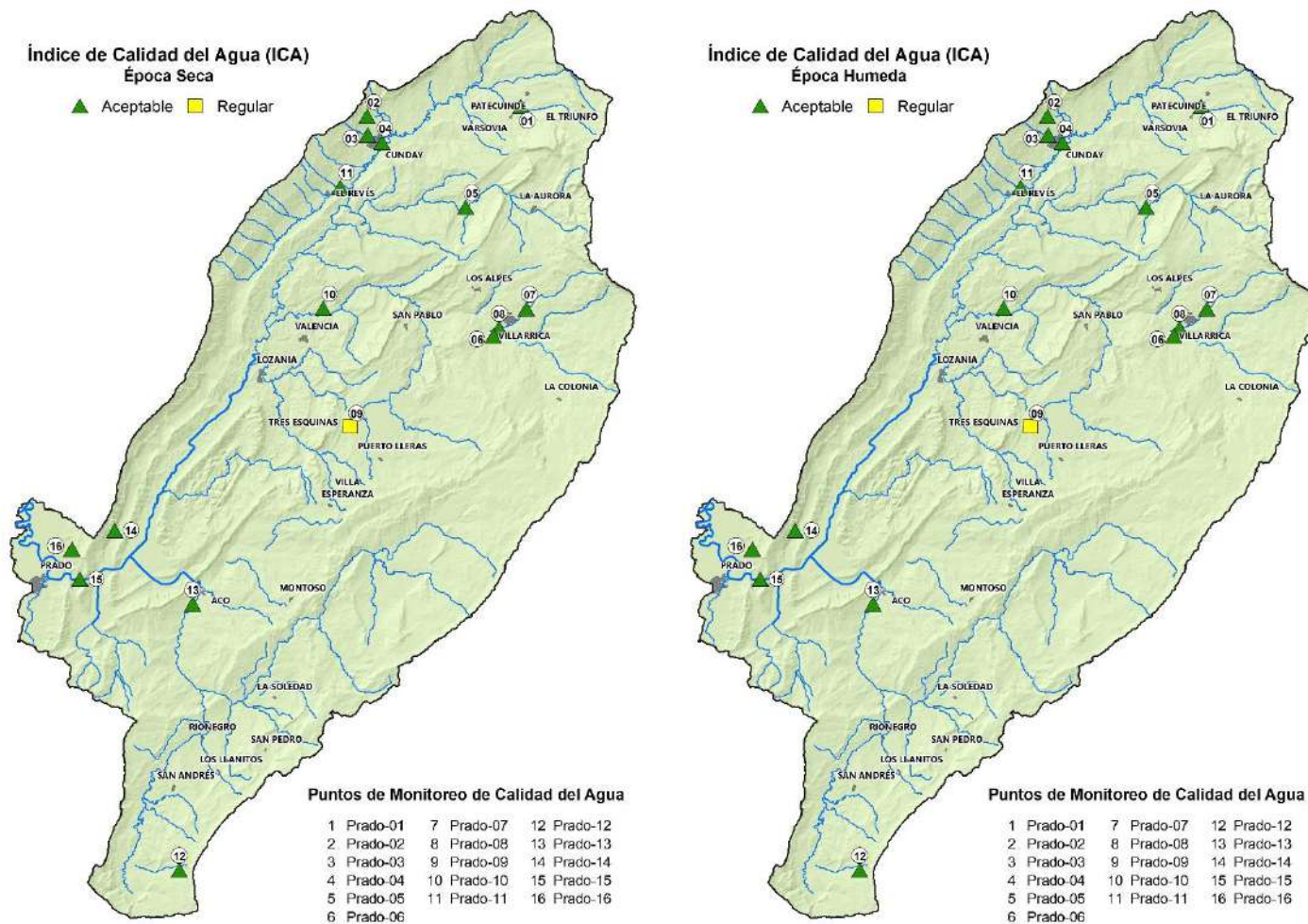


Figura 87. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en época seca y húmeda para la Subzona Hidrográfica del río Prado

Al contrastar ambas épocas, varios puntos presentaron disminuciones leves del ICA en temporada húmeda, como Prado-01, que pasó de 0.80 a 0.73; Prado-02, de 0.85 a 0.80; Prado-07, de 0.80 a 0.71; Prado-11, de 0.75 a 0.74; y Prado-13, de 0.80 a 0.79. Estas reducciones se asocian principalmente con menores respuestas funcionales de IsatOD, IpH o ICE, según el caso. En Prado-07, por ejemplo, aunque el ISST y el ICE se mantuvieron altos, el IpH descendió hasta 0.59 y el IDQO permaneció en 0.26, lo que explica su acercamiento al umbral inferior de la categoría aceptable. En Prado-13, la restricción más evidente en época húmeda fue el ICE, con 0.58, lo cual puede indicar mayor aporte de sales disueltas o cambios en la conductividad asociados a escorrentía, drenajes locales o interacción con materiales geológicos de la cuenca.

Otros puntos mostraron mejoría en época húmeda, como Prado-08, Prado-12, Prado-15 y Prado-16. En Prado-08, correspondiente al río Cuidecito aguas abajo del centro poblado de Villarica y con influencia de ARD, el ICA aumentó de 0.74 a 0.78, manteniéndose en condición aceptable. Este punto fue calculado con siete variables en ambas campañas, al contar con INP, cuyo valor fue 0.80 en los dos periodos. A pesar de la influencia de aguas residuales domésticas, en época húmeda se observó una mejora del IDQO, de 0.26 a 0.51, del ISST, de 0.77 a 0.86, y del ICF, de 0.55 a 0.75, lo cual sugiere un posible efecto de dilución o mayor capacidad de asimilación del cuerpo de agua durante la campaña húmeda. Sin embargo, el ICE disminuyó de 0.79 a 0.72, por lo que persiste una señal de restricción asociada a la mineralización o a aportes iónicos.

El parámetro de mayor restricción a escala de la subzona fue, en términos generales, el IDQO, debido a que presentó valores bajos de 0.26 en múltiples estaciones, especialmente Prado-05, Prado-07, Prado-08 en época seca, Prado-10 y Prado-12 en época seca, así como Prado-05, Prado-07 y Prado-10 en época húmeda. Esta restricción indica presencia de materia orgánica oxidable o compuestos susceptibles de generar demanda química de oxígeno, posiblemente asociados a vertimientos domésticos dispersos, aportes de centros poblados, escorrentía con residuos orgánicos, actividades agropecuarias o acumulación de material biodegradable en zonas de baja renovación. Aunque en varios casos el ICA permaneció aceptable por el buen desempeño de ISST, ICE, IpH e IsatOD, el IDQO actuó como el factor que más limitó la calificación final.

De manera puntual, además del IDQO, se identificaron restricciones específicas relevantes. En Prado-15, ubicado en la desembocadura del río Prado y luego de la salida de la embalse, el IsatOD fue muy bajo en época seca, con 0.36, aunque mejoró a 0.66 en época húmeda. Esta condición puede estar relacionada con mayor carga orgánica acumulada, menor aireación, procesos de degradación de materia orgánica o condiciones hidráulicas del embalse que limitan la oxigenación. En Prado-12 y Prado-14, el ICF presentó valores de 0.10 en época seca, y en Prado-14 se mantuvo en 0.10 en época

húmeda. Aunque los coliformes fecales no entraron en el cálculo del ICA cuando se aplicó la metodología de 5 variables, estos valores evidencian una señal sanitaria crítica, compatible con aportes de aguas residuales domésticas, presencia de ganado, escorrentía desde áreas habitadas o conexiones deficientes de saneamiento.

En síntesis, la subzona del río Prado presentó una calidad del agua mayoritariamente aceptable en las dos épocas climáticas, con persistencia de una condición regular en Prado-09 y restricciones localizadas asociadas a sólidos suspendidos, demanda química de oxígeno, conductividad, pH, oxígeno disuelto y contaminación fecal. La época húmeda no implicó un deterioro generalizado; por el contrario, algunos puntos mejoraron por efecto probable de dilución y mayor caudal, aunque en otros se observaron descensos asociados a cambios en pH, ICE o IsatOD. La principal alerta de gestión se concentra en el control de cargas orgánicas y sanitarias, el manejo de sólidos por erosión o escorrentía y el seguimiento específico de puntos vinculados a acueductos o con influencia de ARD, especialmente Prado-08 y Prado-09.

4.1.6. ICA en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

En la subzona hidrográfica del río Sumapaz predominó la condición Aceptable en ambas épocas, lo que indica una respuesta general relativamente estable del ICA (*Tabla 27*). En época seca, los puntos clasificados como Regular fueron Sumapaz-10, con ICA de 0.68, y Sumapaz-18, con ICA de 0.66; mientras que en época húmeda Sumapaz-10 mejoró a Aceptable con ICA de 0.71, pero Sumapaz-18 permaneció en condición Regular y descendió a 0.57. Adicionalmente, en época húmeda Sumapaz-21 pasó a Regular con ICA de 0.70, lo que sugiere una mayor sensibilidad del tramo bajo o de cierre de la subzona frente al arrastre de cargas durante lluvias.

Tabla 27. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del río Sumapaz

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Época Seca										
Sumapaz-01	Municipio de Icononzo	0.78	0.99	0.51	0.83	0.65	-	0.89	0.75	ACEPTABLE
Sumapaz-02	R. Juan López Icononzo	1	0.99	0.125	0.93	1	-	0.91	0.81	ACEPTABLE
Sumapaz-03	R. Sumapaz Boquerón	0.97	0.88	0.51	0.92	1	-	0.86	0.86	ACEPTABLE
Sumapaz-04	E.S.P Aguas del Palmar S.A.S	0.89	0.68	0.51	0.84	1	-	0.84	0.78	ACEPTABLE
Sumapaz-06	Municipio de Melgar	0.7	0.95	0.51	0.88	1	-	0.79	0.81	ACEPTABLE
Sumapaz-08	Municipio de Melgar	0.93	0.99	0.51	0.75	1	-	0.83	0.84	ACEPTABLE
Sumapaz-09	Q. La Melgara (Q. Agua Fría) CP Melgar	0.88	0.99	0.51	0.85	1	-	0.94	0.85	ACEPTABLE

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Sumapaz-10	E.S.P Empresa de Acueducto Corinto S.A.	0.75	0.31	0.51	0.85	1	-	0.82	0.68	REGULAR
Sumapaz-11	Municipio de Melgar	0.75	0.99	0.51	0.86	1	-	0.81	0.82	ACEPTABLE
Sumapaz-12	Q. La Guaduala desembocadura	0.7	0.99	0.51	0.81	1	-	0.1	0.8	ACEPTABLE
Sumapaz-14	Q. La Apicalá parte alta	0.76	0.99	0.51	0.9	1	-	0.98	0.83	ACEPTABLE
Sumapaz-15	Empresa de Distribución de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo de Carmen de Apicalá	0.66	0.99	0.51	0.78	1	-	0.1	0.79	ACEPTABLE
Sumapaz-16	Empresa de Distribución de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo de Carmen de Apicalá	0.72	0.99	0.51	0.88	1	-	0.1	0.82	ACEPTABLE
Sumapaz-18	Copropiedad Condominio Hacienda La Estancia	0.85	0.98	0.51	0.26	0.71	-	0.81	0.66	REGULAR
Sumapaz-19	Q. Inali aguas arriba confluencia Q. La Apicalá	0.87	0.76	0.51	0.81	0.87	-	0.68	0.76	ACEPTABLE
Sumapaz-20	Q. La Apicalá aguas arriba confluencia al R. Sumapaz	0.95	0.83	0.51	0.75	1	-	0.83	0.81	ACEPTABLE
Sumapaz-21	R. Sumapaz desembocadura	0.91	0.71	0.51	0.87	1	-	0.86	0.8	ACEPTABLE
Época Húmeda										
Sumapaz-01	Municipio de Icononzo	0.82	0.99	0.51	0.81	0.65	-	0.95	0.76	ACEPTABLE
Sumapaz-02	R. Juan López Icononzo	1	0.99	0.125	0.93	1	-	0.91	0.81	ACEPTABLE
Sumapaz-03	R. Sumapaz Boquerón	0.88	0.87	0.51	0.91	0.95	-	0.95	0.82	ACEPTABLE
Sumapaz-04	E.S.P Aguas del Palmar S.A.S	0.84	0.72	0.51	0.86	0.87	-	0.96	0.76	ACEPTABLE
Sumapaz-06	Municipio de Melgar	0.7	0.96	0.51	0.86	0.64	-	0.93	0.73	ACEPTABLE
Sumapaz-08	Municipio de Melgar	0.84	0.99	0.51	0.77	0.85	-	0.94	0.79	ACEPTABLE
Sumapaz-09	Q. La Melgara (Q. Agua Fría) CP Melgar	0.88	0.99	0.51	0.85	1	-	0.94	0.85	ACEPTABLE
Sumapaz-10	E.S.P Empresa de Acueducto Corinto S.A.	0.81	0.49	0.51	0.83	0.92	-	0.94	0.71	ACEPTABLE
Sumapaz-11	Municipio de Melgar	0.76	0.99	0.51	0.86	0.94	-	0.9	0.81	ACEPTABLE
Sumapaz-12	Q. La Guaduala desembocadura	0.7	0.99	0.51	0.81	1	-	0.1	0.8	ACEPTABLE
Sumapaz-14	Q. La Apicalá parte alta	0.76	0.99	0.51	0.9	1	-	0.98	0.83	ACEPTABLE
Sumapaz-15	Empresa de Distribución de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo de Carmen de Apicalá	0.79	0.99	0.51	0.84	0.83	-	0.1	0.79	ACEPTABLE
Sumapaz-16	Empresa de Distribución de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo de Carmen de Apicalá	0.74	0.99	0.51	0.84	1	-	0.1	0.82	ACEPTABLE
Sumapaz-18	Copropiedad Condominio Hacienda La Estancia	0.88	0.98	0.51	0	0.5	-	0.92	0.57	REGULAR

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Sumapaz-19	Q. Inali aguas arriba confluencia Q. La Apicalá	0.87	0.76	0.51	0.81	0.87	-	0.68	0.76	ACEPTABLE
Sumapaz-20	Q. La Apicalá aguas arriba confluencia al R. Sumapaz	0.82	0.84	0.51	0.77	0.71	-	0.93	0.73	ACEPTABLE
Sumapaz-21	R. Sumapaz desembocadura	0.78	0.74	0.51	0.85	0.62	-	0.95	0.7	REGULAR

Dado que en todos los registros no se contó con el valor de INP, el ICA fue calculado con 5 variables. En ese contexto, el parámetro que más restringió el índice de forma general fue el IDQO, con valores funcionales recurrentes de 0.51 y un caso crítico en Sumapaz-02 de 0.125 tanto en época seca como húmeda (*Figura 88*). Aunque este bajo desempeño no siempre cambió el descriptor final por la compensación de las demás variables, evidencia presión asociada a materia orgánica o sustancias químicamente oxidables, posiblemente vinculadas con vertimientos domésticos, escorrentía urbana, aportes agropecuarios o descargas difusas en la red hídrica.

En época seca, Sumapaz-10 presentó la restricción más marcada por ISST, con un valor de 0.31, lo que explica su clasificación Regular pese a que variables como IpH, ICE e IsatOD no mostraron condiciones críticas. Al tratarse de un punto con influencia de ARD en el área de Melgar y asociado a la E.S.P Empresa de Acueducto Corinto S.A., este resultado es relevante, pues puede responder a aportes de sólidos suspendidos por vertimientos, remoción de sedimentos, erosión de márgenes, escorrentía urbana o intervenciones en el cauce. En época húmeda este punto mejoró a 0.71, principalmente por el aumento del ISST a 0.49 y el incremento del ICF a 0.94, aunque el IDQO se mantuvo como restricción de fondo.

Sumapaz-18 fue el punto más crítico en términos de persistencia, ya que se mantuvo como Regular en ambas épocas y presentó la mayor restricción por ICE, con 0.26 en época seca y 0.0 en época húmeda. Este comportamiento indica una afectación importante por conductividad eléctrica, asociada posiblemente a mayor concentración de sales disueltas, aguas residuales, detergentes, lixiviados, escorrentía con carga iónica o procesos de mineralización local. En época húmeda, además, el IpH disminuyó a 0.50, reforzando la condición restrictiva del punto y sugiriendo que las lluvias no generaron una mejora por dilución, sino que pudieron favorecer el lavado de materiales o contaminantes acumulados en la microcuenca.

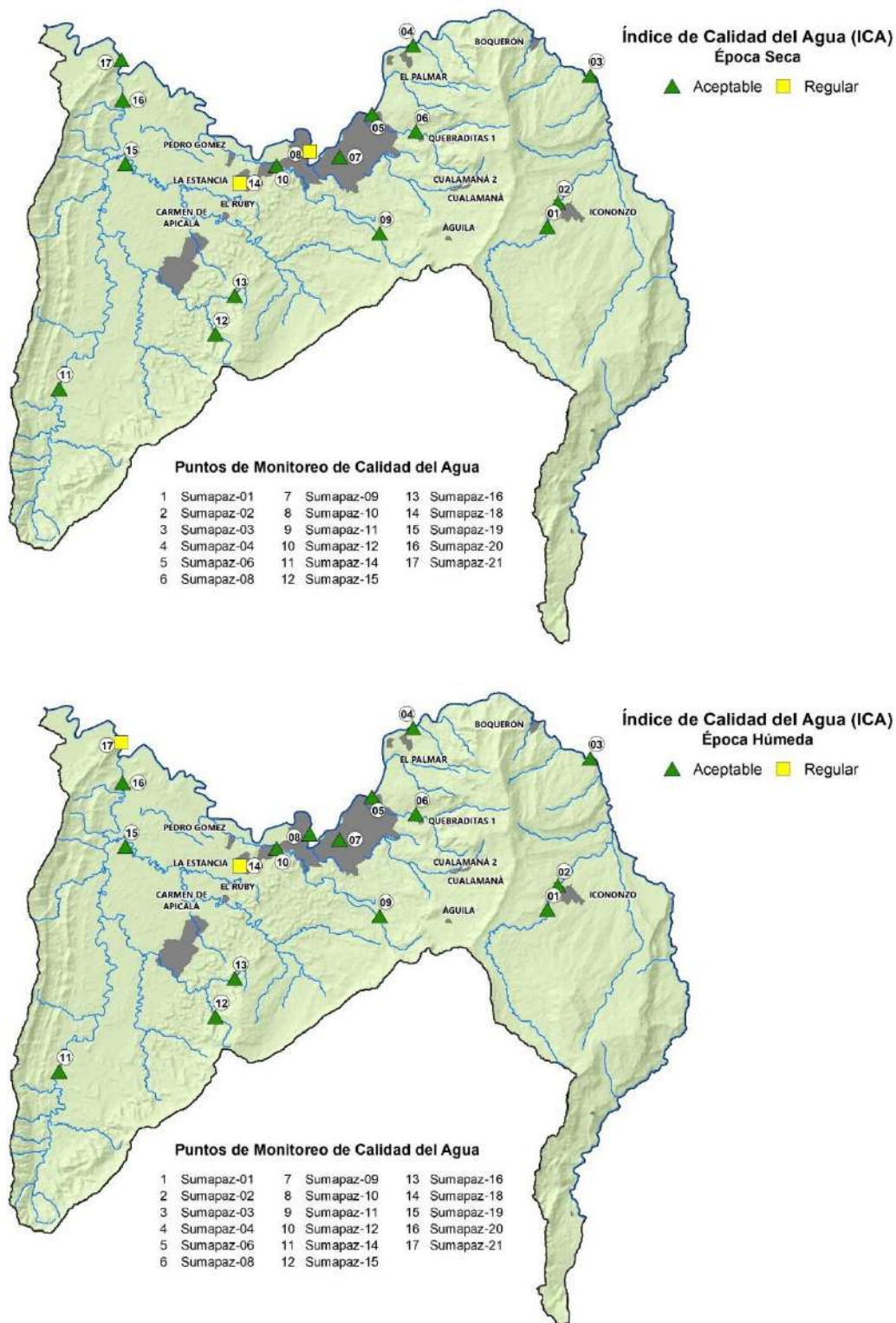


Figura 88. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en época seca y húmeda para la Subzona Hidrográfica del río Sumapaz

Los puntos con influencia de ARD mostraron respuestas diferenciadas. Sumapaz-03, ubicado sobre el río Sumapaz en Boquerón luego de recibir las descargas indirectas del centro poblado de Icononzo, se mantuvo Aceptable, aunque descendió de 0.86 en época seca a 0.82 en época húmeda; su principal restricción fue el IDQO, mientras que el ICF fue alto y mejoró de 0.86 a 0.95, por lo que no se evidencia una señal fecal crítica en los datos reportados. Sumapaz-10, aguas abajo del casco urbano de Melgar, fue el caso más sensible entre los puntos con ARD por su clasificación Regular en época seca, asociada a sólidos suspendidos. Sumapaz-19, aguas abajo del centro poblado de Carmen de Apicalá, sobre la quebrada Inalí aguas arriba de la confluencia con la quebrada La Apicalá, permaneció Aceptable con ICA de 0.76 en ambas épocas, aunque el ICF de 0.68 sugiere una condición fecal menos favorable que en otros puntos, consistente con posibles aportes domésticos o presiones locales.

Aunque el ICF no entró en el cálculo del ICA de cinco variables, su comportamiento permite identificar alertas sanitarias. En general, varios puntos presentaron valores altos de ICF, especialmente en época húmeda, lo cual puede indicar efecto de dilución o menor señal puntual de contaminación fecal. Sin embargo, Sumapaz-12, Sumapaz-15 y Sumapaz-16 registraron ICF de 0.10 en ambas épocas, condición que revela una restricción severa por coliformes fecales aun cuando el ICA final permaneció Aceptable. Este resultado es particularmente relevante en Sumapaz-15 y Sumapaz-16 por su relación con la Empresa de Distribución de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo de Carmen de Apicalá, ya que evidencia una posible presión microbiológica que no queda reflejada en el descriptor del ICA calculado con cinco variables.

En síntesis, la calidad del agua del río Sumapaz se mantuvo mayoritariamente en condición Aceptable, pero con restricciones específicas que no deben subestimarse. El IDQO fue el parámetro limitante más recurrente en la subzona, asociado a cargas oxidables; el ISST explicó la condición Regular de Sumapaz-10 en época seca; y el ICE fue determinante en la persistente afectación de Sumapaz-18. En época húmeda se observó una mejora puntual en Sumapaz-10, pero también un deterioro en Sumapaz-21, posiblemente por acumulación y transporte de cargas hacia la desembocadura, lo que evidencia que la lluvia puede mejorar algunos tramos por dilución, pero también intensificar el arrastre de contaminantes y sedimentos hacia sectores aguas abajo.

4.1.7. ICA en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega

En la época seca, la subzona Ortega-Tetúan presentó una condición predominantemente Regular, con puntos Aceptables concentrados en Ortega-04, Ortega-05 y Ortega-06, así como en Tetúan-01 y Tetúan-07. En el río Ortega, los valores mejoran desde condiciones Regulares en Ortega-01 a Ortega-03 hacia condiciones Aceptables entre Ortega-04 y Ortega-06, aun cuando Ortega-06 corresponde a un punto con

influencia de ARD del casco urbano de Ortega. Este comportamiento sugiere una mayor capacidad de dilución o recuperación en el tramo bajo del río Ortega, con valores altos de ISST, ICE e IpH que compensan restricciones puntuales en otras variables (*Tabla 28*).

Tabla 28. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica de los ríos Ortega-Tetúan

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Época Seca										
Ortega-01	R. Ortega aguas arriba CP Mesa de Ortega	0.87	0.91	0.125	0.44	0.9	-	0.1	0.65	REGULAR
Ortega-02	E.S.P Domiciliarios de Ortega EMPORTEGA	0.7	0	0.51	0.52	1	-	0.82	0.55	REGULAR
Ortega-03	E.S.P Domiciliarios de Ortega EMPORTEGA	0.86	0	0.51	0.67	1	-	0.1	0.61	REGULAR
Ortega-04	R. Anaba CP El Vergel	0.99	0.84	0.51	0.88	0.8	-	0.7	0.8	ACEPTABLE
Ortega-05	Asociacion de Usuarios del Acueducto Regional Playaverde La Sortija	0.82	0.99	0.51	0.92	1	-	0.79	0.85	ACEPTABLE
Ortega-06	R. Ortega aguas abajo CP Ortega	0.89	0.99	0.51	0.98	0.87	-	0.83	0.85	ACEPTABLE
Tetúan-01	E.S.P. de San Antonio EMPOSANANTONIO	1	0.94	0.51	0.54	1	-	0.1	0.8	ACEPTABLE
Tetúan-02	E.S.P. de San Antonio EMPOSANANTONIO	0.77	0.8	0.51	0.37	0.81	-	0.1	0.65	REGULAR
Tetúan-03	R. Tetúan aguas arriba confluencia de la Q. San Antonio	0.98	0.71	0.51	0.07	1	-	0.82	0.65	REGULAR
Tetúan-04	Q. San Antonio aguas arriba de su confluencia al R. Tetúan	0.82	0.95	0.26	0.51	0.94	-	0.1	0.7	REGULAR
Tetúan-05	Q. Tune aguas abajo vertimientos CP Chaparral	0.62	0.59	0.51	0.11	0.92	-	0.1	0.55	REGULAR
Tetúan-06	R. Tetúan parte media	0.87	0	0.51	0.51	1	-	0.1	0.58	REGULAR
Tetúan-07	Asoc. Comun Usuarios Acueducto Rural Olaya Herrera-B/Llan	0.84	0.99	0.51	0.73	1	-	0.1	0.81	ACEPTABLE
Tetúan-08	R. Tetúan aguas abajo confluencia Q. Macule CP Olaya Herrera	0.82	0.65	0.51	0	0.95	-	0.73	0.59	REGULAR
Tetúan-09	R. Peralonso vía Ortega - San Antonio	0.6	0.91	0.125	0	1	-	0.82	0.53	REGULAR
Tetúan-10	R. Tetúan aguas arriba desembocadura	0.71	0.78	0.125	0.2	1	-	0.82	0.56	REGULAR
Época Húmeda										
Ortega-01	R. Ortega aguas arriba CP Mesa de Ortega	0.93	0.92	0.125	0.26	1	-	0.1	0.65	REGULAR
Ortega-02	E.S.P Domiciliarios de Ortega EMPORTEGA	0.72	0.42	0.51	0.48	0.6	-	0.91	0.55	REGULAR
Ortega-03	E.S.P Domiciliarios de Ortega EMPORTEGA	0.77	0.38	0.51	0.61	0.64	-	0.1	0.58	REGULAR
Ortega-04	R. Anaba CP El Vergel	0.74	0.9	0.51	0.83	0.67	-	0.87	0.73	ACEPTABLE
Ortega-05	Asociacion de Usuarios del Acueducto Regional Playaverde La Sortija	0.78	0.99	0.51	0.81	0.89	-	0.91	0.8	ACEPTABLE

Código	Descripción	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	IpH	INP	ICF	ICA	Descriptor
Ortega-06	R. Ortega aguas abajo CP Ortega	0.75	0.99	0.51	0.96	0.99	-	0.93	0.84	ACEPTABLE
Tetuán-01	E.S.P. de San Antonio EMPOSANANTONIO	0.99	0.94	0.51	0.54	1	-	0.1	0.8	ACEPTABLE
Tetuán-02	E.S.P. de San Antonio EMPOSANANTONIO	0.82	0.78	0.51	0.48	1	-	0.23	0.72	ACEPTABLE
Tetuán-03	R. Tetuán aguas arriba confluencia de la Q. San Antonio	0.98	0.71	0.51	0.07	1	-	0.82	0.65	REGULAR
Tetuán-04	Q. San Antonio aguas arriba de su confluencia al R. Tetuán	0.87	0.96	0.51	0.35	1	-	0.1	0.74	ACEPTABLE
Tetuán-05	Q. Tune aguas abajo vertimientos CP Chaparral	0.77	0.68	0.51	0.47	0.62	-	0.1	0.61	REGULAR
Tetuán-06	R. Tetuán parte media	0.93	0	0.51	0.35	0.62	-	0.1	0.48	MALO
Tetuán-07	Asoc. Comun Usuarios Acueducto Rural Olaya Herrera-B/Llan	0.9	0.99	0.51	0.65	0.42	-	0.1	0.69	REGULAR
Tetuán-08	R. Tetuán aguas abajo confluencia Q. Macule CP Olaya Herrera	0.82	0.65	0.51	0	0.95	-	0.73	0.59	REGULAR
Tetuán-09	R. Peralonso vía Ortega - San Antonio	0.77	0.95	0.51	0.66	0.93	-	0.93	0.76	ACEPTABLE
Tetuán-10	R. Tetuán aguas arriba desembocadura	0.91	0.8	0.125	0.07	0.85	-	0.92	0.55	REGULAR

En época húmeda, el río Ortega mantuvo prácticamente la misma clasificación espacial: Ortega-01, Ortega-02 y Ortega-03 continuaron en Regular, mientras Ortega-04, Ortega-05 y Ortega-06 permanecieron en Aceptable. Sin embargo, varios valores de ICA disminuyeron levemente, como Ortega-04 de 0.80 a 0.73, Ortega-05 de 0.85 a 0.80 y Ortega-06 de 0.85 a 0.84. La principal restricción en Ortega se asocia a ISST en Ortega-02 y Ortega-03, con valores muy bajos en ambas épocas, especialmente 0.00 en seca y 0.42-0.38 en húmeda, lo que puede estar relacionado con arrastre de sólidos, remoción de material de cauce, erosión de márgenes o aportes difusos durante eventos de escorrentía. En Ortega-01 también se destaca la baja respuesta de IDQO, con 0.125 en ambas épocas, indicativa de presión por materia orgánica u oxidables.

En el río Tetuán, la época seca mostró una condición más restringida que el Ortega, con predominio Regular desde Tetuán-02 hasta Tetuán-06 y entre Tetuán-08 y Tetuán-10; solo Tetuán-01 y Tetuán-07 alcanzaron condición Aceptable. Los puntos con influencia de ARD presentan señales diferenciadas: Tetuán-04, asociado a San Antonio, fue Regular con ICA 0.70; Tetuán-05, aguas abajo de vertimientos de Chaparral, registró 0.55; y Tetuán-08, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Macule en el sector de Olaya Herrera, registró 0.59. En estos casos, la mayor restricción se relaciona principalmente con ICE, que alcanzó valores muy bajos en Tetuán-05, Tetuán-08, Tetuán-09 y Tetuán-10, lo que sugiere efectos de mineralización, descargas residuales, retornos agropecuarios o concentración de sales y sólidos disueltos bajo menor caudal (*Figura 89*).

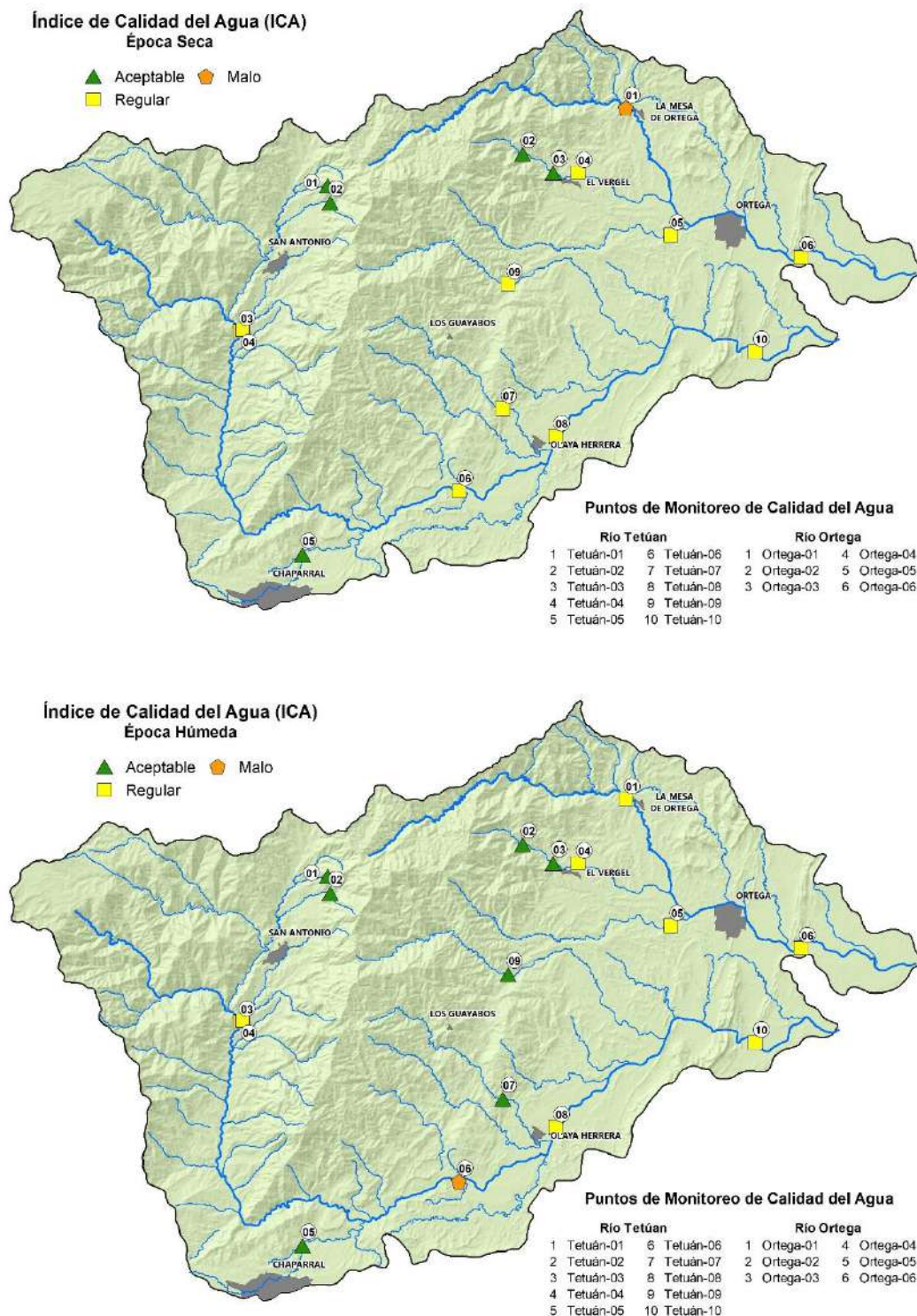


Figura 89. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en época seca y húmeda para la Subzona Hidrográfica de los ríos Ortega-Tetuán

Durante la época húmeda, el Tetuán mostró respuestas contrastantes. Algunos puntos mejoraron de Regular a Aceptable, como Tetuán-02, Tetuán-04 y Tetuán-09, posiblemente por dilución de cargas y mejor oxigenación; Tetuán-05 también aumentó de 0.55 a 0.61, aunque permaneció Regular. No obstante, Tetuán-06 se deterioró hasta condición Malo con ICA 0.48, asociado principalmente a ISST de 0.00, ICE de 0.35 e IpH de 0.62, lo que evidencia una restricción conjunta por sólidos suspendidos, conductividad y pH. Este comportamiento puede estar asociado a arrastre de sedimentos, erosión en la cuenca media, suspensión de material del lecho o aportes difusos movilizados por lluvia.

Los coliformes fecales, aunque no hicieron parte del cálculo del ICA cuando se aplicó el esquema de 5 variables, evidencian presiones sanitarias relevantes. En ambas épocas se registraron valores de ICF de 0.10 en varios puntos, entre ellos Ortega-01, Ortega-03, Tetuán-01, Tetuán-04, Tetuán-05, Tetuán-06 y Tetuán-07, lo que sugiere incidencia de contaminación fecal por aguas residuales domésticas, vertimientos rurales, ganadería o deficiencias de saneamiento. Este aspecto es especialmente sensible en puntos asociados a prestadores o usuarios de acueducto, como Ortega-05 y Tetuán-07, donde la clasificación fisicoquímica puede ser Aceptable o Regular, pero la señal microbiológica implica restricciones para usos que involucren abastecimiento o contacto primario sin tratamiento adecuado.

En conjunto, la subzona conserva una calidad entre Regular y Aceptable, con mayor estabilidad en el río Ortega y mayor variabilidad en el río Tetuán. Los parámetros de mayor restricción fueron ICE, ISST e IDQO, con participación puntual del IpH en época húmeda; estas variables reflejan presiones combinadas por sólidos, materia orgánica u oxidables, mineralización y cambios ácido-base del agua. Las condiciones húmedas no generaron una mejora generalizada: en algunos tramos favorecieron la dilución, pero en otros intensificaron el arrastre de sedimentos y contaminantes difusos, explicando el deterioro observado en sectores como Tetuán-06 y la persistencia de condiciones Regulares hacia la parte baja del Tetuán.

4.2. Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)

El IACAL corresponde a un valor numérico que clasifica la presión sobre la calidad del agua en una de cinco categorías: baja, moderada, media-alta, alta y muy alta. Esta clasificación se establece a partir de la relación entre la carga contaminante que se estima recibe anualmente una unidad hidrográfica y la oferta hídrica superficial de dicha unidad, considerando condiciones hidrológicas de año medio y año seco para una serie de tiempo determinada.

La fórmula general de cálculo del indicador es la siguiente:

$$IACAL_{jt-añomed} = \frac{\sum_{i=1}^n catiacal_{ijt-añomed}}{n}$$

Donde:

$IACAL_{jt-añomed}$, es el Índice de alteración potencial de la calidad del agua de una unidad hidrográfica j durante el período de tiempo t , evaluado para un escenario de oferta hídrica dado.

$Catiacal_{ijt-añomed}$, es la categoría de clasificación de la amenaza por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la estimación de la carga de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la unidad hidrográfica j durante el período de tiempo t dividido por la oferta hídrica propia de un escenario hidrológico dado.

n , Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

El cálculo de cada uno de los $iacal_{ijt}$ se realiza mediante la siguiente fórmula general:

$$iacal_{ijt} = \frac{C_{ijt}}{O}$$

Donde:

$iacal_{ijt}$, son las estimaciones de las cargas de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la unidad hidrográfica j durante el período de tiempo t ponderado por la oferta hídrica estimada para un escenario hidrológico dado.

C_{ijt} , es la carga de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la unidad hidrográfica j durante el período de tiempo t .

O , es la oferta hídrica estimada para un escenario hidrológico dado.

Como una forma de representar la capacidad de autodepuración del cuerpo de agua, el IACAL se estima mediante el cociente entre las cargas contaminantes anuales y la oferta hídrica total, tanto para año medio como para año seco. En la *Tabla 29* se presentan los rangos de valores del IACAL, la categoría de clasificación asignada a cada rango, la calificación del nivel de presión correspondiente y el color que la representa.

Esta información, presentada inicialmente en el Estudio Nacional del Agua (ENA) 2010, fue actualizada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en 2020, mediante la Hoja Metodológica Versión 1.1, la cual tomó como insumo el ENA 2018. Entre los principales ajustes realizados se encuentra la modificación de los valores límite que definen los rangos de clasificación. Cabe señalar que, para los percentiles de sólidos suspendidos totales (SST), los valores del rango se redondean a una (1) cifra decimal; para el fósforo, a tres (3) cifras decimales; y para las demás variables, a dos (2) cifras decimales.

Tabla 29 Rangos de los Catiacales

Categoría de presión	Descriptor de presión	Percentiles DBO	Percentiles DQO - DBO	Percentiles SST	Percentiles NT	Percentiles PT
		carga en toneladas año/ millones de metros cúbicos				
1	Baja	<0.14	<0.14	<0.4	<0.03	<0.005
2	Moderada	0.14 a 0.39	0.14 a 0.35	0.4 a 0.7	0.03 a 0.05	0.005 a 0.013
3	Media	0.40 a 1.20	0.36 a 1.16	0.8 a 1.8	0.06 a 0.13	0.014 a 0.035
4	Alta	1.21 a 4.85	1.17 a 6.77	1.9 a 7.6	0.14 a 0.55	0.036 a 0.134
5	Muy Alta	≥4.86	≥6.78	≥7.7	≥0.56	≥0.135

Fuente: ENA 2010 (IDEAM, 2010) y actualizado con Ficha Metodológica IDEAM V 1.1

De acuerdo con lo anterior, el IACAL tendrá un valor numérico asociado a una categoría de presión. Los rangos correspondientes a cada variable se presentan en la *Tabla 30*.

Tabla 30 Categorización IACAL

Rangos	Categoría de clasificación	Calificación de la presión
1.0 a 1.5	1	Baja
1.6 a 2.5	2	Moderada
2.6 a 3.5	3	Media-Alta
3.6 a 4.4	4	Alta
4.5 a 5.0	5	Muy Alta

Fuente: ENA 2010 - IDEAM

Para la estimación del IACAL en el presente estudio, se incorporaron los lineamientos definidos en el Estudio Nacional del Agua (ENA) 2010, así como sus actualizaciones de 2014 y 2018, aplicables a los sectores municipal e industrial, a las plantas de beneficio animal (PBA) y al beneficio del café. Asimismo, es importante precisar que la presión sobre los cuerpos de agua superficiales, y su relación con la calidad del agua, está asociada tanto a aportes puntuales como difusos provenientes de vertimientos.

No obstante, este estudio se centra en la determinación de cargas puntuales, debido a la dificultad actual de contar, para Colombia, con información confiable sobre aportes difusos o con factores adecuados para su estimación indirecta.

4.2.1. IACAL en la subzona hidrográfica del río Cabrera

En condición de año hidrológico seco, el escenario 1 muestra una alteración potencial predominantemente baja en la subzona hidrográfica del río Cabrera, aunque con focos críticos asociados a unidades con menor oferta hídrica o con aportes contaminantes relevantes. La UACA DRiachon-01 presenta categoría Muy Alta, lo que indica una condición de alta vulnerabilidad frente a la carga difusa por beneficio de café del municipio de Dolores, agravada por una oferta hídrica reducida. En el eje del río Cabrera y sus tributarios directos se observan categorías Bajas en QLaHonda-01, DCabrera-01, QSevilla-01, QElBorrachero-01, QElChorro-01 y QSanSiPuedes-01, mientras que QLaMontaña-01, QRodada-01, QCoroma-01, QLajas-01 y QSanPedro-01 alcanzan condición Moderada, coherente con la presencia de aportes difusos cafeteros en Dolores y Alpujarra, especialmente en microcuencas donde la capacidad de dilución durante el periodo seco es limitada.

Tabla 31. Determinación del IACAL en la Subzona Hidrográfica del río Cabrera

UACA	OHT Año Seco (Hm3/año)	IACAL Año Seco		OHT Año Medio (Hm3/año)	IACAL Año Medio	
		E1 Seco - Meta en Carga 2023	E2 Seco - Seguimiento de meta 2023		E1 Medio - Meta en Carga 2023	E2 Medio - Seguimiento de meta 2023
DRiachon-01	1.5	Muy Alta	Muy Alta	4.9	Alta	Alta
QLaHonda-01- cabrera	8.4	Baja	Baja	21.4	Baja	Baja
DCabrera-01	14.5	Baja	Baja	35.4	Baja	Baja
QLaMontaña-01	12.1	Moderada	Moderada	27.8	Moderada	Moderada
QRodada-01	7.0	Moderada	Moderada	15.2	Baja	Baja
QSevilla-01	5.1	Baja	Baja	10.3	Baja	Baja
QElBorrachero-01	6.0	Baja	Baja	12.7	Baja	Baja
QCoroma-01	8.0	Moderada	Moderada	17.1	Baja	Baja
QElChorro-01	6.7	Baja	Baja	16.1	Baja	Baja
QSanSiPuedes-01	2.7	Baja	Baja	6.7	Baja	Baja

UACA	OHT Año Seco (Hm3/año)	IACAL Año Seco		OHT Año Medio (Hm3/año)	IACAL Año Medio	
		E1 Seco - Meta en Carga 2023	E2 Seco - Seguimiento de meta 2023		E1 Medio - Meta en Carga 2023	E2 Medio - Seguimiento de meta 2023
QLajas-01	2.7	Moderada	Moderada	6.7	Baja	Baja
QSanPedro-01	22.7	Moderada	Moderada	54.8	Baja	Baja
QDoche-01	0.6	Baja	Baja	1.4	Baja	Baja
QCarpintero-01	26.8	Baja	Media Alta	61.5	Baja	Moderada
QDoche-02	42.5	Baja	Moderada	100.1	Baja	Baja
QLasPavas-01	7.4	Baja	Baja	18.8	Baja	Baja
QDoche-03	60.2	Baja	Moderada	147.7	Baja	Baja
QAlpujarrita-01	7.6	Baja	Baja	19.4	Baja	Baja
QDoche-04	69.5	Baja	Moderada	172.1	Baja	Baja
QGarrapata-01	3.1	Baja	Baja	8.6	Baja	Baja

Al contrastar el escenario 1 con el escenario 2 en año seco, la mayoría de las UACA no presentan cambios de categoría, lo que sugiere estabilidad relativa entre la meta proyectada y el seguimiento de meta 2023 en gran parte de la subzona. Sin embargo, el cambio más relevante ocurre en el sistema de la quebrada Carpintero-Doche: QCarpintero-01 pasa de Baja a Media Alta, mientras QDoche-02, QDoche-03 y QDoche-04 pasan de Baja a Moderada. Este comportamiento se asocia con los vertimientos domésticos de Alpujarra, particularmente los aportes de la PTAR Sector Guasimal Lagunas de Oxidación y del sistema del Sector Agua de Dios “Tanque Séptico”, cuya carga se propaga aguas abajo por la quebrada Doche hasta antes de su confluencia con el río Cabrera. En este sentido, el seguimiento a meta evidencia una presión mayor que la prevista en el escenario de meta, especialmente en tramos receptores de cargas domésticas acumuladas.

En condición de año hidrológico medio, el escenario 1 presenta una mejora general respecto al año seco, atribuible al incremento de la oferta hídrica y, por tanto, a una mayor capacidad de asimilación y dilución de las cargas. DRiachon-01 disminuye de Muy Alta a Alta, aunque continúa siendo el tramo de mayor alteración potencial por la combinación entre baja oferta relativa y carga difusa cafetera. QLaMontaña-01 se mantiene en categoría Moderada, lo que indica persistencia de presión por beneficio de café en esta unidad, mientras que QRodada-01, QCoroma-01, QLajas-01 y QSanPedro-01 descienden a categoría Baja frente a la condición seca. En el resto de las unidades predomina la categoría Baja, incluyendo el eje Doche en el escenario 1, lo que refleja que bajo caudales medios la subzona tiene mayor capacidad de amortiguación frente a las cargas consideradas.

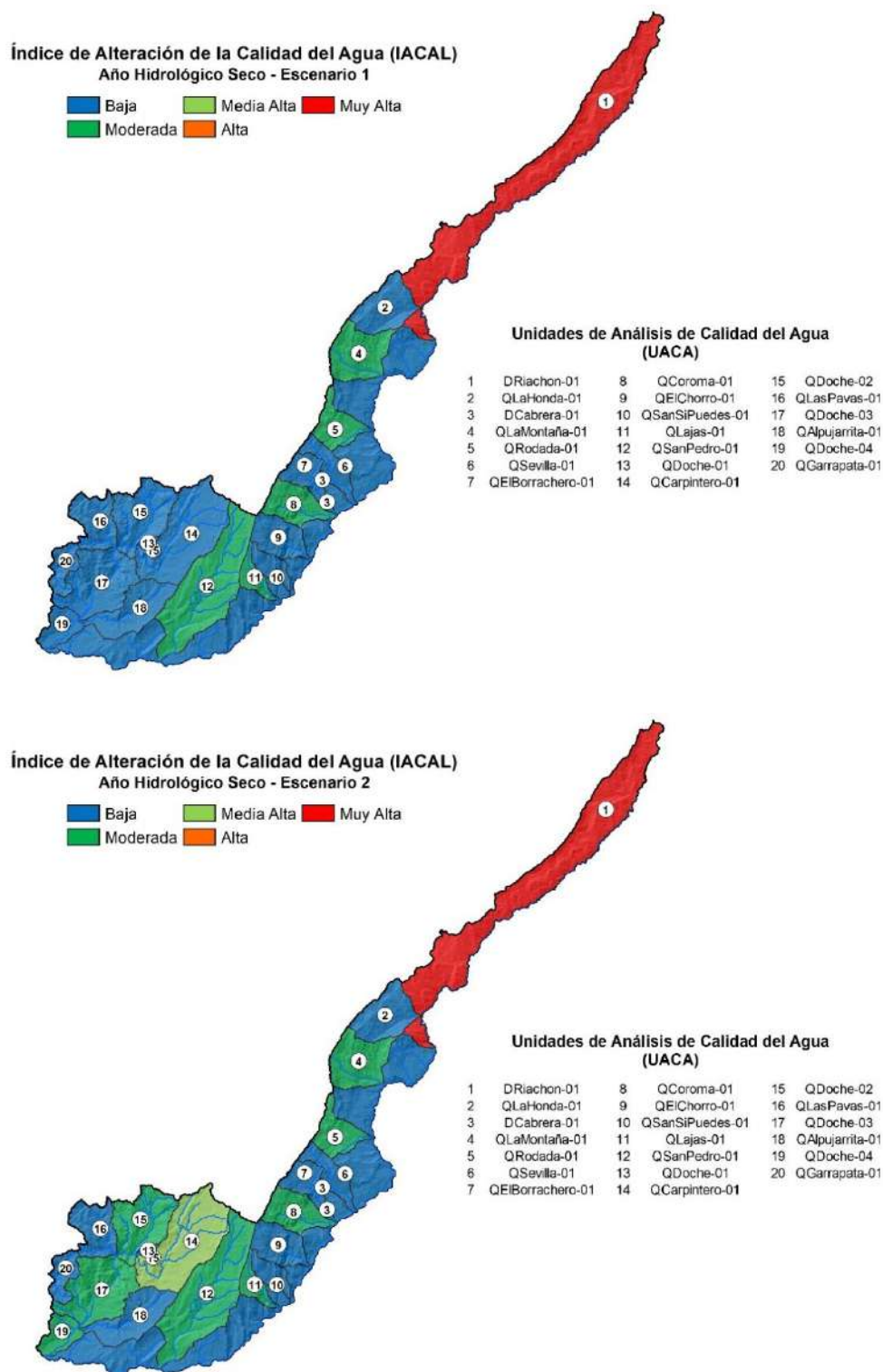


Figura 90. IACAL año seco bajo escenarios de meta (E1 Seco) y carga aportada (E2 Seco) para Subzona Hidrográfica del río Cabrera

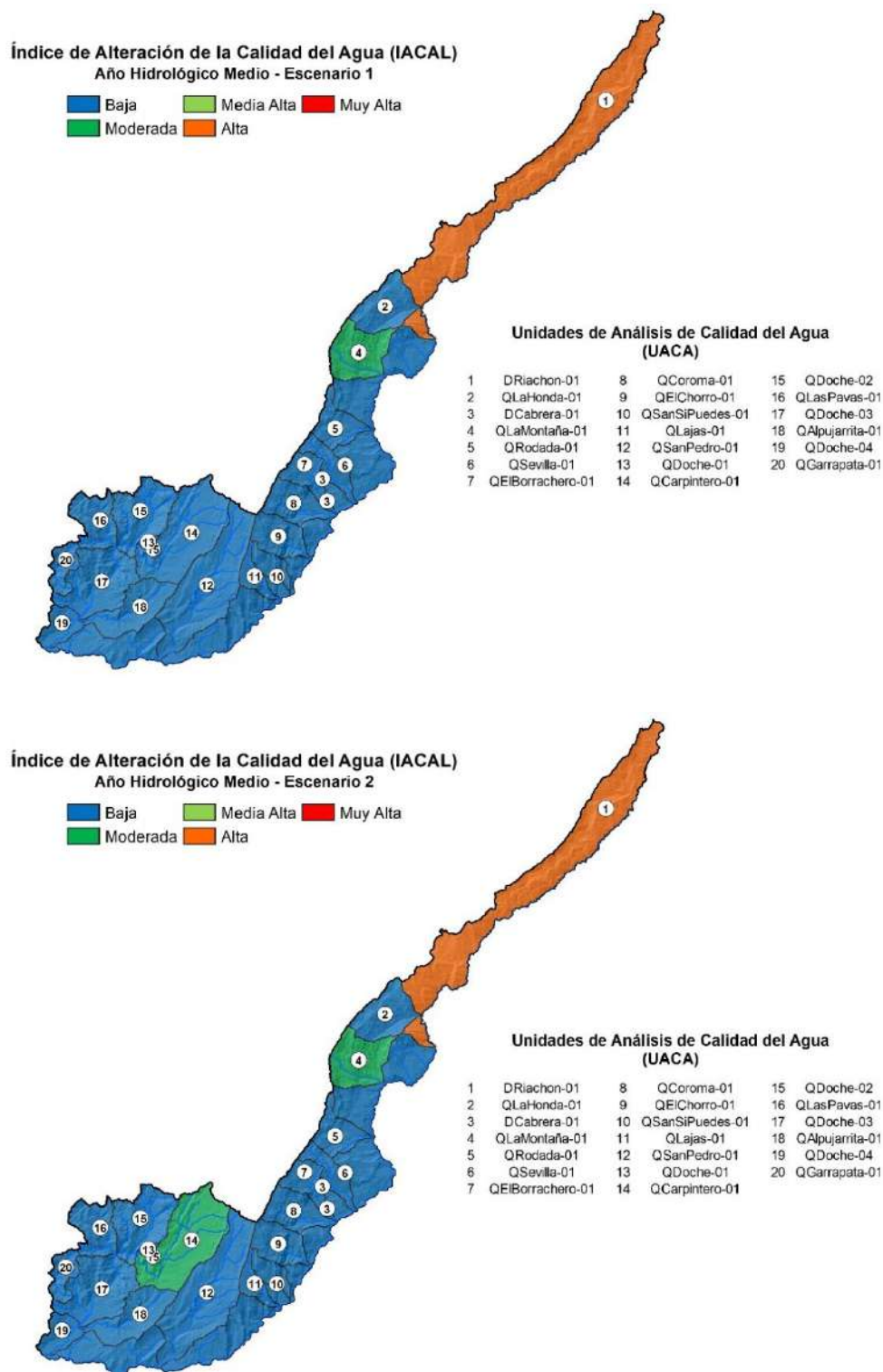


Figura 91. IACAL año medio bajo escenarios de meta (E1 Medio) y carga aportada (E2 Medio) para Subzona Hidrográfica del río Cabrera

Al comparar los escenarios 1 y 2 en año hidrológico medio, las diferencias son menores que en año seco. La única variación destacable se presenta en QCarpintero-01, que pasa de Baja a Moderada en el escenario 2, manteniendo la señal de presión asociada a los vertimientos domésticos de Alpujarra. A diferencia del año seco, esta alteración no se transmite con la misma intensidad hacia QDoche-02, QDoche-03 y QDoche-04, que permanecen en categoría Baja, lo cual evidencia el efecto regulador de una mayor oferta hídrica en la quebrada Doche. En conjunto, el escenario medio confirma que las condiciones hidrológicas son determinantes en la expresión espacial del IACAL, reduciendo la severidad de la alteración potencial salvo en unidades con cargas puntuales o difusas relevantes y menor capacidad local de dilución.

La subzona del río Cabrera presenta una condición de alteración potencial mayor durante el año seco, con puntos críticos en DRiachon-01 y en el sistema Carpintero-Doche bajo seguimiento de meta. Los aportes por beneficio de café explican las categorías Moderadas o Altas en varias microcuencas tributarias, especialmente en DRiachon-01, QLaMontaña-01, QRodada-01, QCoroma-01, QLajas-01 y QSanPedro-01; mientras que los vertimientos domésticos de Alpujarra explican el deterioro más marcado entre escenarios en QCarpintero-01 y su efecto aguas abajo sobre QDoche-02, QDoche-03 y QDoche-04 en condición seca. Por tanto, las prioridades de manejo deberían concentrarse en el control de cargas domésticas en Alpujarra y en la reducción de cargas difusas cafeteras, especialmente en las unidades con baja oferta hídrica o sensibilidad marcada durante periodos secos.

4.2.2. IACAL en la subzona hidrográfica del río Cucuana

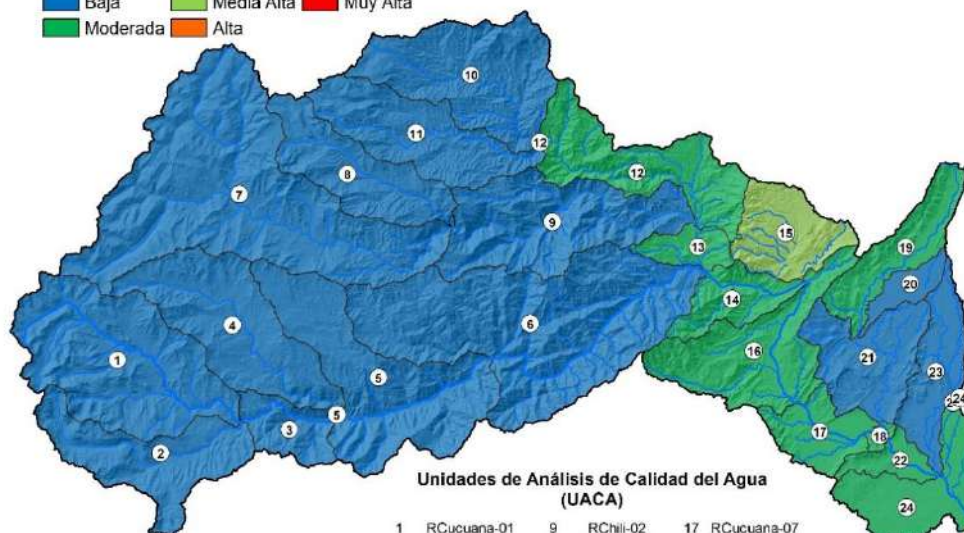
En el año hidrológico seco, el Escenario 1 muestra una alteración predominantemente baja en la parte alta y media de la subzona del río Cucuana, especialmente en RCucuana-01, RCucuanita-01, RCucuana-02, RSanMarcos-01, RCucuana-03, RCucuana-04, RChili-01, QGrande-01, RChili-02, RTuamo-01 y RManso-01. La condición cambia a partir de RTuamo-02, donde aparece una alteración moderada asociada a aportes difusos por beneficio de café, principalmente del municipio de Rovira, los cuales se acumulan hacia RChili-03 y posteriormente sobre el río Cucuana desde RCucuana-05 hasta RCucuana-10. En este escenario, el tramo más restrictivo es QMolina-01, clasificado en categoría media alta, coherente con su baja oferta hídrica en año seco y con cargas difusas cafeteras provenientes principalmente de Valle de San Juan.

Tabla 32. Determinación del IACAL en la Subzona Hidrográfica del río Cucuana

UACA	OHT Año Seco (Hm3/año)	IACAL Año Seco		OHT Año Medio (Hm3/año)	IACAL Año Medio	
		E1 Seco - Meta en Carga 2023	E2 Seco - Seguimiento de meta 2023		E1 Medio - Meta en Carga 2023	E2 Medio - Seguimiento de meta 2023
RCucuana-01	119.7	Baja	Baja	194.0	Baja	Baja
RCucuanita-01	68.8	Baja	Moderada	108.5	Baja	Moderada
RCucuana-02	215.5	Baja	Baja	346.7	Baja	Baja
RSanMarcos-01	81.1	Baja	Baja	139.0	Baja	Baja
RCucuana-03	402.9	Baja	Baja	672.9	Baja	Baja
RCucuana-04	602.8	Baja	Moderada	1028.0	Baja	Baja
RChili-01	187.2	Baja	Baja	340.4	Baja	Baja
QGrande-01	49.6	Baja	Baja	95.0	Baja	Baja
RChili-02	344.4	Baja	Baja	606.9	Baja	Baja
RTuamo-01	87.3	Baja	Baja	142.2	Baja	Baja
RManso-01	61.6	Baja	Baja	109.1	Baja	Baja
RTuamo-02	214.3	Moderada	Moderada	346.1	Moderada	Moderada
RChili-03	571.3	Moderada	Moderada	970.2	Baja	Baja
RCucuana-05	1198.9	Moderada	Moderada	2034.1	Baja	Baja
QMolina-01	51.2	Media Alta	Media Alta	60.2	Moderada	Moderada
RCucuana-06	1302.6	Moderada	Moderada	2172.9	Baja	Baja
RCucuana-07	1332.4	Moderada	Moderada	2217.5	Baja	Baja
QChipalo-01	35.6	Moderada	Moderada	45.3	Baja	Moderada
QChiguali-01	1.1	Baja	Muy Alta	1.4	Baja	Muy Alta
QChipalo-02	82.8	Baja	Moderada	110.2	Baja	Moderada
RCucuana-08	1416.7	Moderada	Moderada	2330.1	Baja	Baja
RCucuana-09	1426.5	Moderada	Moderada	2345.4	Baja	Baja
QLaPava-01	13.9	Baja	Baja	22.9	Baja	Baja
RCucuana-10	1449.2	Moderada	Moderada	2381.6	Baja	Baja

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)
Año Hidrológico Seco - Escenario 1

■ Baja ■ Media Alta ■ Muy Alta
■ Moderada ■ Alta



Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

1 RCucua-01	9 RChil-02	17 RCucua-07
2 RCucua-01	10 RTuam-01	18 RCucua-08
3 RCucua-02	11 RMans-01	19 QChipa-01
4 RSanMar-01	12 RTuam-02	20 QChipa-01
5 RCucua-03	13 RChil-03	21 QChipa-02
6 RCucua-04	14 RCucua-05	22 RCucua-09
7 RChil-01	15 QMolina-01	23 QLaPava-01
8 QGrande-01	16 RCucua-06	24 RCucua-10

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)
Año Hidrológico Seco - Escenario 2

■ Baja ■ Media Alta ■ Muy Alta
■ Moderada ■ Alta



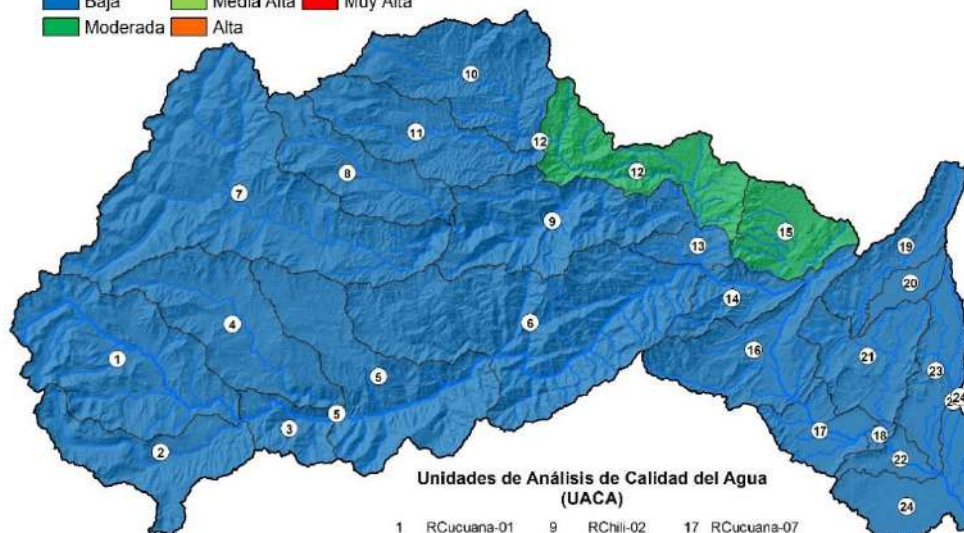
Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

1 RCucua-01	9 RChil-02	17 RCucua-07
2 RCucua-01	10 RTuam-01	18 RCucua-08
3 RCucua-02	11 RMans-01	19 QChipa-01
4 RSanMar-01	12 RTuam-02	20 QChipa-01
5 RCucua-03	13 RChil-03	21 QChipa-02
6 RCucua-04	14 RCucua-05	22 RCucua-09
7 RChil-01	15 QMolina-01	23 QLaPava-01
8 QGrande-01	16 RCucua-06	24 RCucua-10

Figura 92. IACAL año seco bajo escenarios de meta (E1 Seco) y carga aportada (E2 Seco) para Subzona Hidrográfica del río Cucuana

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)
Año Hidrológico Medio - Escenario 1

■ Baja ■ Media Alta ■ Muy Alta
■ Moderada ■ Alta

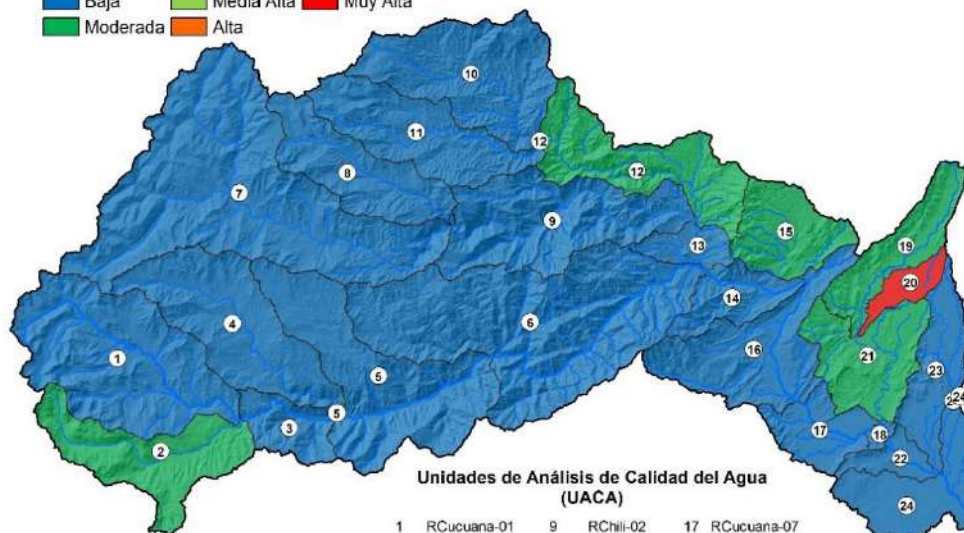


Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

1 RCucua-na-01	9 RChil-02	17 RCucua-na-07
2 RCucua-nita-01	10 RTuamo-01	18 RCucua-na-08
3 RCucua-na-02	11 RManso-01	19 QChipalo-01
4 RSanMarcos-01	12 RTuamo-02	20 QChiguali-01
5 RCucua-na-03	13 RChil-03	21 QChipalo-02
6 RCucua-na-04	14 RCucua-na-05	22 RCucua-na-09
7 RChil-01	15 QMolina-01	23 QLaPava-01
8 QGrande-01	16 RCucua-na-06	24 RCucua-na-10

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)
Año Hidrológico Medio - Escenario 2

■ Baja ■ Media Alta ■ Muy Alta
■ Moderada ■ Alta



Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

1 RCucua-na-01	9 RChil-02	17 RCucua-na-07
2 RCucua-nita-01	10 RTuamo-01	18 RCucua-na-08
3 RCucua-na-02	11 RManso-01	19 QChipalo-01
4 RSanMarcos-01	12 RTuamo-02	20 QChiguali-01
5 RCucua-na-03	13 RChil-03	21 QChipalo-02
6 RCucua-na-04	14 RCucua-na-05	22 RCucua-na-09
7 RChil-01	15 QMolina-01	23 QLaPava-01
8 QGrande-01	16 RCucua-na-06	24 RCucua-na-10

Figura 93. IACAL año medio bajo escenarios de meta (E1 Medio) y carga aportada (E2 Medio) para Subzona Hidrográfica del río Cucuana

Al contrastar el año seco con el Escenario 2, se evidencia un deterioro localizado frente a la meta proyectada. RCucuanita-01 pasa de baja a moderada, condición relacionada con los vertimientos domésticos de Roncesvalles; RCucua-04 también pasa de baja a moderada, por la combinación de cargas difusas cafeteras de Ortega, Roncesvalles, Rovira y San Antonio, junto con vertimientos domésticos de Playa Rica. El cambio más crítico se presenta en QChiguali-01, que pasa de baja a muy alta, explicado por una oferta hídrica extremadamente reducida y por los vertimientos domésticos de San Luis, situación que además repercute sobre QChipalo-02, que aumenta de baja a moderada. En consecuencia, el seguimiento a meta 2023 refleja focos de incumplimiento o presión efectiva más altos que los previstos en la meta de carga, particularmente en tributarios con baja capacidad de asimilación.

En el río Cucuana durante año seco, la alteración moderada se mantiene desde RCucua-05 hasta RCucua-10 en ambos escenarios, lo cual indica que, aunque no se observa un salto de categoría entre la meta y el seguimiento, sí existe una presión acumulativa persistente. Esta condición responde al tránsito de cargas desde los tramos Chili-Tuamo, los aportes de QMolina-01 y, aguas abajo, la incorporación de cargas procedentes de los tramos Chipalo-Chiguali. La permanencia de la categoría moderada en los tramos finales sugiere que la oferta hídrica seca no es suficiente para compensar completamente la carga orgánica, de sólidos y nutrientes acumulada en la red de drenaje.

Para el año hidrológico medio, el Escenario 1 presenta una mejora general respecto al año seco, con predominio de categoría baja en casi toda la subzona. Las categorías moderadas se restringen a RTuamo-02 y QMolina-01, tramos donde las cargas difusas asociadas al beneficio de café mantienen una señal de alteración aún bajo mayor disponibilidad hídrica. En contraste con la condición seca, RChili-03 y el río Cucuana desde RCucua-05 hasta RCucua-10 descienden a categoría baja, lo que evidencia el efecto de dilución y mayor capacidad de asimilación derivado del incremento de la oferta hídrica en año medio.

En el año medio, el Escenario 2 conserva la mejora general en el cauce principal del Cucuana, que permanece en categoría baja desde RCucua-04 hacia los tramos bajos, incluyendo RCucua-05, RCucua-06, RCucua-07, RCucua-08, RCucua-09 y RCucua-10. No obstante, persisten deterioros puntuales en tributarios como RCucuanita-01 donde se mantiene en categoría moderada por vertimientos domésticos de Roncesvalles; QChipalo-01 y QChipalo-02 alcanzan categoría moderada por aportes domésticos de San Luis; y QChiguali-01 continúa en categoría muy alta, aun con año medio, debido a que el aumento de oferta hídrica sigue siendo insuficiente frente a las cargas vertidas y a su reducida capacidad de dilución.

La comparación entre escenarios muestra que el Escenario 2 introduce mayores niveles de alteración que el Escenario 1 en tramos específicos, sobre todo en RCucuanita-01, RCucua-04, QChiguali-01 y QChipalo-02. La comparación hidrológica confirma que el año medio reduce sustancialmente la alteración en el cauce principal por mayor oferta hídrica, mientras que el año seco amplifica la presión acumulada y mantiene categorías moderadas en los tramos bajos del Cucua. Las principales fuentes de presión corresponden a vertimientos domésticos de Roncesvalles, Playa Rica y San Luis, y a cargas difusas del beneficio de café, especialmente en Rovira, San Antonio y Valle de San Juan.

4.2.3. IACAL en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

En la subzona hidrográfica Directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz predomina una condición de alteración potencial baja en la mayoría de las UACA, tanto en año hidrológico seco como medio. No obstante, el patrón espacial muestra focos de presión claramente concentrados en el sistema de la quebrada Los Ángeles, en DMagdalena-02 y, de forma secundaria, en QElRodeo-01 y QYabi-01. Esta distribución es coherente con las fuentes de aporte identificadas: cargas difusas asociadas al beneficio de café en Alpujarra, Dolores y Natagaima, vertimientos domésticos del municipio de Dolores en el eje de Los Ángeles, y vertimientos domésticos de Suárez en DMagdalena-02.

Para el año hidrológico seco, el escenario 1 presenta la condición más crítica, con categoría alta en QLosAngeles-01, QElLindero-01, QLosAngeles-02, QLosAngeles-03, QLosAngeles-04 y QLosAngeles-05. Esto evidencia una acumulación de presión a lo largo del cauce de la quebrada Los Ángeles, desde sus tramos altos hasta antes de su confluencia con el río Magdalena, reforzada por aportes difusos del beneficio de café y por vertimientos domésticos de Dolores, especialmente en QLosAngeles-02. En este mismo escenario, DMagdalena-02 alcanza categoría media alta por la influencia de vertimientos domésticos de Suárez, mientras que QElRodeo-01 y QYabi-01 se ubican en condición moderada, asociadas a aportes cafeteros y, en el caso de QYabi-01, a un vertimiento doméstico puntual.

Tabla 33. Determinación del IACAL en la Subzona Hidrográfica Directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

UACA	OHT Año Seco (Hm3/año)	IACAL Año Seco		OHT Año Medio (Hm3/año)	IACAL Año Medio	
		E1 Seco - Meta en Carga 2023	E2 Seco - Seguimiento de meta 2023		E1 Medio - Meta en Carga 2023	E2 Medio - Seguimiento de meta 2023
DMagdalena-01	11.9	Baja	Baja	24.5	Baja	Baja
QAnacarco-01	27.0	Baja	Baja	64.8	Baja	Baja
QUlarco-01	4.5	Baja	Baja	10.4	Baja	Baja
QMercadillo-01	18.5	Baja	Baja	42.2	Baja	Baja
QElCajon-01	2.9	Baja	Baja	6.4	Baja	Baja
QChaquirco-01	7.4	Baja	Baja	15.9	Baja	Baja
QLosAngeles-01	32.2	Alta	Alta	68.6	Alta	Alta
QElLindero-01	24.6	Alta	Alta	54.0	Media Alta	Media Alta
QLosAngeles-02	81.2	Alta	Alta	173.5	Alta	Media Alta
QElRodeo-01	18.3	Moderada	Moderada	39.4	Moderada	Moderada
QLosAngeles-03	107.2	Alta	Alta	230.2	Media Alta	Media Alta
QBermejo-01	24.8	Baja	Baja	51.7	Baja	Baja
QLosAngeles-04	156.0	Alta	Media Alta	334.2	Media Alta	Moderada
QBateas-01	17.0	Baja	Baja	35.7	Baja	Baja
QLosAngeles-05	178.6	Alta	Media Alta	381.7	Media Alta	Moderada
QTamirco-01	8.2	Baja	Baja	17.4	Baja	Baja
QJagual-01	8.5	Baja	Baja	18.0	Baja	Baja
QLasDamas-01	18.5	Baja	Baja	37.8	Baja	Baja
QYabi-01	48.1	Moderada	Moderada	91.8	Baja	Baja
QElBaño-01	13.9	Baja	Baja	26.0	Baja	Baja
QYabi-02	77.2	Baja	Baja	148.0	Baja	Baja
QColopo-01	8.8	Baja	Baja	17.7	Baja	Baja
QYabi-03	100.8	Baja	Baja	195.6	Baja	Baja
QElSalado-01	14.6	Baja	Baja	28.4	Baja	Baja
QTortugas-01	19.1	Baja	Baja	36.6	Baja	Baja
QAta-01	40.4	Baja	Baja	77.0	Baja	Baja
DMagdalena-02	45.7	Media Alta	Media Alta	64.4	Media Alta	Media Alta
QLaMata-01	16.4	Baja	Baja	30.0	Baja	Baja
QLaBarrialosa-01	4.1	Baja	Baja	7.6	Baja	Baja
QLaArenosa-01	9.4	Baja	Baja	15.8	Baja	Baja
QSantaLucia-01	6.2	Baja	Baja	10.1	Baja	Baja
QGuadualeja-01	9.3	Baja	Baja	13.7	Baja	Baja
QElTigre-01	21.8	Baja	Baja	28.7	Baja	Baja
QElConsuelo-01	28.4	Baja	Baja	34.3	Baja	Baja
QLaHonda-01	28.4	Baja	Baja	35.8	Baja	Baja
QAguaBlanca-01	16.1	Baja	Baja	22.4	Baja	Baja
QLaBarrialosa2-01	13.2	Baja	Baja	19.1	Baja	Baja
QBatatas-01	32.1	Baja	Baja	47.0	Baja	Baja
QDuarte-01	6.9	Baja	Baja	10.8	Baja	Baja
QElPital-01	5.6	Baja	Baja	9.2	Baja	Baja
QMonteraldo-01	3.4	Baja	Baja	5.8	Baja	Baja

UACA	OHT Año Seco (Hm3/año)	IACAL Año Seco		OHT Año Medio (Hm3/año)	IACAL Año Medio	
		E1 Seco - Meta en Carga 2023	E2 Seco - Seguimiento de meta 2023		E1 Medio - Meta en Carga 2023	E2 Medio - Seguimiento de meta 2023
QLimonal-01	4.2	Baja	Baja	7.0	Baja	Baja

Al contrastar el año seco entre escenarios, el escenario 2 conserva buena parte del patrón de alteración del escenario 1, pero muestra una reducción puntual de la presión en los tramos bajos del sistema Los Ángeles: QLosAngeles-04 y QLosAngeles-05 pasan de alta a media alta. Sin embargo, QLosAngeles-01, QElLindero-01, QLosAngeles-02 y QLosAngeles-03 permanecen en categoría alta, lo que indica que, bajo condiciones de menor oferta hídrica, el seguimiento de la meta 2023 no es suficiente para modificar sustancialmente la criticidad del eje principal afectado. DMagdalena-02 se mantiene en media alta y QElRodeo-01 y QYabi-01 continúan en moderada, por lo que la mejora del escenario 2 se concentra principalmente aguas abajo de la quebrada Los Ángeles.

En el año hidrológico medio se observa una atenuación general de la alteración potencial, explicada por la mayor oferta hídrica disponible para asimilación y dilución de cargas. En el escenario 1, QLosAngeles-01 y QLosAngeles-02 permanecen en categoría alta, mientras que QElLindero-01, QLosAngeles-03, QLosAngeles-04, QLosAngeles-05 y DMagdalena-02 se clasifican como media alta. QElRodeo-01 se mantiene en moderada y QYabi-01 desciende a baja, lo cual refleja que las cargas asociadas al sistema Yabi tienen menor capacidad de alterar la calidad potencial cuando aumenta el caudal disponible.

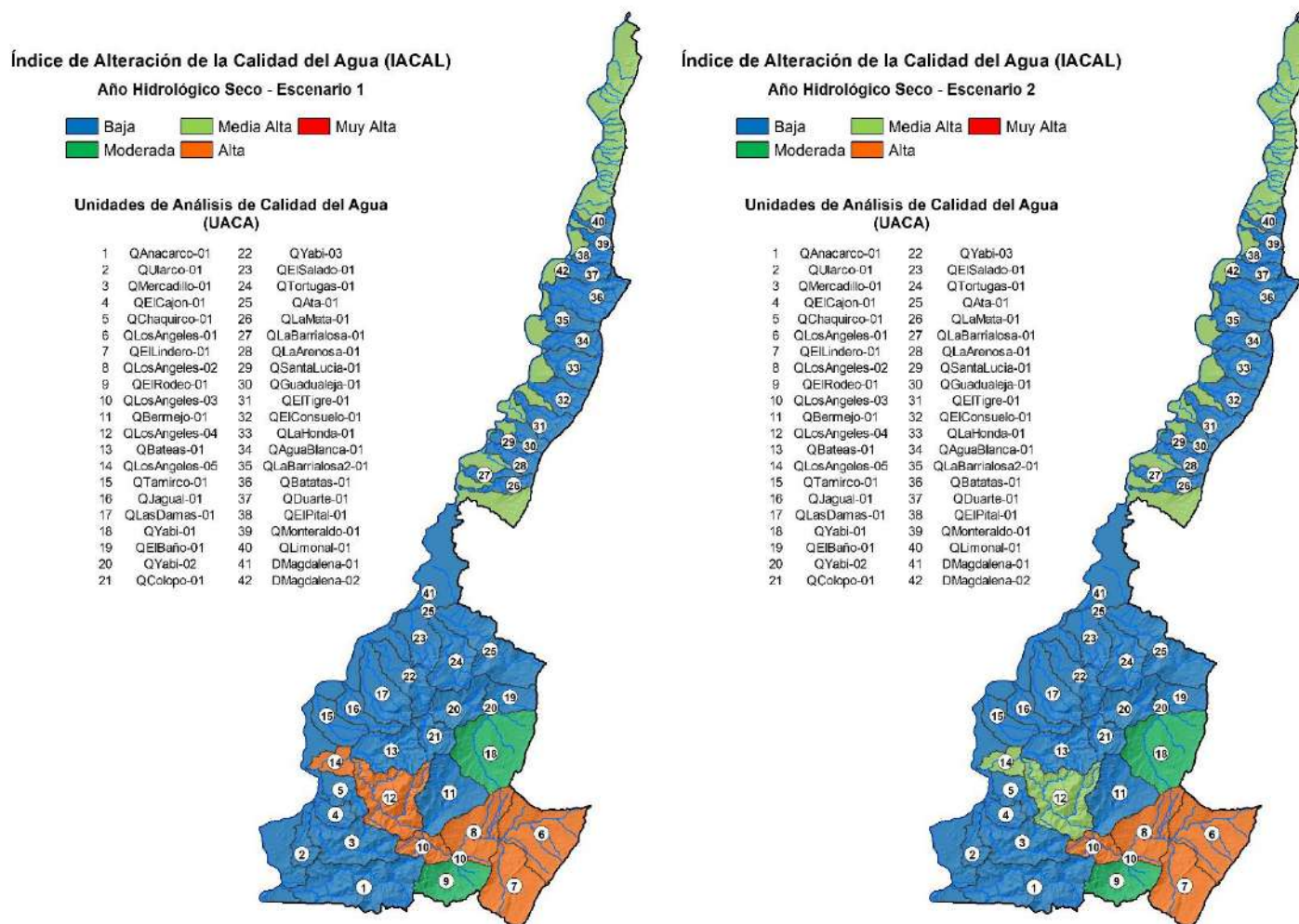


Figura 94. IACAL año seco bajo escenarios de meta (E1 Seco) y carga aportada (E2 Seco) para Subzona Hidrográfica Directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

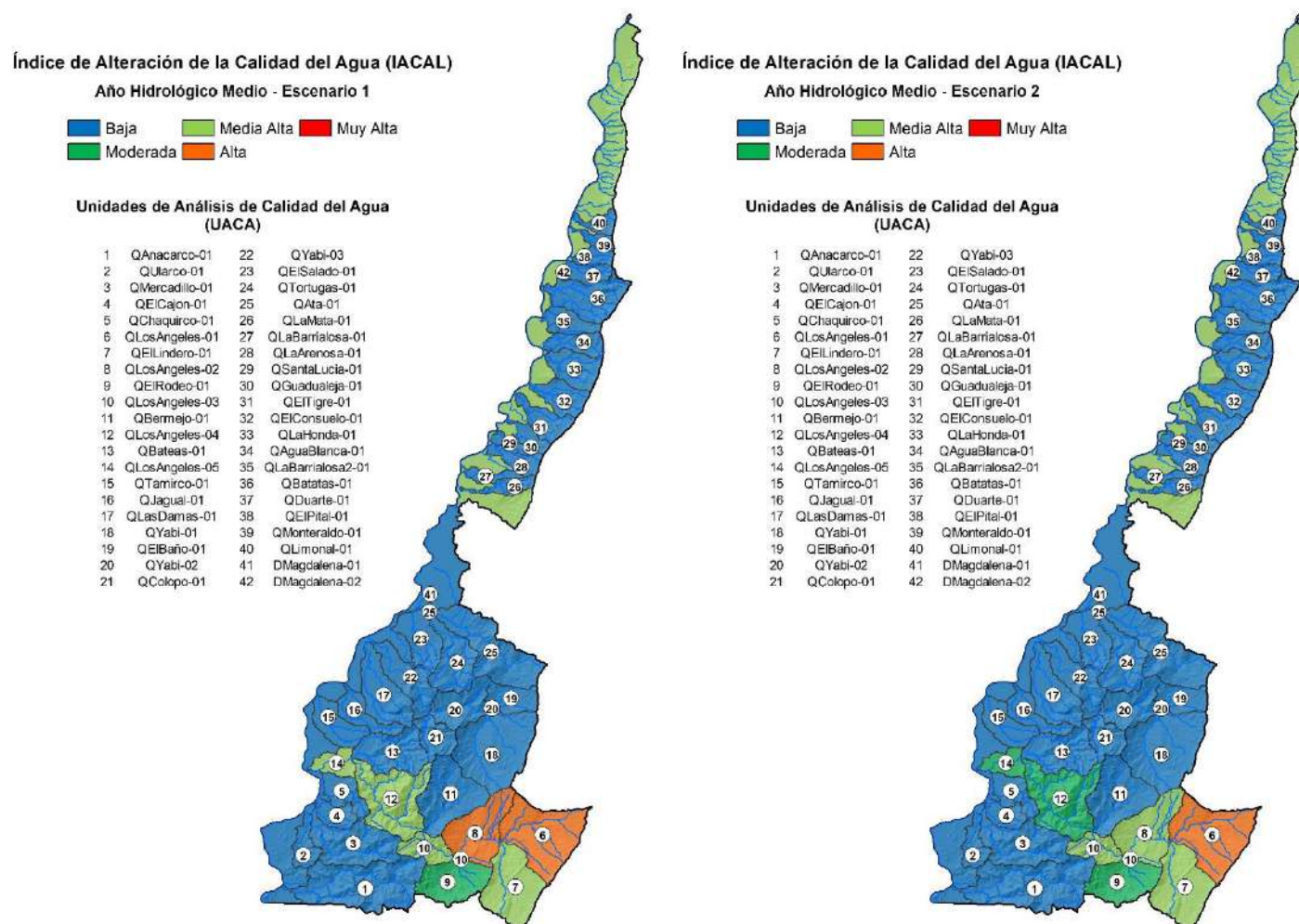


Figura 95. IACAL año medio bajo escenarios de meta (E1 Medio) y carga aportada (E2 Medio) para Subzona Hidrográfica Directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

Al comparar los escenarios en año medio, el escenario 2 muestra una mejora más evidente que en año seco. QLosAngeles-02 disminuye de alta a media alta, y QLosAngeles-04 y QLosAngeles-05 pasan de media alta a moderada. Aun así, QLosAngeles-01 permanece en categoría alta, lo que señala una presión persistente en la cabecera del sistema Los Ángeles por aportes cafeteros de Alpujarra y Dolores. QELindero-01, QLosAngeles-03 y DMagdalena-02 se mantienen en media alta, por lo que continúan siendo unidades prioritarias para control de cargas, especialmente por la combinación de beneficio de café, vertimientos domésticos y acumulación de aportes aguas abajo.

El contraste hidrológico evidencia que la condición seca amplifica la alteración potencial y restringe la capacidad de asimilación de las corrientes, manteniendo categorías altas en varios tramos del sistema Los Ángeles. En año medio, la mayor disponibilidad hídrica reduce la severidad del IACAL, especialmente bajo el escenario 2, aunque no elimina los focos críticos. Por tanto, la gestión debe priorizar el corredor QLosAngeles-01 a QLosAngeles-05, con énfasis en el control de cargas difusas del beneficio de café y el saneamiento de vertimientos domésticos de Dolores, así como DMagdalena-02 por los aportes domésticos de Suárez.

4.2.4. IACAL en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

En el año hidrológico seco, el IACAL evidencia una condición de alteración predominantemente Alta en la subzona hidrográfica del río Luisa, desde RLuisa-01 hasta RLuisa-10, con excepción de QLemayacito-01, que permanece en categoría Baja. La condición seca reduce la capacidad de dilución y hace que las cargas asociadas al beneficio de café en la parte alta, junto con los vertimientos domésticos de Rovira, Valle de San Juan y Guamo, mantengan una presión sostenida sobre el cauce principal. Entre el escenario 1 y el escenario 2 no se observan cambios en la mayor parte de las unidades, lo que indica que el seguimiento a la meta 2023 conserva, en términos generales, el mismo nivel de presión potencial sobre la calidad del agua.

Tabla 34. Determinación del IACAL en la Subzona Hidrográfica del río Luisa y Otros Directos al Magdalena

UACA	OHT Año Seco (Hm3/año)	IACAL Año Seco		OHT Año Medio (Hm3/año)	IACAL Año Medio	
		E1 Seco - Meta en Carga 2023	E2 Seco - Seguimiento de meta 2023		E1 Medio - Meta en Carga 2023	E2 Medio - Seguimiento de meta 2023
RLuisa-01	22.5	Alta	Alta	43.5	Media Alta	Media Alta
RGuadual-01	13.6	Alta	Alta	27.5	Media Alta	Media Alta
RLuisa-02	45.7	Alta	Alta	88.0	Alta	Alta
QChicoral-01	28.4	Alta	Muy Alta	51.4	Alta	Alta

UACA	OHT Año Seco (Hm3/año)	IACAL Año Seco		OHT Año Medio (Hm3/año)	IACAL Año Medio	
		E1 Seco - Meta en Carga 2023	E2 Seco - Seguimiento de meta 2023		E1 Medio - Meta en Carga 2023	E2 Medio - Seguimiento de meta 2023
RLuisa-03	93.0	Alta	Alta	168.1	Alta	Alta
QAguaClara-01	15.8	Alta	Alta	22.4	Alta	Alta
RLuisa-04	127.0	Alta	Alta	217.4	Alta	Alta
QElCobre-01	19.6	Media Alta	Media Alta	34.6	Moderada	Moderada
RLuisa-05	148.5	Alta	Alta	254.2	Alta	Alta
QDelValle-01	10.6	Media Alta	Alta	13.8	Media Alta	Alta
RLuisa-06	164.0	Alta	Alta	273.5	Alta	Alta
RLuisa-07	165.5	Alta	Alta	275.2	Alta	Alta
QLemayacito-01	0.8	Baja	Baja	1.1	Baja	Baja
RLuisa-08	167.9	Alta	Alta	277.9	Alta	Alta
QGuaduas-01	16.8	Alta	Alta	20.6	Media Alta	Media Alta
RLuisa-09	185.5	Alta	Alta	299.3	Alta	Alta
QSerrezuela-01	20.9	Baja	Baja	26.8	Baja	Baja
RLuisa-10	209.2	Alta	Alta	329.1	Alta	Alta
QTomial-01	13.9	Baja	Baja	17.3	Baja	Baja
DMagdalena-01	10.4	Baja	Baja	15.1	Baja	Baja
QEneal-01	21.2	Baja	Baja	27.9	Baja	Baja
QAguaSucia-01	7.2	Baja	Baja	9.3	Baja	Baja
DMagdalena-02	7.8	Baja	Baja	11.4	Baja	Baja
QGuayabal-01	20.9	Muy Alta	Muy Alta	26.3	Muy Alta	Muy Alta
DMagdalena-03	4.3	Baja	Baja	5.8	Baja	Baja
QSantaAna-01	25.0	Baja	Baja	31.2	Baja	Baja
DMagdalena-04	0.9	Baja	Baja	1.0	Baja	Baja

Las variaciones más relevantes en año seco se presentan en QChicoral-01 y QDelValle-01. QChicoral-01 pasa de Alta en el escenario 1 a Muy Alta en el escenario 2, comportamiento asociado a la incidencia de cargas difusas por beneficio de café y al vertimiento doméstico de Miraflores, que incrementan la presión relativa sobre esta quebrada. QDelValle-01 cambia de Media Alta a Alta, explicado por los aportes domésticos de Valle de San Juan, especialmente vertimientos como Cabuyal-Matadero y PTAR/BYPASS. En contraste, QElCobre-01 se mantiene en Media Alta y QGuaduas-01 en Alta, reflejando una alteración importante, pero sin modificación entre escenarios.

En los directos al Magdalena, el patrón del año seco es contrastante. QTomial-01, DMagdalena-01, QEneal-01, QAguaSucia-01, DMagdalena-02, DMagdalena-03, QSantaAna-01 y DMagdalena-04 permanecen en categoría Baja en ambos escenarios, coherente con la ausencia o baja magnitud de fuentes reportadas en la carga contaminante. La excepción crítica es QGuayabal-01, que se mantiene en Muy Alta tanto en el escenario 1 como en el escenario 2, debido a la concentración de vertimientos

domésticos de Espinal y aportes puntuales como PTAR Granja. Esta unidad constituye el principal foco de alteración potencial en los afluentes directos al río Magdalena.

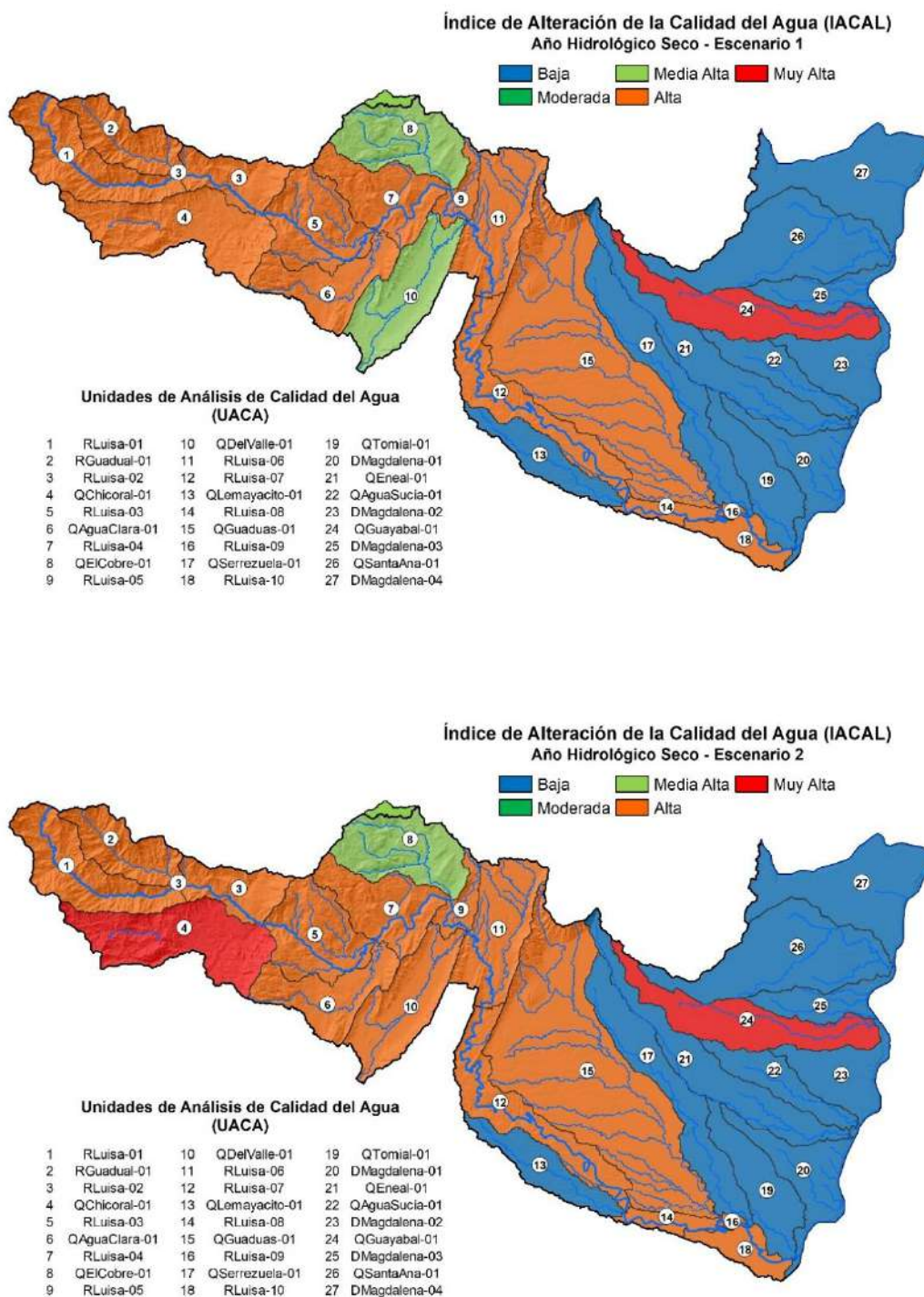


Figura 96. IACAL año seco bajo escenarios de meta (E1 Seco) y carga aportada (E2 Seco) para Subzona Hidrográfica del río Luisa y Otros Directos al Magdalena

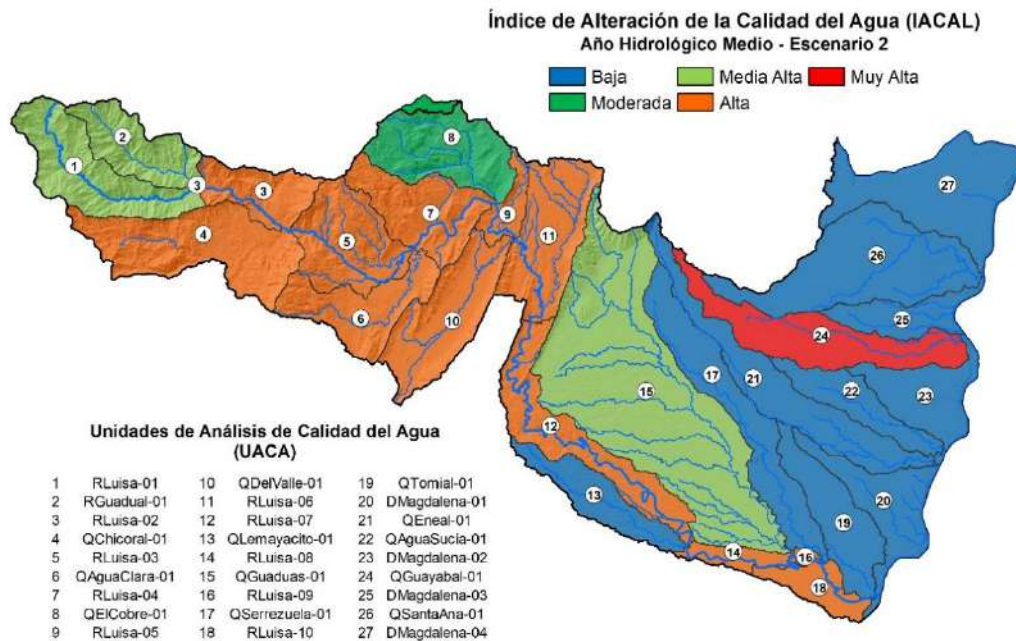
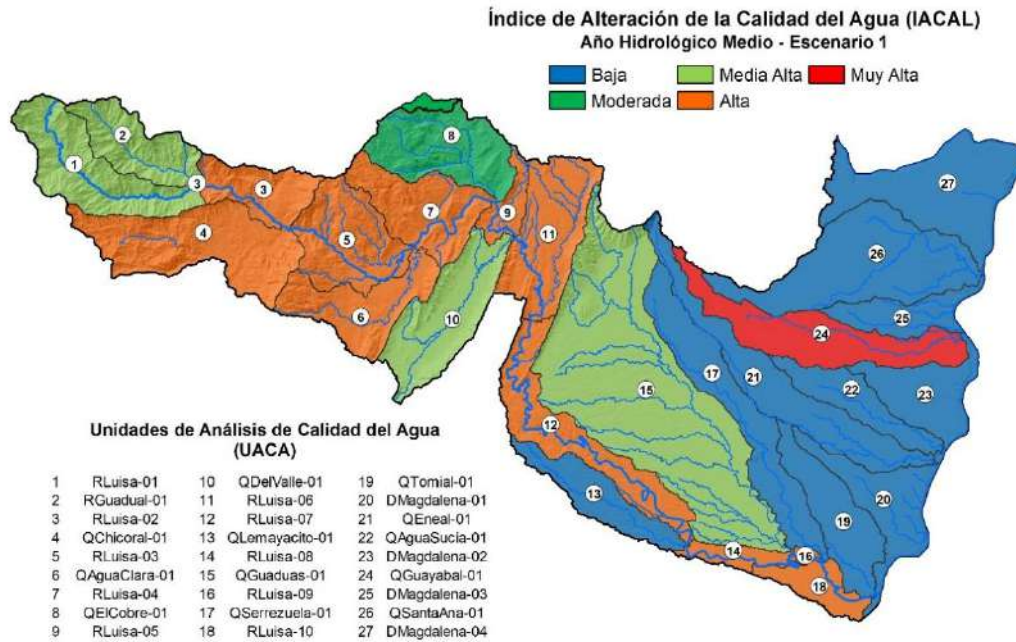


Figura 97. IACAL año medio bajo escenarios de meta (E1 Medio) y carga aportada (E2 Medio) para Subzona Hidrográfica del río Luisa y Otros Directos al Magdalena

Para el año hidrológico medio, el aumento de la oferta hídrica genera una mejora relativa en algunas unidades, principalmente en cabeceras y tributarios con menor acumulación de cargas. RLuisa-01 y RGuadual-01 pasan de Alta en seco a Media Alta en medio, mientras QElCobre-01 disminuye de Media Alta a Moderada y QGuaduas-01 de Alta a Media Alta. Sin embargo, el cauce principal del río Luisa desde RLuisa-02 hasta RLuisa-10 permanece en categoría Alta en ambos escenarios, lo que indica que el incremento de caudal no es suficiente para compensar la acumulación longitudinal de cargas provenientes del beneficio de café y de los vertimientos domésticos de Rovira, Valle de San Juan y Guamo.

Al comparar los escenarios en año medio, nuevamente predomina la estabilidad de categorías. El cambio más significativo ocurre en QDelValle-01, que pasa de Media Alta en el escenario 1 a Alta en el escenario 2, manteniendo la influencia de los vertimientos domésticos de Valle de San Juan como fuente de presión. QChicoral-01, aunque en año seco alcanza Muy Alta en el escenario 2, en año medio se mantiene en Alta en ambos escenarios, lo cual sugiere que la mayor disponibilidad hídrica amortigua parcialmente la alteración, pero no la reduce a categorías moderadas o bajas.

La subzona presenta dos comportamientos diferenciados: por un lado, el sistema del río Luisa muestra una alteración persistente Alta, especialmente en su eje principal, con sensibilidad marcada en tributarios como QChicoral-01 y QDelValle-01; por otro lado, los directos al Magdalena presentan condiciones mayoritariamente Bajas, salvo QGuayabal-01, que conserva una condición Muy Alta bajo cualquier escenario y condición hidrológica. Esto permite identificar como áreas prioritarias de gestión los tramos asociados a vertimientos domésticos de Rovira, Valle de San Juan, Guamo y Espinal, así como las zonas con cargas difusas por beneficio de café en la parte alta y media de la cuenca.

4.2.5. IACAL en la subzona hidrográfica del río Prado

En condición de año hidrológico seco, el escenario 1 evidencia una alteración potencial predominantemente alta en la red del río Cunday y sus principales tributarios, especialmente en QLaLaja-01, que alcanza categoría Muy Alta, y en RCunday-02, RCunday-03, RCunday-04, RCunday-05, RVichia-01, RCunday-06 y RCuindeBlanco-01, que se mantienen en categoría Alta. Este comportamiento se asocia, como referencia de presión, con aportes acumulados por beneficio de café en Cunday, Icononzo y Villarrica, además de vertimientos domésticos en Cunday y Villarrica. En contraste, QElReves-01 y RCuindeNegro-01 presentan categoría Baja, lo que indica menor presión relativa frente a los tramos principales del sistema Cunday-Cuinde.

Tabla 35. Determinación del IACAL en la Subzona Hidrográfica del río Prado

UACA	OHT Año Seco (Hm3/año)	IACAL Año Seco		OHT Año Medio (Hm3/año)	IACAL Año Medio	
		E1 Seco - Meta en Carga 2023	E2 Seco - Seguimiento de meta 2023		E1 Medio - Meta en Carga 2023	E2 Medio - Seguimiento de meta 2023
RCunday-01	11.2	Alta	Media Alta	21.6	Media Alta	Media Alta
QLaLaja-01	12.1	Muy Alta	Muy Alta	21.0	Alta	Alta
RCunday-02	24.6	Alta	Alta	45.1	Alta	Alta
QGrande-01	18.3	Media Alta	Media Alta	29.8	Moderada	Moderada
RCunday-03	73.1	Alta	Alta	146.3	Media Alta	Media Alta
RCunday-04	87.2	Alta	Alta	187.2	Media Alta	Media Alta
QElReves-01	34.8	Baja	Baja	61.6	Baja	Baja
RCunday-05	122.6	Alta	Alta	250.4	Media Alta	Media Alta
RVichia-01	35.2	Alta	Alta	99.2	Media Alta	Media Alta
RCunday-06	184.8	Alta	Alta	395.9	Media Alta	Media Alta
RCuindeBlanco-01	76.7	Alta	Alta	171.0	Media Alta	Media Alta
RCuindeNegro-01	76.3	Baja	Baja	133.9	Baja	Baja
RCuinde-01	199.6	Media Alta	Media Alta	396.5	Moderada	Moderada
RCunday-07	407.1	Media Alta	Media Alta	821.7	Media Alta	Moderada
QDeBajas-01	72.7	Moderada	Moderada	117.5	Moderada	Baja
QAco-01	68.8	Moderada	Moderada	124.1	Moderada	Moderada
QELimon-01	13.0	Alta	Alta	26.3	Media Alta	Media Alta
RNegro-01	164.6	Alta	Alta	355.2	Moderada	Moderada
QElPescado-01	67.0	Alta	Alta	169.3	Media Alta	Media Alta
RNegro-02	275.7	Alta	Alta	617.1	Moderada	Moderada
QMalta-01	12.6	Baja	Baja	25.8	Baja	Baja
QElSalado-01	4.0	Baja	Baja	8.5	Baja	Baja
Embalse	1028.1	Moderada	Moderada	2047.8	Moderada	Moderada
RPrado-01	1030.4	Moderada	Moderada	2053.2	Moderada	Moderada
QElHatillo-01	7.7	Media Alta	Muy Alta	17.8	Moderada	Alta
RPrado-02	1042.4	Moderada	Media Alta	2079.8	Moderada	Moderada

Al comparar el escenario seco 1 con el escenario seco 2, la mayoría de las UACA conservan su categoría, por lo que el seguimiento de meta 2023 no modifica de forma generalizada el nivel de alteración bajo caudales reducidos. No obstante, se observan cambios puntuales relevantes: RCunday-01 mejora de Alta a Media Alta, mientras que QElHatillo-01 se deteriora de Media Alta a Muy Alta y RPrado-02 pasa de Moderada a Media Alta. Este último cambio es importante porque RPrado-02 integra la carga acumulada aguas abajo del embalse y recibe aportes adicionales asociados a vertimientos domésticos de Prado y descargas puntuales de Celsia Colombia S.A. E.S.P., lo que incrementa su sensibilidad en época seca.

En el sistema del río Negro, durante año seco, RNegro-01, QElPescado-01 y RNegro-02 permanecen en categoría Alta en ambos escenarios. La presión potencial se relaciona principalmente con cargas difusas por beneficio de café en Dolores, Prado y Villarrica, que se acumulan hacia RNegro-02 antes de su llegada al embalse. En contraste, QMalta-01 y QElSalado-01 mantienen categoría Baja, coherente con la ausencia de cargas reportadas para estas unidades, mientras que el Embalse y RPrado-01 permanecen en categoría Moderada, mostrando una condición menos crítica que los tributarios de entrada, aunque aún influenciada por la carga acumulada de las cuencas aportantes.

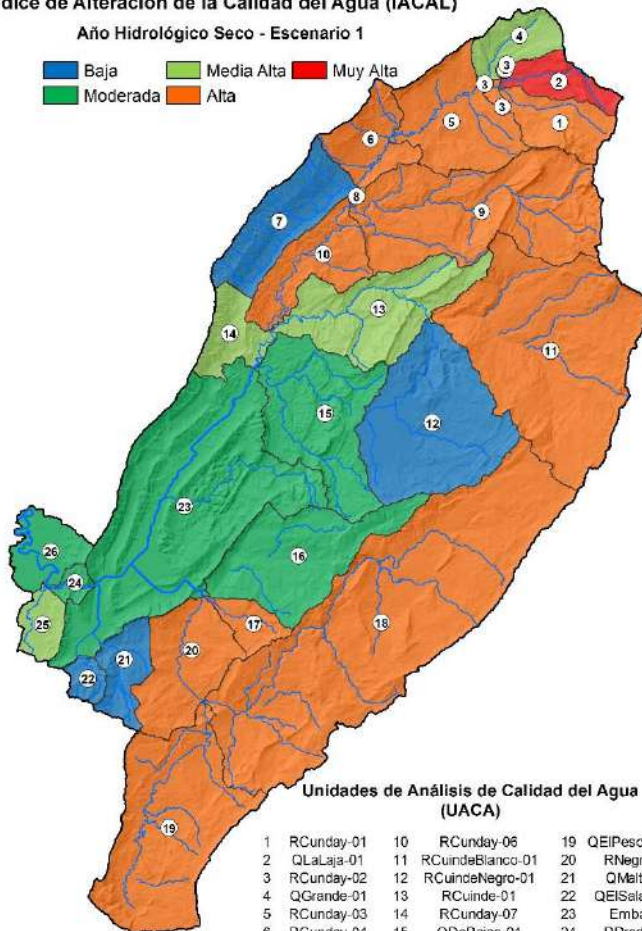
Para el año hidrológico medio, el incremento de la oferta hídrica reduce la alteración potencial en buena parte de la subzona. En el escenario 1 desaparece la categoría Muy Alta y varias unidades que en año seco estaban en Alta descienden a Media Alta o Moderada, como RCunday-03, RCunday-04, RCunday-05, RVichia-01, RCunday-06, RCuindeBlanco-01, RNegro-01 y RNegro-02. QLaLaja-01 continúa siendo el tramo más crítico del alto Cunday, aunque baja de Muy Alta en seco a Alta en año medio, lo que sugiere que la mayor disponibilidad hídrica atenúa, pero no elimina, la presión asociada al beneficio de café en Icononzo.

Al contrastar los escenarios 1 y 2 en año hidrológico medio, el patrón general es de estabilidad, con cambios localizados. RCunday-07 mejora de Media Alta a Moderada y QDeBajas-01 mejora de Moderada a Baja, lo que indica una reducción de la alteración potencial en el seguimiento de meta 2023 para estos tramos. Sin embargo, QElHatillo-01 se deteriora de Moderada a Alta, comportamiento que sobresale por tratarse de una unidad pequeña, con baja oferta hídrica relativa y aportes de vertimientos domésticos de Prado, lo cual aumenta su vulnerabilidad aun en condiciones hidrológicas medias.

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)

Año Hidrológico Seco - Escenario 1

Baja Media Alta Muy Alta
Moderada Alta



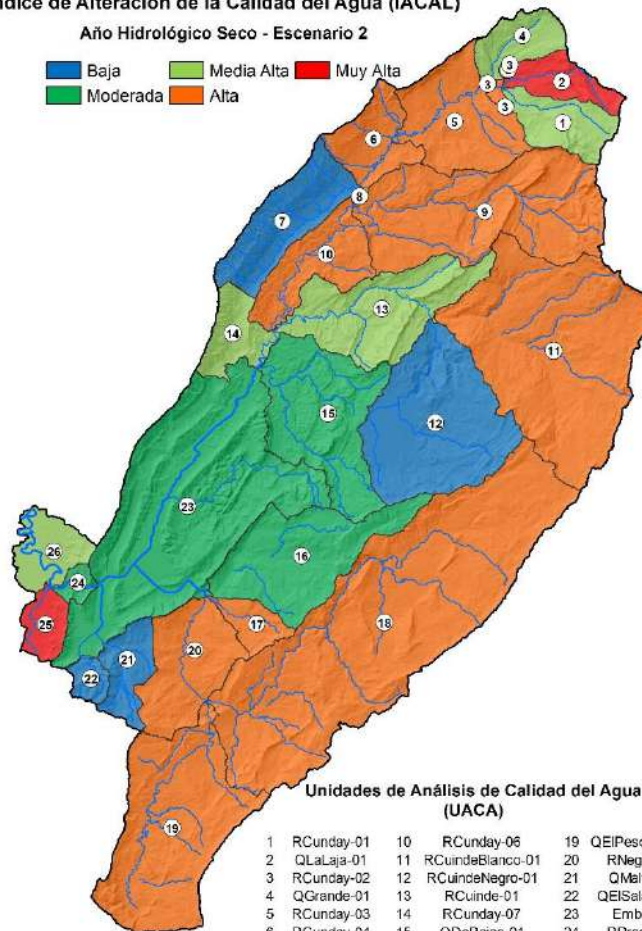
Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

1 RCunday-01	10 RCunday-06	19 QEIPescado-01
2 QLaLaja-01	11 RCundeBianco-01	20 RNegro-02
3 RCunday-02	12 RCundeNegro-01	21 QMalta-01
4 QGrande-01	13 RCunde-01	22 QEISalado-01
5 RCunday-03	14 RCunday-07	23 Embalse
6 RCunday-04	15 QDeBajas-01	24 RPrado-01
7 QEIReves-01	16 QAcco-01	25 QEIHatillo-01
8 RCunday-05	17 QEIlimon-01	26 RPrado-02
9 RVichia-01	18 RNegro-01	

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)

Año Hidrológico Seco - Escenario 2

Baja Media Alta Muy Alta
Moderada Alta



Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

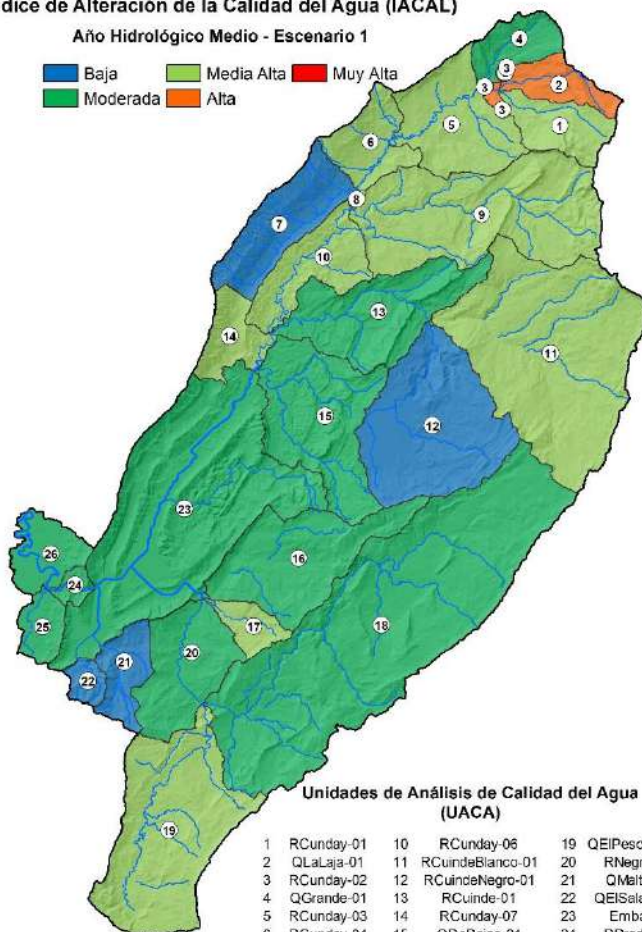
1 RCunday-01	10 RCunday-06	19 QEIPescado-01
2 QLaLaja-01	11 RCundeBianco-01	20 RNegro-02
3 RCunday-02	12 RCundeNegro-01	21 QMalta-01
4 QGrande-01	13 RCunde-01	22 QEISalado-01
5 RCunday-03	14 RCunday-07	23 Embalse
6 RCunday-04	15 QDeBajas-01	24 RPrado-01
7 QEIReves-01	16 QAcco-01	25 QEIHatillo-01
8 RCunday-05	17 QEIlimon-01	26 RPrado-02
9 RVichia-01	18 RNegro-01	

Figura 98. IACAL año seco bajo escenarios de meta (E1 Seco) y carga aportada (E2 Seco) para Subzona Hidrográfica del río Prado

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)

Año Hidrológico Medio - Escenario 1

Baja Media Alta Muy Alta
Moderada Alta



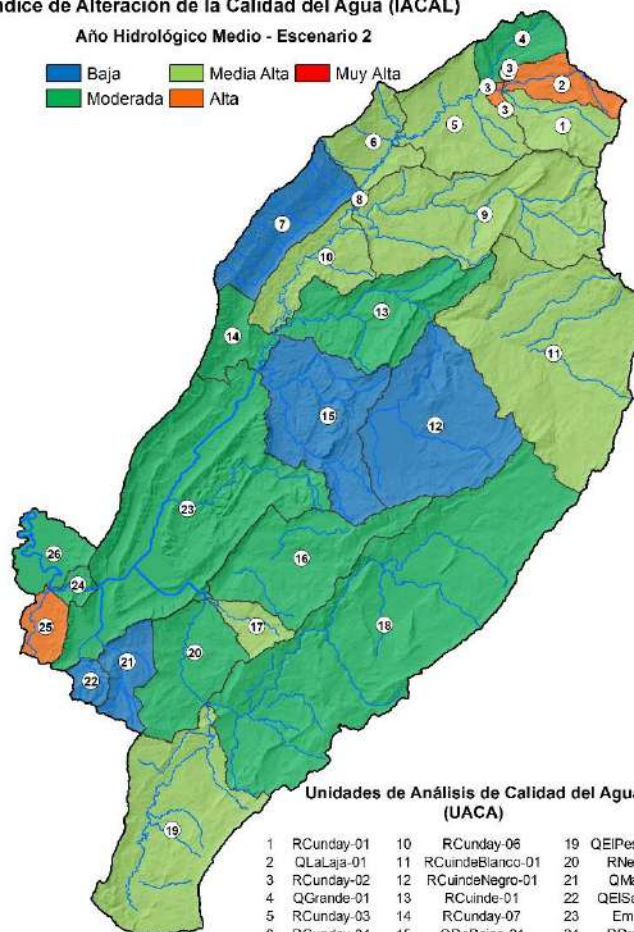
Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

1 RCunday-01	10 RCunday-06	19 QEIPescado-01
2 QLaLaja-01	11 RCundeBianco-01	20 RNegro-02
3 RCunday-02	12 RCundeNegro-01	21 QMalta-01
4 QGrande-01	13 RCunde-01	22 QEISalado-01
5 RCunday-03	14 RCunday-07	23 Embalse
6 RCunday-04	15 QDeBajas-01	24 RPrado-01
7 QEIReves-01	16 QAcco-01	25 QEIHatillo-01
8 RCunday-05	17 QEIlimon-01	26 RPrado-02
9 RVichia-01	18 RNegro-01	

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)

Año Hidrológico Medio - Escenario 2

Baja Media Alta Muy Alta
Moderada Alta



Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

1 RCunday-01	10 RCunday-06	19 QEIPescado-01
2 QLaLaja-01	11 RCundeBianco-01	20 RNegro-02
3 RCunday-02	12 RCundeNegro-01	21 QMalta-01
4 QGrande-01	13 RCunde-01	22 QEISalado-01
5 RCunday-03	14 RCunday-07	23 Embalse
6 RCunday-04	15 QDeBajas-01	24 RPrado-01
7 QEIReves-01	16 QAcco-01	25 QEIHatillo-01
8 RCunday-05	17 QEIlimon-01	26 RPrado-02
9 RVichia-01	18 RNegro-01	

Figura 99. IACAL año medio bajo escenarios de meta (E1 Medio) y carga aportada (E2 Medio) para Subzona Hidrográfica del río Prado

La subzona hidrográfica del río Prado muestra una marcada dependencia de la condición hidrológica: el año seco concentra categorías Alta y Muy Alta, especialmente en los corredores Cunday, Cuinde, Negro, Pescado y Hatillo, mientras que el año medio favorece el desplazamiento hacia categorías Moderada, Media Alta y Baja. Las fuentes de presión de referencia corresponden principalmente a cargas difusas por beneficio de café en Cunday, Icononzo, Villarrica, Dolores, Prado y Purificación, junto con vertimientos domésticos en Cunday, Villarrica, Tres Esquinas y Prado. Los tramos prioritarios para seguimiento y gestión son QLaLaja-01, RCunday-04 a RCunday-07, RCuindeBlanco-01, RNegro-01, QElPescado-01, RNegro-02, QElHatillo-01 y RPrado-02, por su persistencia en categorías elevadas o por deterioro entre escenarios.

4.2.6. IACAL en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

En año hidrológico seco, el escenario 1 evidencia una condición crítica en la parte alta y media de la subzona del río Sumapaz, con IACAL Muy Alta en DSumapaz-01, QLaLaja-01, QLaVolcana-01, DSumapaz-03, QAguaFria-01 y QMadroñala-01. Esta respuesta se asocia con una baja oferta hídrica para dilución en varios tramos y con aportes provenientes principalmente del beneficio de café en Icononzo y Melgar, vertimientos domésticos de Icononzo en QJuanLopez-01, y vertimientos domésticos de Melgar en DSumapaz-03 y QMadroñala-01. En contraste, QTinajas-01, QApicala-01, QOlache-01 y QApicala-02 presentan IACAL Baja en este escenario, lo que indica menor presión potencial bajo la meta proyectada de carga contaminante.

Tabla 36. Determinación del IACAL en la Subzona Hidrográfica del río Sumapaz

UACA	OHT Año Seco (Hm3/año)	IACAL Año Seco		OHT Año Medio (Hm3/año)	IACAL Año Medio	
		E1 Seco - Meta en Carga 2023	E2 Seco - Seguimiento de meta 2023		E1 Medio - Meta en Carga 2023	E2 Medio - Seguimiento de meta 2023
DSumapaz-01	8.0	Muy Alta	Muy Alta	17.9	Alta	Alta
QLaLaja-01	10.7	Muy Alta	Muy Alta	21.4	Alta	Alta
QJuanLopez-01	29.8	Alta	Muy Alta	48.3	Alta	Alta
QLaVolcana-01	3.3	Muy Alta	Muy Alta	5.6	Alta	Alta
DSumapaz-02	10.3	Alta	Alta	17.0	Media Alta	Media Alta
QGuatoche-01	3.1	Alta	Alta	5.0	Media Alta	Media Alta
QTinajas-01	2.8	Baja	Baja	4.0	Baja	Baja
QPalmas-01	2.9	Media Alta	Media Alta	3.7	Media Alta	Media Alta
DSumapaz-03	1.8	Muy Alta	Muy Alta	2.3	Muy Alta	Muy Alta
QLaPalmara-01	9.0	Alta	Alta	12.9	Alta	Media Alta
QAguaFria-01	25.7	Muy Alta	Moderada	35.9	Muy Alta	Moderada
QMadroñala-01	0.9	Muy Alta	Muy Alta	1.1	Muy Alta	Muy Alta
QLaGuaduala-01	6.0	Moderada	Moderada	7.4	Moderada	Moderada
QApicala-01	27.5	Baja	Baja	44.3	Baja	Baja
QOlache-01	5.1	Baja	Baja	10.5	Baja	Baja

UACA	OHT Año Seco (Hm3/año)	IACAL Año Seco		OHT Año Medio (Hm3/año)	IACAL Año Medio	
		E1 Seco - Meta en Carga 2023	E2 Seco - Seguimiento de meta 2023		E1 Medio - Meta en Carga 2023	E2 Medio - Seguimiento de meta 2023
QLaPalmar1-01	7.1	Media Alta	Muy Alta	9.0	Media Alta	Muy Alta
QOlache-02	14.3	Moderada	Muy Alta	21.5	Moderada	Muy Alta
QApicala-02	50.8	Baja	Muy Alta	75.4	Baja	Muy Alta
QInali-01	28.6	Media Alta	Media Alta	41.4	Moderada	Media Alta
QArenosa-01	5.6	Alta	Moderada	5.6	Alta	Moderada
QInali-02	41.4	Media Alta	Media Alta	54.2	Media Alta	Media Alta
QApicala-03	98.0	Moderada	Alta	135.9	Moderada	Alta

Al pasar al escenario 2 en condición seca, se observa un deterioro marcado en varios tramos: QJuanLopez-01 cambia de Alta a Muy Alta; QLaPalmar1-01 pasa de Media Alta a Muy Alta; QOlache-02 de Moderada a Muy Alta; QApicala-02 de Baja a Muy Alta; y QApicala-03 de Moderada a Alta. Este comportamiento sugiere que el seguimiento a meta 2023 refleja una mayor incidencia de las cargas efectivamente asociadas a vertimientos domésticos, especialmente los de Carmen de Apicalá sobre QLaPalmar1-01 y su propagación hacia QOlache-02, QApicala-02 y QApicala-03. También se mantiene la condición Muy Alta en DSumapaz-03 y QMadroñala-01, coherente con la presión de los vertimientos domésticos de Melgar y la baja oferta hídrica seca.

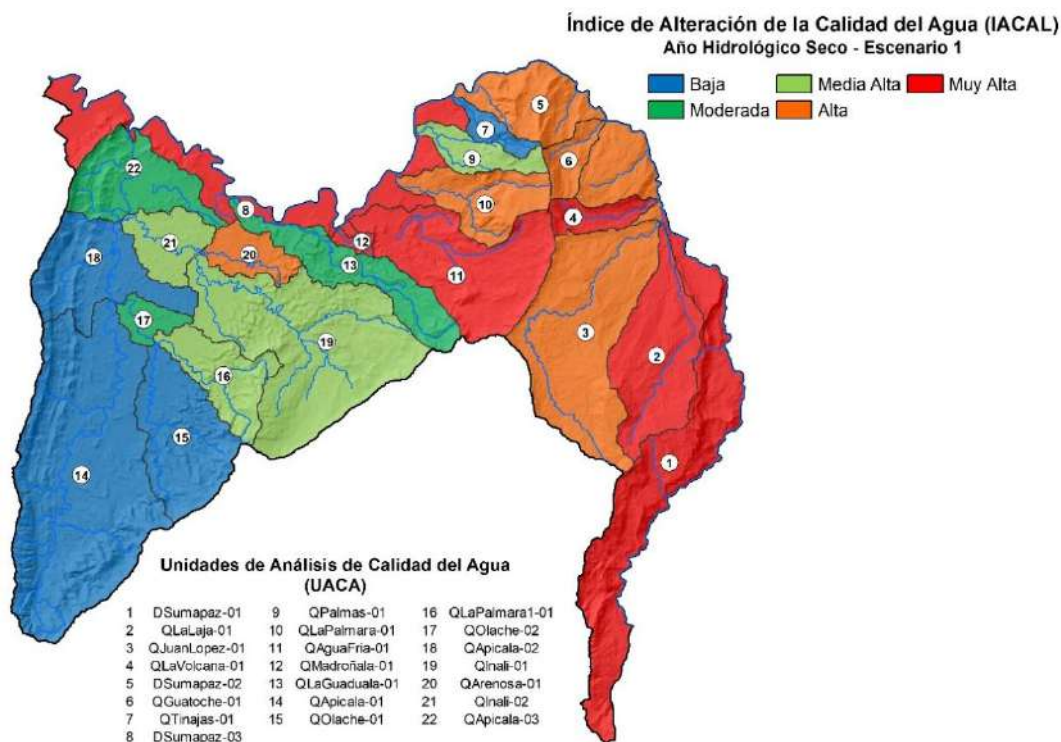


Figura 100. IACAL año seco bajo escenarios de meta (E1 Seco) y carga aportada (E2 Seco) para Subzona Hidrográfica del río Sumapaz

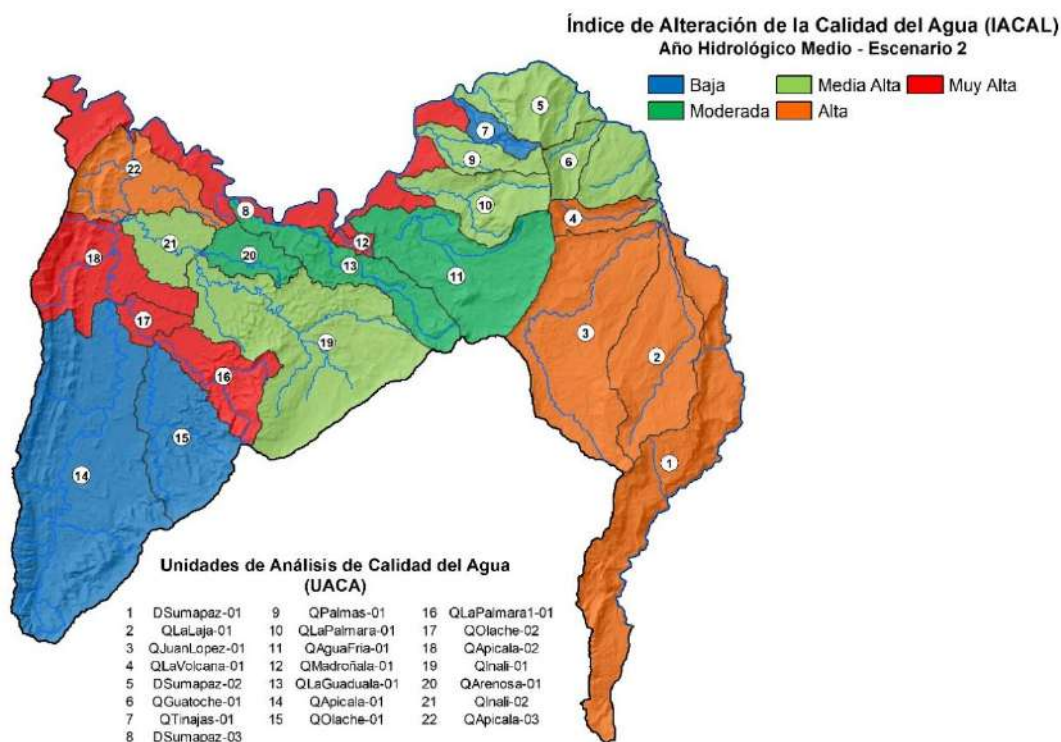
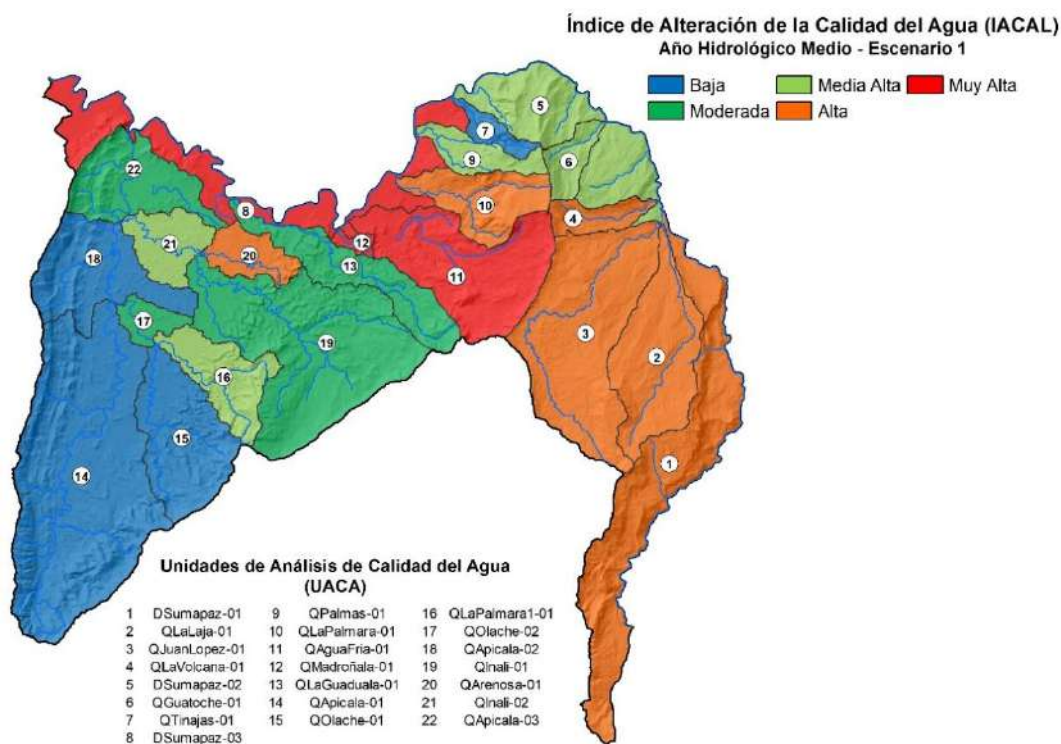


Figura 101. IACAL año medio bajo escenarios de meta (E1 Medio) y carga aportada (E2 Medio) para Subzona Hidrográfica del río Sumapaz

No obstante, en el escenario 2 seco se presentan mejoras puntuales: QAguaFria-01 desciende de Muy Alta a Moderada y QArenosa-01 de Alta a Moderada. En estos casos, el seguimiento a meta muestra una alteración potencial menor que la proyectada, posiblemente por cargas más controladas o de menor magnitud relativa frente a la oferta hídrica disponible. Aun así, el patrón general en año seco es de mayor sensibilidad del sistema, en especial en tramos con baja oferta hídrica como DSumapaz-03, QMadroñala-01 y QLaPalmaral-01, donde pequeños o medianos aportes pueden traducirse en categorías altas de alteración.

En año hidrológico medio, el escenario 1 muestra una atenuación parcial del IACAL respecto al año seco, atribuible al incremento de la oferta hídrica y, por tanto, a una mayor capacidad de dilución. Tramos que en seco estaban en Muy Alta, como DSumapaz-01, QLaLaja-01 y QLaVolcana-01, pasan a Alta; mientras DSumapaz-02 y QGuatoche-01 se ubican en Media Alta. Sin embargo, DSumapaz-03, QAguaFria-01 y QMadroñala-01 permanecen en Muy Alta, lo que indica que el aumento de caudal no es suficiente para compensar la presión de los aportes asociados principalmente a vertimientos domésticos de Melgar, junto con cargas difusas de beneficio de café y aportes puntuales menores.

En el escenario 2 para año medio, la respuesta espacial conserva un alivio hidrológico general, pero persisten o se intensifican focos críticos. QLaPalmaral-01, QOlache-02 y QApicala-02 alcanzan Muy Alta, manteniendo la señal de presión asociada a los vertimientos domésticos de Carmen de Apicalá y su efecto aguas abajo. QInali-01 aumenta de Moderada a Media Alta y QApicala-03 de Moderada a Alta, lo que evidencia acumulación de presiones hacia los tramos bajos de Apicalá-Sumapaz. En contraste, QAguaFria-01 mejora de Muy Alta a Moderada, QArenosa-01 de Alta a Moderada y QLaPalmaral-01 de Alta a Media Alta, reflejando una condición menos severa bajo el seguimiento a meta.

El contraste entre escenarios indica que el año seco representa la condición más restrictiva para la calidad potencial del agua, por la menor oferta hídrica y la mayor sensibilidad frente a cargas domésticas, agroindustriales difusas y vertimientos puntuales. El escenario 2 no implica una mejora homogénea frente al escenario 1; por el contrario, revela incrementos importantes de alteración en los tramos QLaPalmaral-01, QOlache-02, QApicala-02, QApicala-03 y en QJuanLopez-01 durante año seco. Las mayores prioridades de gestión se concentran en los vertimientos domésticos de Melgar, Icononzo y Carmen de Apicalá, así como en el control de cargas difusas por beneficio de café, dado que estas fuentes explican buena parte de los tramos con IACAL Alta y Muy Alta en ambas condiciones hidrológicas.

4.2.7. IACAL en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega

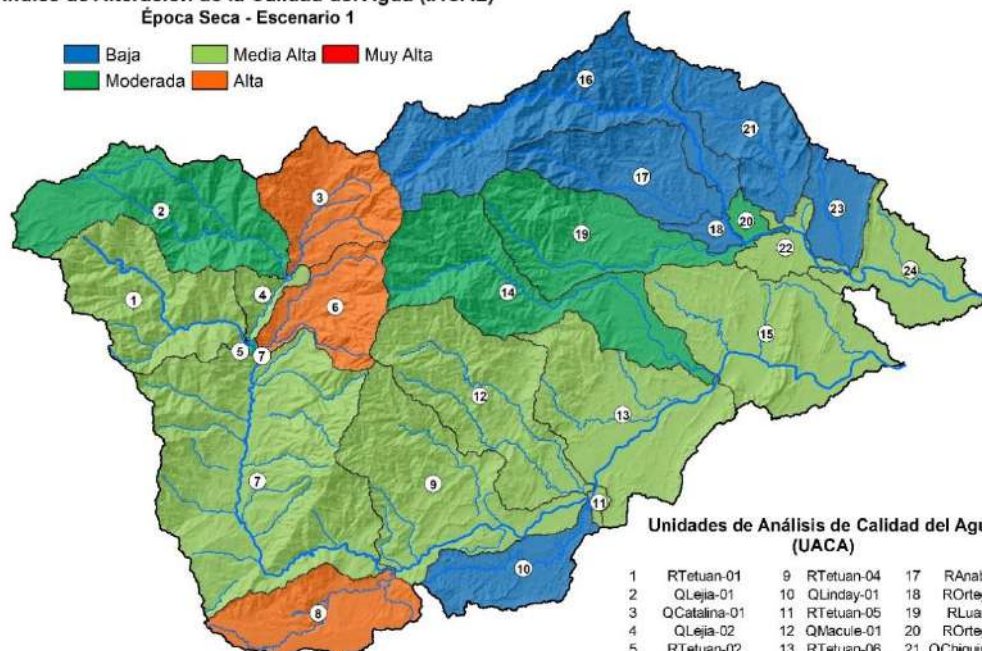
En año hidrológico seco, el Escenario 1 muestra una condición de mayor presión potencial sobre la calidad del agua en la cuenca del río Tetúan, con categorías Alta en QCatalina-01, QSanAntonio-01 y QTune-01, y predominio de Media Alta en varios tramos del cauce principal del río Tetúan, especialmente entre RTetuan-03 y RTetuan-07. Esta distribución indica que, bajo menor oferta hídrica, la capacidad de dilución y asimilación se reduce, por lo que los aportes acumulados en carga orgánica, sólidos y nutrientes generan una mayor alteración potencial. En contraste, la cuenca del río Ortega presenta una condición relativamente menos crítica en su parte alta y media, con categorías Baja en ROrtega-01, RAnaba-01 y ROrtega-02, aunque ROrtega-04 y ROrtega-05 alcanzan Media Alta, asociadas a los aportes domésticos del municipio de Ortega.

Tabla 37. Determinación del IACAL en la Subzona Hidrográfica de los ríos Ortega-Tetúan

UACA	OHT Año Seco (Hm3/año)	IACAL Año Seco		OHT Año Medio (Hm3/año)	IACAL Año Medio	
		E1 Seco - Meta en Carga 2023	E2 Seco - Seguimiento de meta 2023		E1 Medio - Meta en Carga 2023	E2 Medio - Seguimiento de meta 2023
RTetuan-01	48.4	Media Alta	Media Alta	83.0	Moderada	Moderada
QLejia-01	47.0	Moderada	Moderada	88.7	Moderada	Moderada
QCatalina-01	22.8	Alta	Alta	46.2	Media Alta	Media Alta
QLejia-02	77.2	Media Alta	Media Alta	146.7	Moderada	Moderada
RTetuan-02	126.4	Moderada	Media Alta	231.0	Moderada	Moderada
QSanAntonio-01	24.1	Alta	Moderada	43.2	Media Alta	Moderada
RTetuan-03	291.4	Media Alta	Moderada	499.7	Moderada	Moderada
QTune-01	48.9	Alta	Alta	73.4	Alta	Alta
RTetuan-04	395.8	Media Alta	Media Alta	679.4	Moderada	Media Alta
QLinday-01	31.1	Baja	Baja	51.9	Baja	Baja
RTetuan-05	428.3	Media Alta	Media Alta	734.0	Moderada	Media Alta
QMacule-01	48.2	Media Alta	Media Alta	106.5	Moderada	Moderada
RTetuan-06	521.8	Media Alta	Media Alta	932.8	Moderada	Moderada
QPeralonso-01	52.7	Moderada	Moderada	110.9	Moderada	Moderada
RTetuan-07	618.2	Media Alta	Media Alta	1130.2	Moderada	Moderada
ROrtega-01	51.7	Baja	Baja	116.8	Baja	Baja
RAnaba-01	29.1	Baja	Baja	52.2	Baja	Baja
ROrtega-02	85.1	Baja	Baja	176.7	Baja	Baja
RLuani-01	37.1	Moderada	Moderada	76.7	Moderada	Moderada
ROrtega-03	127.2	Moderada	Moderada	263.1	Baja	Baja
QChiquinima-01	28.5	Baja	Baja	46.7	Baja	Baja
ROrtega-04	163.1	Media Alta	Media Alta	325.3	Moderada	Media Alta
QPalmarosa-01	10.0	Baja	Baja	22.2	Baja	Baja
ROrtega-05	182.9	Media Alta	Media Alta	368.8	Moderada	Media Alta

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)
Época Seca - Escenario 1

Baja Media Alta Muy Alta
Moderada Alta

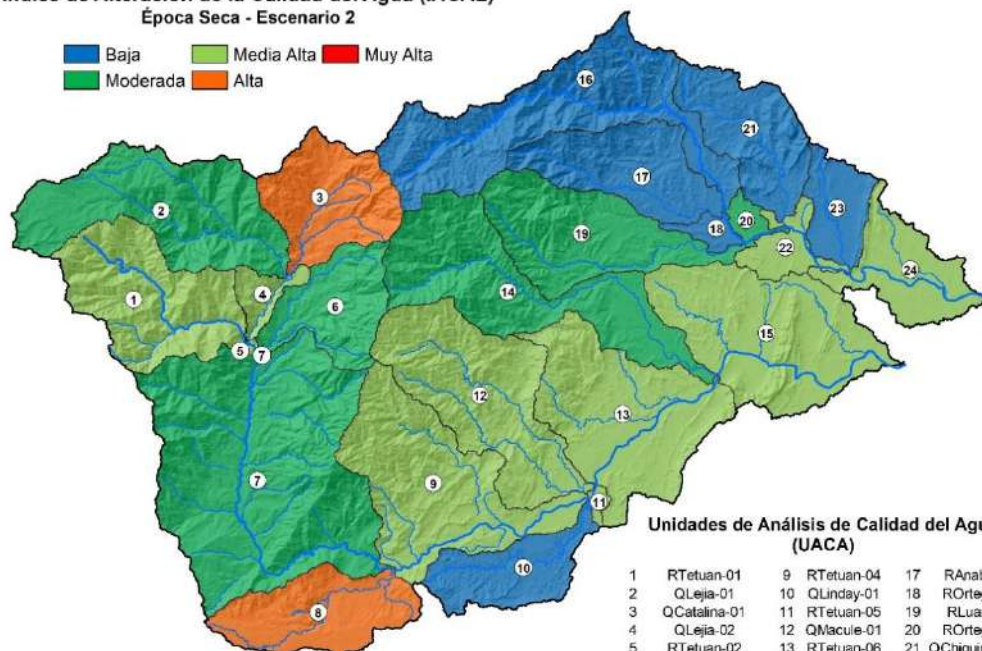


Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

1 RTetuan-01	9 RTetuan-04	17 RAnaba-01
2 QLejia-01	10 QLinday-01	18 ROrtega-02
3 QCatalina-01	11 RTetuan-05	19 RLuan-01
4 QLejia-02	12 QMacule-01	20 ROrtega-03
5 RTetuan-02	13 RTetuan-06	21 QChiquinima-01
6 QSanAntonio-01	14 Peralonso-01	22 ROrtega-04
7 RTetuan-03	15 RTetuan-07	23 QPalmarosa-01
8 QTune-01	16 ROrtega-01	24 ROrtega-05

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)
Época Seca - Escenario 2

Baja Media Alta Muy Alta
Moderada Alta



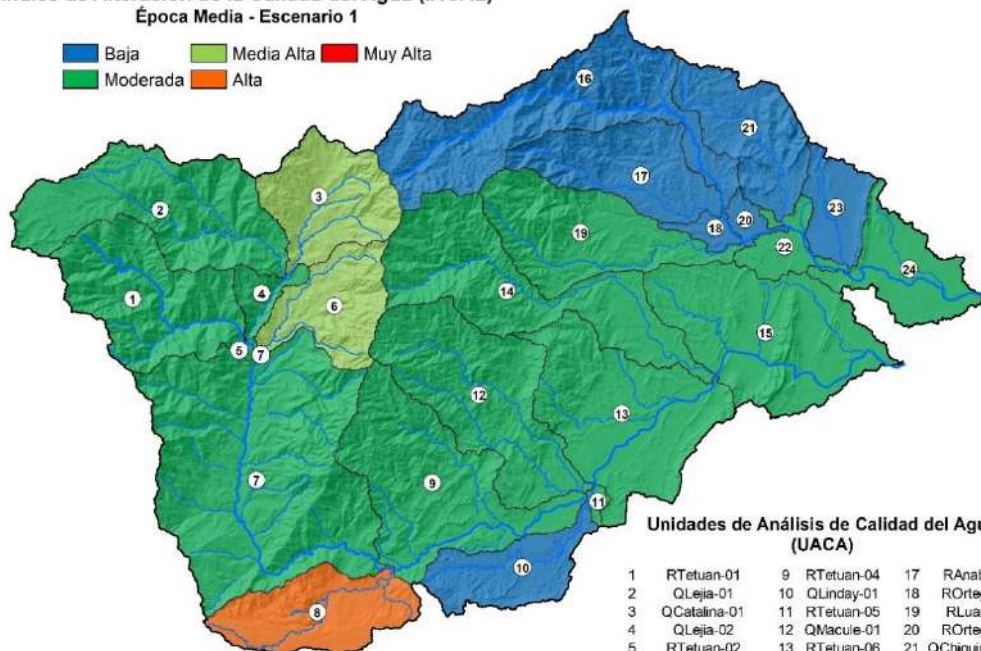
Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

1 RTetuan-01	9 RTetuan-04	17 RAnaba-01
2 QLejia-01	10 QLinday-01	18 ROrtega-02
3 QCatalina-01	11 RTetuan-05	19 RLuan-01
4 QLejia-02	12 QMacule-01	20 ROrtega-03
5 RTetuan-02	13 RTetuan-06	21 QChiquinima-01
6 QSanAntonio-01	14 Peralonso-01	22 ROrtega-04
7 RTetuan-03	15 RTetuan-07	23 QPalmarosa-01
8 QTune-01	16 ROrtega-01	24 ROrtega-05

Figura 102. IACAL año seco bajo escenarios de meta (E1 Seco) y carga aportada (E2 Seco) para Subzona Hidrográfica de los ríos Ortega- Tetúan

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)
Época Media - Escenario 1

Baja Media Alta Muy Alta
Moderada Alta

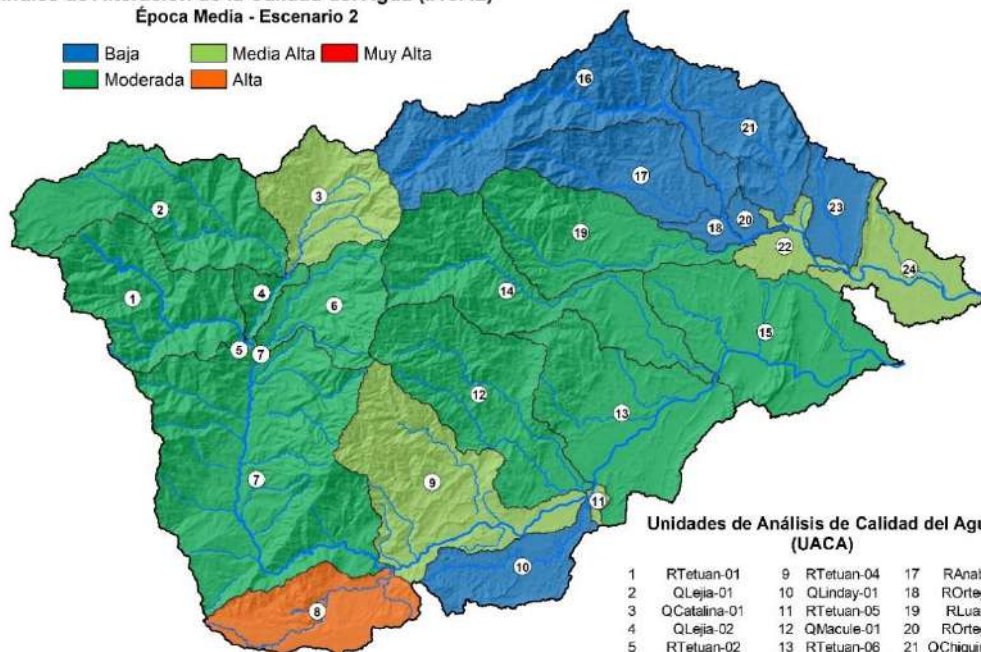


Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

1 RTetuan-01	9 RTetuan-04	17 RAnaba-01
2 QLejia-01	10 QLinday-01	18 ROrtega-02
3 QCatalina-01	11 RTetuan-05	19 RLuan-01
4 QLejia-02	12 QMacule-01	20 ROrtega-03
5 RTetuan-02	13 RTetuan-06	21 QChiquinima-01
6 QSanAntonio-01	14 Peralonso-01	22 ROrtega-04
7 RTetuan-03	15 RTetuan-07	23 QPalmarosa-01
8 QTune-01	16 ROrtega-01	24 ROrtega-05

Índice de Alteración de la Calidad del Agua (IACAL)
Época Media - Escenario 2

Baja Media Alta Muy Alta
Moderada Alta



Unidades de Análisis de Calidad del Agua (UACA)

1 RTetuan-01	9 RTetuan-04	17 RAnaba-01
2 QLejia-01	10 QLinday-01	18 ROrtega-02
3 QCatalina-01	11 RTetuan-05	19 RLuan-01
4 QLejia-02	12 QMacule-01	20 ROrtega-03
5 RTetuan-02	13 RTetuan-06	21 QChiquinima-01
6 QSanAntonio-01	14 Peralonso-01	22 ROrtega-04
7 RTetuan-03	15 RTetuan-07	23 QPalmarosa-01
8 QTune-01	16 ROrtega-01	24 ROrtega-05

Figura 103. IACAL año medio bajo escenarios de meta (E1 Medio) y carga aportada (E2 Medio) para Subzona Hidrográfica de los ríos Ortega- Tetúan

Para el mismo año seco, el Escenario 2 conserva en términos generales el patrón espacial del Escenario 1, pero introduce cambios puntuales relevantes. QSanAntonio-01 mejora de Alta a Moderada, y RTetuan-03 pasa de Media Alta a Moderada, lo que sugiere una reducción efectiva de la presión en la quebrada San Antonio y en el tramo inmediatamente influenciado aguas abajo. Sin embargo, RTetuan-02 cambia de Moderada a Media Alta, por lo que el seguimiento a meta 2023 no implica una mejora homogénea en toda la red. Permanecen como sectores críticos QCatalina-01 y QTune-01, ambos en Alta, este último asociado principalmente a los vertimientos domésticos de Chaparral, la Planta de Beneficio Animal y descargas como San Juan Bautista, Divino Niño y Penitenciaría, que concentran aportes significativos antes de su confluencia con el río Tetúan.

En año hidrológico medio, el aumento de la oferta hídrica se refleja en una reducción general del nivel de alteración frente al año seco. En el Escenario 1, varios tramos del río Tetúan que en seco estaban en Media Alta pasan a Moderada, como RTetuan-01, QLejia-02, RTetuan-04, RTetuan-05, RTetuan-06 y RTetuan-07. No obstante, QTune-01 se mantiene en Alta, lo que evidencia que la presión de carga en esta unidad supera el efecto atenuante de la mayor disponibilidad hídrica. QCatalina-01 y QSanAntonio-01 bajan a Media Alta, pero continúan siendo unidades sensibles por la combinación de beneficio de café y vertimientos domésticos del municipio de San Antonio.

En el año medio, el Escenario 2 muestra un comportamiento mixto respecto al Escenario 1. QSanAntonio-01 mejora de Media Alta a Moderada, manteniendo la tendencia positiva observada también en año seco. Sin embargo, RTetuan-04 y RTetuan-05 empeoran de Moderada a Media Alta, lo que indica que los efectos acumulativos aguas abajo del sistema Tetúan siguen siendo relevantes aun con mayor oferta hídrica. En el sistema Ortega ocurre algo similar: ROrtega-04 y ROrtega-05 pasan de Moderada a Media Alta, coherente con la influencia de vertimientos domésticos de Ortega.

Los resultados muestran que el IACAL está controlado por una combinación de baja oferta hídrica en época seca, acumulación longitudinal de cargas en los cauces principales y focos localizados de presión por vertimientos domésticos y actividades productivas, especialmente beneficio de café. Las unidades con condición Baja, como QLinday-01, ROrtega-01, RAnaba-01, ROrtega-02, QChiquinima-01 y QPalmarosa-01, corresponden a sectores con menores aportes registrados o mejor relación entre carga y oferta hídrica. Las áreas prioritarias para gestión deberían concentrarse en QTune-01, QCatalina-01, QSanAntonio-01, ROrtega-04 y los tramos acumulativos RTetuan-04 a RTetuan-07, donde el seguimiento a metas no siempre se traduce en reducción de categoría y donde la presión por vertimientos domésticos y cargas difusas cafeteras mantiene una alteración potencial significativa.

4.3. Índice de macroinvertebrados acuáticos (IMA-BMWP-Col)

Con el fin de determinar la calidad del agua de los ecosistemas evaluados se aplicó el índice de bioindicación BMWP/Col (Roldan & Ramírez, 2008), cuyas categorías de clasificación se presentan en la Tabla 38.

Tabla 38. Interpretación del BMWP/Col. (Fuente: IDEAM, 2013)

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>100	Aguas muy limpias	Blue
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Green
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Yellow
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Orange
V	Muy Critica	<16	Aguas fuertemente contaminadas	Red

Según IDEAM (2013), El cálculo del BMWP-Col solo requiere la identificación taxonómica de los organismos hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia/ausencia). El puntaje oscila entre 1 y 10, de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación, donde 10 representa familias sensibles que no toleran la contaminación, y 1 representa familias que viven en aguas muy contaminadas. La suma de los puntajes de todas las familias presentes en el sitio de determinación del indicador proporciona el puntaje total BMWP/Col. Por lo anterior, cuanto más alto sea la puntuación final, menor es el grado de contaminación ambiental del sitio de observación. A continuación, se presentan los valores obtenidos para el indicador por subzona hidrográfica para los diferentes sitios de monitoreo.

4.3.1. IMA en la subzona hidrográfica del río Cabrera

Se determinó la calidad de agua por medio del índice BMWP/Col. Las estaciones Cabrera_02 y Cabrera_04 presentaron calidad del agua aceptable, mientras que las estaciones Cabrera_01 y Cabrera_03 presentaron calidad del agua dudosa (Tabla 39). Se puede establecer que en las estaciones Cabrera_01 y Cabrera_03 debido a su baja cobertura vegetal en las orillas, no estaría permitiendo que algunos grupos de macroinvertebrados se establezcan, dando paso a organismos más tolerantes, los cuales están dominando la comunidad de dichas estaciones. Por el contrario, las estaciones Cabrera_02 y Cabrera_04 presentan zonas de bosque ripario, lo que permitiría la disponibilidad de más microhábitats para los macroinvertebrados acuáticos, lo que también se ve reflejado en que estas estaciones sean las más diversas.

Estos resultados implican que, en términos espaciales la subzona hidrográfica del río Cabrera evaluada presenta una variación en la calidad del agua, en donde las aguas del afluente principal se ven más afectadas que las aguas de las quebradas que desembocan en ella, esto probablemente debido a la presencia de actividades productivas como la agricultura cercanas a las orillas del cauce principal de la subzona hidrográfica del río Cabrera, lo que hace que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos sufra altas tensiones de supervivencia (Gutiérrez, Riss y Ospina, 2006).

Tabla 39. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cabrera.

Estación	Puntaje	Calidad	BMWP-Col
Cabrera_01	50	Dudosa	III
Cabrera_02	108	Aceptable	II
Cabrera_03	56	Dudosa	III
Cabrera_04	141	Aceptable	II

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.3.2. IMA en la subzona hidrográfica del río Cucuana

La evaluación de la calidad ecológica, basada en los puntajes del índice BMWP/Col obtenidos por cada estación, evidenció variaciones notables entre las estaciones evaluadas en la subzona hidrográfica del río Cucuana (Tabla 40). Las estaciones Cucuana_02, Cucuana_03 y Cucuana_07 alcanzaron puntajes superiores a 100, clasificándose en la categoría de calidad "Buena" (Clase I), siendo Cucuana_02 la que presentó el valor más alto con 127 puntos. Por otro lado, Cucuana_01, Cucuana_05, Cucuana_08 y Cucuana_09 registraron puntajes por debajo de este umbral, ubicándose en la categoría "Aceptable" (Clase II), con Cucuana_09 mostrando el valor más bajo del estudio (67 puntos). Esta variabilidad sugiere diferencias locales en las condiciones ambientales que afectan la estructura de las comunidades de macroinvertebrados.

Los resultados reflejan una heterogeneidad ambiental en la subzona hidrográfica del río Cucuana, donde solo tres de las siete estaciones evaluadas alcanzaron una calidad buena, lo que podría estar relacionado con una menor presión antrópica, mejor cobertura vegetal ribereña y condiciones fisicoquímicas más estables. En contraste, las estaciones clasificadas como de calidad aceptable, especialmente Cucuana_09, podrían estar recibiendo impactos negativos por actividades humanas como agricultura intensiva, deforestación o vertimientos, lo cual afectaría la composición y abundancia de macroinvertebrados. Estos patrones concuerdan con estudios previos en ecosistemas andinos, donde la altitud, el uso del suelo y las alteraciones hidromorfológicas se han

identificado como factores determinantes en la calidad ecológica de los cuerpos de agua (Vásquez-Ramos y Reinoso-Flórez, 2012).

Tabla 40. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cucuana.

Estación	Puntaje	Calidad	Clase
Cucuana_01	100	Aceptable	II
Cucuana_02	127	Buena	I
Cucuana_03	101	Buena	I
Cucuana_05	78	Aceptable	II
Cucuana_07	115	Buena	I
Cucuana_08	99	Aceptable	II
Cucuana_09	67	Aceptable	II

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.3.3. IMA en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

La evaluación de la calidad del agua mediante el índice biológico BMWP/Col evidenció una marcada variabilidad en las condiciones ecológicas entre las nueve estaciones monitoreadas en el área de estudio (Tabla 41). Las estaciones DMCS_01 y DMCS_09 obtuvieron puntajes elevados (116 y 114, respectivamente), clasificándose en la categoría de calidad "Buena" (Clase I), lo que indica condiciones favorables para el establecimiento y mantenimiento de comunidades de macroinvertebrados acuáticos sensibles. Estas estaciones probablemente cuentan con hábitats relativamente conservados, menor presión antrópica y buena calidad fisicoquímica del agua.

En contraste, se identificaron estaciones con condiciones altamente degradadas. DMCS_02 presentó un puntaje extremadamente bajo (11), ubicándose en la categoría de "Muy Crítica" (Clase V), mientras que DMCS_05 y DMCS_07 también reflejaron condiciones desfavorables con puntajes de 21 y 31 respectivamente, clasificándose como de calidad "Crítica" (Clase IV). Estas estaciones evidencian una fuerte alteración ambiental, posiblemente relacionada con vertimientos, deforestación, y prácticas de ganadería intensiva en las zonas de influencia directa del cuerpo de agua.

Las estaciones DMCS_03, DMCS_04 y DMCS_08 se ubicaron en la categoría de "Aceptable" (Clase II), mientras que DMCS_06 fue clasificada como "Dudosa" (Clase III) con un puntaje de 60. Estas estaciones presentan condiciones intermedias que, aunque no críticas, indican cierto nivel de impacto antrópico o alteración hidromorfológica que afecta la calidad ecológica (Vásquez-Ramos y Reinoso-Flórez, 2012).

Tabla 41. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica de los Directos al Magdalena entre Cabrera y Sumapaz.

Estación	Puntaje	Calidad	Clase
DMCS_01	116	Buena	I
DMCS_02	11	Muy Critica	V
DMCS_03	71	Aceptable	II
DMCS_04	67	Aceptable	II
DMCS_05	21	Critica	IV
DMCS_06	60	Dudosa	III
DMCS_07	31	Critica	IV
DMCS_08	75	Aceptable	II
DMCS_09	114	Buena	I

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.3.4. IMA en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

La evaluación de la calidad ecológica basada en los puntajes del índice BMWP/Col evidenció variaciones notables entre las estaciones evaluadas en la subzona hidrográfica del río Luisa (Tabla 42). Las estaciones Luisa_01, Luisa_02 y Luisa_03 alcanzaron puntajes superiores a 100, clasificándose en la categoría de calidad "Buena" (Clase I), siendo Luisa_01 la que presentó el valor más alto con 153 puntos. Por otro lado, las estaciones Luisa_04, Luisa_07 y Luisa_09 registraron puntajes entre 66 y 81, ubicándose en la categoría "Aceptable" (Clase II), mientras que Luisa_05, Luisa_08 y Luisa_10 presentaron puntajes entre 38 y 56, clasificándose en la categoría "Dudosa" (Clase III). La estación Luisa_06 obtuvo el puntaje más bajo con 15 puntos, ubicándose en la categoría de calidad "Muy Crítica" (Clase V), lo que evidencia un estado ecológico fuertemente deteriorado.

Los resultados reflejan una alta heterogeneidad ambiental en la zona de estudio, donde solo tres de las diez estaciones evaluadas alcanzaron una calidad buena, lo cual podría estar relacionado con una menor influencia de actividades humanas, mayor cobertura boscosa ribereña y mejores condiciones fisicoquímicas. En contraste, las estaciones clasificadas como aceptables o dudosas, así como la estación crítica, podrían estar recibiendo impactos significativos por actividades antrópicas como vertimientos domésticos o agroindustriales, deforestación, o modificación del cauce, lo que afectaría la estructura y diversidad de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Estos patrones coinciden con investigaciones previas en sistemas fluviales tropicales, donde el uso del suelo, la cobertura vegetal y las alteraciones hidromorfológicas se reconocen como factores clave en la determinación de la calidad ecológica (Gutiérrez, Riss y Ospina, 2006; Vásquez-Ramos y Reinoso-Flórez, 2012).

Tabla 42 Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Luisa

Estación	Puntaje	Calidad	Clase
Luisa_01	153	Buena	I
Luisa_02	101	Buena	I
Luisa_03	131	Buena	I
Luisa_04	81	Aceptable	II
Luisa_05	56	Dudosa	III
Luisa_06	15	Muy Crítica	V
Luisa_07	77	Aceptable	II
Luisa_08	38	Dudosa	III
Luisa_09	66	Aceptable	II
Luisa_10	43	Dudosa	III

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.3.5. IMA en la subzona hidrográfica del río Prado

La evaluación de la calidad ecológica, con base en los puntajes obtenidos mediante el índice BMWP/Col, mostró una considerable variabilidad entre las nueve estaciones analizadas en la subzona hidrográfica del municipio de Prado. Las estaciones Prado_01 y Prado_03 alcanzaron puntajes de 130 y 133, respectivamente, clasificándose en la categoría de calidad "Buena" (Clase I), lo que sugiere condiciones óptimas para el desarrollo de comunidades de macroinvertebrados acuáticos (Tabla 43).

Cinco estaciones se ubicaron en la categoría de calidad "Aceptable" (Clase II): Prado_02 (66 puntos), Prado_04 (76), Prado_05 (82) y Prado_07 (92). Estas estaciones presentaron condiciones ecológicas moderadas, posiblemente con ciertas presiones ambientales, pero aún compatibles con comunidades acuáticas estructuralmente estables.

En contraste, Prado_08 obtuvo un puntaje de 40, correspondiente a la categoría de calidad "Dudosa" (Clase III), lo cual indica un estado ecológico comprometido. Por otro lado, las estaciones Prado_06 y Prado_09 presentaron los puntajes más bajos del estudio, con 10 puntos cada una, clasificándose en la categoría "Muy Crítica" (Clase V). Esta condición refleja una alta perturbación del ecosistema acuático, posiblemente debido a actividades antrópicas intensas como vertimientos, deforestación o alteración del cauce.

Tabla 43. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Prado.

Estación	Puntaje	Calidad	Clase
Prado_01	130	Buena	I
Prado_02	66	Aceptable	II
Prado_03	133	Buena	I
Prado_04	76	Aceptable	II
Prado_05	82	Aceptable	II
Prado_06	10	Muy Crítica	V
Prado_07	92	Aceptable	II
Prado_08	40	Dudosa	III
Prado_09	10	Muy Crítica	V

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.3.6. IMA en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

Se determinó la calidad del agua por medio del índice BMWP/Col. Las estaciones Sumapaz_01, Sumapaz_02, Sumapaz_05, Sumapaz_06 y Sumapaz_08 presentaron una calidad del agua aceptable, mientras que las estaciones Sumapaz_03, Sumapaz_04 y Sumapaz_07 mostraron una calidad del agua dudosa (Tabla 44). En este sentido, se puede inferir que, en las estaciones con menor calidad, como Sumapaz_03, Sumapaz_04 y especialmente Sumapaz_07, la baja cobertura vegetal ribereña, junto con posibles actividades humanas en sus alrededores, podría estar limitando la presencia de grupos sensibles de macroinvertebrados, favoreciendo la dominancia de organismos más tolerantes a la perturbación (Roldán y Ramírez, 2022).

Por el contrario, las estaciones con calidad aceptable presentan características que podrían estar facilitando el desarrollo de comunidades más diversas y estructuralmente estables. Estas estaciones podrían estar influenciadas por una mayor cobertura vegetal en las márgenes, la presencia de bosque ripario o condiciones fisicoquímicas más favorables, lo cual contribuye a una mayor disponibilidad de microhábitats para los macroinvertebrados acuáticos (Roldán y Ramírez, 2022).

Estos resultados sugieren que, en términos espaciales, la subzona hidrográfica del río Sumapaz evaluada presenta una variabilidad en la calidad ecológica del agua, en donde algunas estaciones podrían estar recibiendo un mayor grado de presión ambiental, posiblemente derivada de actividades productivas como agricultura, asentamientos humanos o deforestación. Estas presiones reducen la calidad del hábitat y generan condiciones que afectan la estructura de las comunidades bentónicas, como lo señalan

Gutiérrez, Riss y Ospina (2006), quienes documentan cómo estas tensiones alteran la composición biológica en sistemas lóticos de la región andina.

Tabla 44. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Sumapaz.

Estación	Puntaje	Calidad	Clase
Sumapaz_01	70	Aceptable	II
Sumapaz_02	65	Aceptable	II
Sumapaz_03	57	Dudosa	III
Sumapaz_04	60	Dudosa	III
Sumapaz_05	80	Aceptable	II
Sumapaz_06	72	Aceptable	II
Sumapaz_07	37	Dudosa	III
Sumapaz_08	70	Aceptable	II

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.3.7. IMA en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega

Con respecto al estado ecológico del sistema, los resultados del índice BMWP-Col indican que la mayoría de las estaciones evaluadas presentan una calidad del agua aceptable (Tabla 45), correspondiente a la clase II, lo cual sugiere condiciones moderadamente favorables para el establecimiento de comunidades de macroinvertebrados. Las estaciones Tetuan_05 y Tetuan_01 obtuvieron los puntajes más altos (72 y 71 respectivamente), indicando una calidad del agua más cercana al límite superior de esta categoría. Les siguen las estaciones Tetuan_03 (68) y Tetuan_04 (62), también clasificadas dentro de la misma clase.

Por otro lado, la estación Tetuan_02 obtuvo el puntaje más bajo (52), clasificándose en la categoría de calidad dudosa (clase III). Este resultado podría estar relacionado con posibles fuentes de contaminación o alteraciones en las condiciones físicoquímicas del agua, tales como vertimientos domésticos o agrícolas, presencia de sedimentos finos o pérdida de cobertura ribereña, factores que afectan negativamente la estructura y diversidad de la comunidad bentónica (Gutiérrez, Riss y Ospina, 2006).

Tabla 45. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Tetúan.

Estación	Puntaje	Calidad	Clase
Tetuan_01	71	Aceptable	II
Tetuan_02	52	Dudosa	III
Tetuan_03	68	Aceptable	II
Tetuan_04	62	Aceptable	II

Tetuan_05	72	Aceptable	II
-----------	----	-----------	----

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

La evaluación de la calidad ecológica, a partir de los puntajes obtenidos mediante el índice BMWP/Col, reveló diferencias relevantes entre las estaciones muestreadas en la subzona hidrográfica del río Ortega (Tabla 46). La estación Ortega_02 obtuvo un puntaje de 77, clasificándose en la categoría de calidad "Aceptable" (Clase II), lo que indica condiciones moderadamente favorables para el desarrollo de comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

En contraste, las estaciones Ortega_01, Ortega_03 y Ortega_04 presentaron puntajes bajos, entre 29 y 33, ubicándose en la categoría de calidad "Crítica" (Clase IV). Estos valores reflejan un estado ecológico deteriorado, posiblemente asociado a impactos antrópicos significativos, como vertimientos, pérdida de vegetación ribereña o alteraciones en el uso del suelo. Estos resultados ponen en evidencia una marcada heterogeneidad en la calidad ecológica de los cuerpos de agua evaluados la subzona hidrográfica del río Ortega, donde solo una de las cuatro estaciones presentó condiciones aceptables.

Tabla 46. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Ortega.

Estación	Puntaje	Calidad	Clase
Ortega_01	33	Critica	IV
Ortega_02	77	Aceptable	II
Ortega_03	29	Critica	IV
Ortega_04	33	Critica	IV

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.4. Índice Ecológico de Calidad del Agua (IDG)

Con el objetivo de utilizar el perifiton como bioindicador de la calidad del agua, se utilizó el IDG (Tabla 47) Este índice propuesto por Rumeau & Coste (1988) y modificado por Benkhedda et al. (2017), permite utilizar las diatomeas como una herramienta para determinar la calidad de los cuerpos de agua. El IDG tiene en cuenta la sensibilidad de cada taxón a la contaminación (S), la amplitud ecológica del género (V) y la densidad de estos (A). Para calcular el índice se utilizó la siguiente formula:

$$IDG = \frac{\sum_{j=1}^n A_j S_j V_j}{\sum_{j=1}^n A_j V_j}$$

Dónde: A_j: Densidad relativa del taxón

S_j: Valor de sensibilidad global del genero

V_j: Valor de amplitud ecológica del genero

Tabla 47. Categorías e interpretación del índice Diatómico Genérico. (Fuente: Rumeau & Coste, 1988)

Rango	Nivel	Significado	Color
IDG > 4.5	Cero	Calidad biológica óptima	
4 < IDG < 4.5	Baja	Calidad normal, contaminación débil	
3.5 < IDG < 4	Moderada	Contaminación moderada, eutrofización	
3 < IDG < 3.5	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
2 < IDG < 3	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
1 < IDG < 2	Muy alta	Contaminación muy fuerte	
IDG = 0	Total	La población es considerada como inexistente, Contaminación toxica	

4.4.1. IDG en la subzona hidrográfica del río Cabrera

Los valores del Índice Diatómico Genérico (IDG) (Tabla 4) para las estaciones evaluadas en la cuenca del río Cabrera reflejan una calidad de agua que varía desde contaminación muy fuerte hasta moderada (Tabla 48), con un valor bajo en la estación Cabrera_01 (IDG = 2.00). Este resultado podría estar influenciado tanto por presiones antrópicas directas como por condiciones climáticas particulares. Es importante mencionar que el muestreo se realizó durante la temporada de lluvias, lo cual puede afectar significativamente la composición y abundancia del perifiton debido al aumento

del caudal, el arrastre de sedimentos y la dilución o movilización de contaminantes (Ramírez y Viña, 1998; Bellinger y Sigee, 2010).

Estaciones como Cabrera_02 (IDG=3.69) y Cabrera_04 (IDG=3.90), ubicadas a menor altitud, presentaron condiciones de contaminación moderada, mientras que Cabrera_03 (IDG=3.00) en calidad media. Estas condiciones, podrían estar asociadas con factores como una menor exposición a fuentes puntuales de contaminación durante los eventos de lluvia. No obstante, la temporada lluviosa también puede aumentar la escorrentía agrícola y urbana, por lo que es importante considerar que podrían diferir en época seca (Suescún et al., 2017).

Tabla 48. Índice Diatómico Genérico (IDG) en las estaciones de la subzona hidrográfica de los Directos al Magdalena entre Cabrera y Sumapaz.

Estación	Puntaje	Clasificación	Color
Cabrera_01	2.00	Contaminación muy fuerte.	
Cabrera_02	3.69	Contaminación moderada.	
Cabrera_03	3.00	Contaminación media.	
Cabrera_04	3.90	Contaminación moderada.	

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.4.2. IDG en la subzona hidrográfica del río Cucuana

Los resultados del cálculo del Índice Diatómico Genérico (IDG) en la subzona hidrográfica de Cucuana mostraron valores que oscilan entre 1.27 y 4.00 (Tabla 49), clasificando la calidad del agua desde contaminación muy fuerte (Cucuana_07 y Cucuana_08) hasta contaminación débil (Cucuana_01 a Cucuana_05) (Tabla 4). Estos resultados evidencian una variabilidad en la calidad ecológica de los cuerpos de agua monitoreados, posiblemente asociada a factores locales.

Las estaciones Cucuana_01, Cucuana_02, Cucuana_03 y Cucuana_05 obtuvieron un puntaje de 4.00, lo cual indica una calidad normal del agua y una contaminación débil. Esto sugiere que estas zonas mantienen condiciones relativamente estables, con menor influencia de actividades antrópicas intensivas o presiones locales, permitiendo el establecimiento de comunidades de diatomeas sensibles y bien estructuradas. Estos se podrían asociar con sistemas bien oxigenados, presencia de sustratos adecuados y coberturas vegetales conservadas (Lobo et al., 2004; Rimet & Bouchez, 2012).

En contraste, Cucuana_07 y Cucuana_08 presentaron puntajes muy bajos (1.27 y 1.41 respectivamente), clasificándose como zonas con contaminación muy fuerte. Esta condición sugiere un impacto considerable, posiblemente relacionado con vertimientos

domésticos, agrícolas o cambios drásticos en la estructura del hábitat, lo cual favorece la proliferación de diatomeas tolerantes a la contaminación (Kelly et al., 2008).

Finalmente, la estación Cucuana_09 obtuvo un puntaje intermedio de 3.45, correspondiente a una contaminación media, esto podría asociarse con un área de transición, mostrando indicios de perturbación, pero aún con presencia parcial de especies sensibles, lo que refleja un estado intermedio de calidad ecológica.

Tabla 49. Índice Diatómico Genérico (IDG) en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cucuana.

Estación	Puntaje	Clasificación	Color
Cucuana_01	4.00	Calidad normal. Contaminación débil.	Blue
Cucuana_02	4.00	Calidad normal. Contaminación débil.	
Cucuana_03	4.00	Calidad normal. Contaminación débil.	
Cucuana_05	4.00	Calidad normal. Contaminación débil.	
Cucuana_07	1.27	Contaminación muy fuerte.	Orange
Cucuana_08	1.41	Contaminación muy fuerte.	
Cucuana_09	3.45	Contaminación media.	Yellow

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.4.3. IDG en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

Los resultados del cálculo del Índice Diatómico Genérico (IDG) (Tabla 50), mostraron que, de acuerdo con los puntajes, la calidad del agua en las estaciones de la subzona hidrográfica de los Directos al Magdalena entre Cabrera y Sumapaz se encuentra dentro del rango de calidad media a contaminación muy fuerte para las estaciones evaluadas. Estaciones como DMCS_04 y DMCS_09, con puntajes de IDG superiores a 4, se clasifican dentro de una contaminación moderada, lo cual sugiere una comunidad perifítica estructurada y diversa, con presencia de géneros tanto tolerantes como sensibles. Por el contrario, sitios como DMCS_02 y DMCS_08 registran valores bajos (1.55 y 2.18 respectivamente), lo que indica una alteración fuerte o muy fuerte en la comunidad, posiblemente asociada a altos niveles de materia orgánica, nutrientes u otros contaminantes.

El perifiton, al estar en contacto directo con el agua y sustratos del río, responde rápidamente a los cambios ambientales y es un excelente indicador biológico (Roldán y Ramírez, 2008). En este contexto, los valores bajos del IDG podrían estar reflejando condiciones de eutrofización o contaminación puntual en algunos puntos más

afectados, mientras que los valores intermedios indicaron una mejor calidad ecológica (Ramírez y Viña, 1998; Bellinger y Sigeo, 2010).

Tabla 50. Índice Diatómico Genérico (IDG) en las estaciones de la subzona hidrográfica de los Directos al Magdalena entre Cabrera y Sumapaz.

Estación	Puntaje	Clasificación	Color
DMCS_01	3.00	Contaminación media.	Amarelo
DMCS_02	1.55	Contaminación muy fuerte.	Verde claro
DMCS_03	3.27	Contaminación media.	Amarelo
DMCS_04	4.00	Contaminación moderada.	Verde oscuro
DMCS_05	3.48	Contaminación media.	Amarelo
DMCS_07	3.87	Contaminación moderada.	Verde oscuro
DMCS_08	2.18	Contaminación fuerte.	Naranja
DMCS_09	4.04	Contaminación moderada.	Verde oscuro

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.4.4. IDG en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

De acuerdo con los valores obtenidos del Índice Diatómico Genérico (IDG), la calidad del agua en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Luisa se clasificó mayoritariamente dentro del rango de "contaminación media", observándose esta condición en nueve de las once estaciones evaluadas (Tabla 51); esta tendencia sugiere una presión ambiental generalizada, posiblemente relacionada con actividades antrópicas como la agricultura, la ganadería o descargas domésticas. La única estación que presentó una condición más favorable fue Luisa_05, con un puntaje de 4.26, clasificada como "calidad normal - contaminación débil", lo que podría reflejar condiciones más estables del hábitat, menor carga contaminante y una comunidad perifítica más estructurada, además de reflejar un sistema bien oxigenado, y con la presencia de sustratos adecuados y coberturas vegetales más conservadas (Lobo et al., 2004; Rimet & Bouchez, 2012). En contraste, Luisa_04 mostró el valor más bajo del índice (IDG=3.69), correspondiéndose con "contaminación moderada", lo cual podría indicar la presencia de fuentes puntuales de deterioro o condiciones ambientales adversas como alta turbidez, arrastre frecuente o escasa disponibilidad de sustrato adecuado; esto sugiere un impacto considerable, lo que favorecería la proliferación de diatomeas tolerantes a la contaminación (Kelly et al., 2008).

Tabla 51. Índice Diatómico Genérico (IDG) en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Luisa.

Estación	Puntaje	Clasificación	Color
Luisa_01	3.24	Contaminación media.	Amarelo
Luisa_02	3.13	Contaminación media.	
Luisa_03	3.06	Contaminación media.	

Estación	Puntaje	Clasificación	Color
Luisa_04	3.69	Contaminación moderada.	
Luisa_05	4.26	Calidad normal. Contaminación débil.	
Luisa_06	3.45	Contaminación media.	
Luisa_07	3.59	Contaminación media.	
Luisa_08	3.16	Contaminación media.	
Luisa_09	3.05	Contaminación media.	
Luisa_10	3.11	Contaminación media.	

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.4.5. IDG en la subzona hidrográfica del río Prado

Los resultados del cálculo del Índice Diatómico Genérico (IDG) (Tabla 52), mostraron que las nueve estaciones evaluadas, siete presentan valores inferiores a 2.5, clasificándose dentro de los rangos de contaminación fuerte a muy fuerte. Las estaciones Prado_03, Prado_05, Prado_06, Prado_07 y Prado_09, con valores entre 1.18 y 1.8, reflejan un estado de contaminación muy fuerte, posiblemente causado por altos niveles de nutrientes, materia orgánica o contaminantes provenientes de actividades agrícolas, ganaderas, vertimientos domésticos o arrastre de sedimentos intensificado por las lluvias (Ramírez y Viña, 1998; Bellinger y Sigee, 2010). Estas estaciones se localizan en zonas de media y baja altitud (entre 307 y 783 msnm).

Las estaciones Prado_02, Prado_04 y Prado_08, con valores entre 2.36 y 2.76, muestran contaminación fuerte, lo que sugiere cierto grado de impacto, aunque algo menor que en los puntos más críticos. Solo Prado_01, ubicada en la parte alta del río Cunday (918 msnm), presentó una contaminación media (IDG = 3.16), lo cual resalta la importancia de las zonas de cabecera como refugios de mejor calidad ecológica.

Tabla 52. Índice Diatómico Genérico (IDG) en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Prado.

Estación	Puntaje	Clasificación	Color
Prado_01	3.16	Contaminación media.	
Prado_02	2.40	Contaminación fuerte.	
Prado_03	1.87	Contaminación muy fuerte.	
Prado_04	2.36	Contaminación fuerte.	
Prado_05	1.34	Contaminación muy fuerte.	
Prado_06	1.18	Contaminación muy fuerte.	
Prado_07	1.57	Contaminación muy fuerte.	
Prado_08	2.76	Contaminación fuerte.	
Prado_09	1.88	Contaminación muy fuerte.	
Prado_01	3.16	Contaminación media.	

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.4.6. IDG en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

Los resultados del cálculo del Índice Diatómico Genérico (IDG) (Tabla 53), mostraron que, de acuerdo con los puntajes, la calidad del agua en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Sumapaz, se encuentra dentro del rango de contaminación moderada (Sumapaz_04) hasta contaminación fuerte (Sumapaz 01).

De manera general, no se observó una relación directa entre la altitud y la calidad del agua; por el contrario, estaciones ubicadas en zonas altas como Sumapaz_01 (1297 m) presentaron los valores más bajos del índice, lo que sugiere una fuerte presión antrópica local. En contraste, Sumapaz_04, ubicada a una altitud baja (293 m), obtuvo el valor más alto del IDG, indicando condiciones ecológicas más favorables, posiblemente debido a una menor intervención humana directa o a características del microhábitat que favorecen la aparición de géneros más sensibles. Esta variabilidad sugiere que los factores determinantes de la calidad del agua en la cuenca no responden únicamente a gradientes altitudinales, sino a la interacción entre la conectividad hidrológica, el uso del suelo y las presiones puntuales en cada tramo de la subzona (Ramírez y Viña, 1998; Bellinger y Sigeo, 2010).

Tabla 53. Índice Diatómico Genérico (IDG) en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Sumapaz.

Estación	Puntaje	Clasificación	Color
Sumapaz_01	2.99	Contaminación fuerte.	
Sumapaz_02	3.09	Contaminación media.	
Sumapaz_03	3.00	Contaminación media.	
Sumapaz_04	4.00	Contaminación moderada	
Sumapaz_05	3.00	Contaminación media.	
Sumapaz_06	3.20	Contaminación media.	
Sumapaz_07	3.29	Contaminación media.	
Sumapaz_08	3.29	Contaminación media.	

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

4.4.7. IDG en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

Los resultados del cálculo del Índice Diatómico Genérico (IDG) en la subzona hidrográfica de Tetuán mostraron valores que oscilan entre 3.83 y 4.30, clasificando la calidad del agua desde Calidad normal, Contaminación débil (Tetuán _01, Tetuán_03, Tetuán_04 y Tetuán_05) hasta contaminación moderada (Tetuán_02) (Tabla 54). Estos resultados evidencian una variabilidad en la calidad ecológica de los cuerpos de agua

monitoreados, principalmente asociados a condiciones relativamente saludables para el desarrollo de la comunidad ficoperifítica.

La estación Tetuán_02 es la única que presenta un puntaje bajo (IDG=3.83), esto indica una posible alteración ambiental, probablemente influenciada por factores locales como actividades antrópicas, nutrientes o el régimen hidrológico, principalmente precipitaciones.

Tabla 54. Índice Diatómico Genérico (IDG) en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Tetuán.

Estación	Puntaje	Clasificación	Color
Tetuán_01	4.00	Calidad normal. Contaminación débil.	
Tetuán_02	3.83	Contaminación moderada.	
Tetuán_03	4.00	Calidad normal. Contaminación débil.	
Tetuán_04	4.00	Calidad normal. Contaminación débil.	
Tetuán_05	4.30	Calidad normal. Contaminación débil.	

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

Los resultados del cálculo del Índice Diatómico Genérico (IDG) en la subzona hidrográfica de Ortega mostraron valores que oscilan entre 1.94 y 3.15 (Tabla 55), clasificando la calidad del agua desde contaminación muy fuerte (Ortega _02) hasta contaminación media (Ortega_01 y Ortega_03) (Tabla 55). Estos resultados evidencian una variabilidad en la calidad ecológica de los cuerpos de agua monitoreados, posiblemente asociada a factores locales.

La estación Ortega_01, ubicada a 552 m de altitud, presentó el valor más alto del IDG (3.15), lo que sugiere condiciones más estables y favorables para la comunidad perifítica. Por otra parte, Ortega_02, situada a 664 m, mostró el valor más bajo (1.94), lo que podría reflejar una fuerte presión antrópica, como escorrentía agrícola o urbana, especialmente considerando que la campaña de muestreo se realizó durante temporada de lluvias, lo cual puede haber intensificado estos efectos. En general, estos resultados evidencian que la calidad del agua en la subzona hidrográfica del río Ortega no sigue un patrón altitudinal definido, sino que depende de la interacción entre factores como el uso del suelo, las características del hábitat y la influencia de eventos hidrológicos como las crecientes recientes.

Tabla 55. Índice Diatómico Genérico (IDG) en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Ortega.

Estación	Puntaje	Clasificación	Color
Ortega_01	3.15	Contaminación media.	
Ortega_02	1.94	Contaminación muy fuerte.	
Ortega_03	3.00	Contaminación media.	
Ortega_04	2.77	Contaminación fuerte.	

Fuente: Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima (GIZ, 2025).

5. Indicadores de Riesgo en la Evaluación Regional del Agua

5.1. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH)

Determina la susceptibilidad del sistema hídrico en mantener una oferta para el abastecimiento de agua. Se calcula a través de una matriz de relación (Tabla 56) entre el índice de retención y regulación hídrica (IRH) y el índice de uso de agua (IUA).

El IVH se obtiene a partir de la matriz de relación entre el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) y el Índice de Uso del Agua (IUA), siguiendo los lineamientos del IDEAM (2020c). El análisis se desarrolla diferenciando dos escenarios climáticos: año medio (condiciones hidrológicas promedio) y año seco (condiciones de menor oferta hídrica), con el fin de evidenciar el comportamiento del indicador ante variaciones en la disponibilidad del recurso.

Tabla 56. Matriz de clasificación del índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico.

Fuente: (IDEAM, 2020c)

MATRIZ DE ASOCIACIÓN IVH					
Índice de Uso del Agua - IUA	Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH				
Categoría	Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
Muy Bajo	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Media	Media
Bajo	Baja	Baja	Baja	Media	Media
Moderado	Media	Media	Media	Alta	Alta
Alto	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Muy Alto	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Crítico	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta

Para condiciones de año medio, las 21 unidades de análisis de la subzona del río Cabrera se distribuyen entre las categorías **Baja** (12 unidades, 57 %), **Media** (6 unidades, 29 %) y **Muy Baja** (3 unidades, 14 %), sin presentarse unidades en categorías Alta o Muy Alta. Las unidades con IVH Media corresponden a Quebrada Garrapata, Quebrada Doche 3, Quebrada Las Pavas, Quebrada Doche 1, Quebrada Las Lajas y Directos Riachon, todas con IRH Baja e IUA Muy Bajo o Bajo; la categoría intermedia se explica por la limitada capacidad de retención y regulación hídrica de estas cuencas. Las unidades con IVH Baja agrupan a quebradas con IRH Moderada o Alta e IUA Muy Bajo o Bajo, entre ellas Quebrada Doche 4, Quebrada Alpujarrita, Quebrada Doche 2, Quebrada Carpintero, Quebrada San Pedro, Quebrada San Si Puedes, Quebrada El Chorro, Quebrada Sevilla, Quebrada Rodada, Quebrada Guamito, Quebrada La Honda y Directos Cabrera.

Finalmente, las unidades en categoría Muy Baja (Quebrada Corama, Quebrada El Borrachero y Quebrada La Montaña) presentan IRH Alta e IUA Muy Bajo, lo que refleja una buena capacidad de regulación hídrica frente a una demanda muy reducida (Tabla 57 y Figura 104).

En condiciones de año seco, la distribución se mantiene similar pero con un leve incremento en la categoría Media: **Baja** (11 unidades, 52 %), **Media** (7 unidades, 33 %) y **Muy Baja** (3 unidades, 14 %). El cambio más relevante corresponde a Directos Cabrera, que pasa de Baja en año medio a Media en año seco debido al incremento de su IUA, que pasa de Bajo a Moderado. Las unidades con IVH Media para año seco son Quebrada Garrapata, Quebrada Doche 3, Quebrada Las Pavas, Quebrada Doche 1, Quebrada Las Lajas, Directos Cabrera y Directos Riachon. Las unidades con IVH Baja conservan en general las mismas condiciones del año medio (Quebrada Doche 4, Alpujarrita, Doche 2, Carpintero, San Pedro, San Si Puedes, El Chorro, Sevilla, Rodada, Guamito y La Honda), mientras que Quebrada Corama, Quebrada El Borrachero y Quebrada La Montaña permanecen en categoría Muy Baja. En conjunto, la subzona del río Cabrera presenta una sensibilidad limitada al cambio entre escenarios climáticos (Tabla 58 y Figura 105).

La subzona del río Cucuana presenta para año medio una distribución dominada por las categorías más bajas del IVH: **Muy Baja** (20 unidades, 57 %), **Media** (8 unidades, 23 %) y **Baja** (7 unidades, 20 %), sin unidades en categorías Alta o Muy Alta. La categoría Muy Baja agrupa a la gran mayoría de tramos del río Cucuana (Rio Cucuana 16, 15, 13, 8, 5, 4 y 1), tributarios como Quebrada Chicumambe, Quebrada La Pava, Quebrada Chipalo, Rio Chili 4, 3 y 1, Rio Manso, Rio Tuamo 1, Rio Crisol, Quebrada Guadualito, Quebrada Aguas Claras, Rio Cucuanita y Rio Perrillo, todas con IRH Alta o Muy Alta e IUA Muy Bajo. Las unidades con IVH Media (Rio Cucuana 14, 12, 11, 10, 9, 6, Rio San Marcos 2 y Rio Cucuana 3) presentan IRH Alta combinado con IUA Alto o Muy Alto, lo cual indica una elevada presión sobre la oferta hídrica a pesar de la buena capacidad de regulación. La categoría Baja corresponde a Quebrada Guavio, Quebrada Molina, Rio Tuamo, Quebrada Grande, Rio Chili 2, Quebrada El Cedral y Rio Cucuana 2, con condiciones intermedias de IRH e IUA (Tabla 59 y Figura 106).

En año seco, la distribución para la subzona del río Cucuana es prácticamente idéntica: **Muy Baja** (20 unidades, 57 %), **Baja** (8 unidades, 23 %) y **Media** (7 unidades, 20 %). El único cambio relevante corresponde a Rio Cucuana 10, que pasa de IVH Media (año medio) a IVH Baja (año seco) por reducción del IUA, y a Rio Cucuana 9, cuyo IUA cambia de Muy Alto a Moderado pero conservando categoría Media. Las unidades en Muy Baja son las mismas del año medio. Las unidades en Media para año seco son Rio Cucuana 14, 12, 11, 9, 6, Rio San Marcos 2 y Rio Cucuana 3, todas con IRH Alta e IUA Muy Alto (excepto Rio Cucuana 9 con IUA Moderado). Las unidades en Baja incluyen Quebrada

Guavio, Rio Cucuana 10, Quebrada Molina, Rio Tuamo, Quebrada Grande, Rio Chili 2, Quebrada El Cedral y Rio Cucuana 2. La subzona muestra estabilidad frente al cambio de escenario, atribuible al predominio de unidades con alta capacidad de retención y regulación hídrica (Tabla 60 y Figura 107).

Para año medio, la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz presenta una predominancia de la categoría **Media** (29 unidades, 64 %), seguida por **Baja** (8 unidades, 18 %), **Muy Baja** (7 unidades, 16 %) y **Alta** (1 unidad, 2 %). La única unidad en categoría Alta corresponde a Directos Magdalena 1 (IRH Baja, IUA Alto). Las unidades en categoría Media presentan en su mayoría IRH Baja e IUA Muy Bajo o Bajo, entre ellas Quebrada Anacarco, Ularco, Mercadillo, El Cajón, Chaquirco, Bateas, Tamirco, Jagual, Las Damas, De Colopo, Señorías, Goloso, La Mata, La Barriolosa, La Arenosa, Santa Lucía, Guadualeja, El Tigre, El Consuelo, La Honda, Agua Blanca, La Barrialosa 2, de Batatas, Duarte, El Pital, Monteraldo, Limonal, Tigrito y Directos Magdalena 2. Las unidades en categoría Baja (Quebrada Los Ángeles 5, Los Ángeles 4, Bermejo, El Rodeo, Yabi 3, El Salado, Tortugas y Ata) presentan IRH Moderada o Alta combinada con IUA Muy Bajo. Las unidades en Muy Baja (Quebrada Los Ángeles 3, 2 y 1, El Lindero, Yabi 2, El Baño y Yabi 1) tienen IRH Alta e IUA Muy Bajo. La baja capacidad de retención hídrica (IRH Baja) constituye el principal determinante de la categoría Media en la mayor parte de la subzona (Tabla 61 y Figura 108).

En año seco, la distribución es exactamente igual a la de año medio: **Media** (29 unidades, 64 %), **Baja** (8 unidades, 18 %), **Muy Baja** (7 unidades, 16 %) y **Alta** (1 unidad, 2 %), conservando además las mismas unidades dentro de cada categoría. Directos Magdalena 1 mantiene la condición de mayor vulnerabilidad relativa de la subzona. Aunque algunas unidades presentan ligeras variaciones en la categoría del IUA (por ejemplo, Quebrada La Mata, La Arenosa, Bateas y de Batatas pasan de IUA Muy Bajo o Bajo en año medio a Bajo en año seco), los cambios no son suficientes para modificar la categoría final del IVH. Esto evidencia que la subzona tiene un comportamiento estable, aunque dominado por niveles intermedios de vulnerabilidad asociados fundamentalmente al bajo IRH (Tabla 62 y Figura 109).

Para año medio, la subzona del río Luisa y otros directos al Magdalena presenta una distribución equilibrada entre cuatro categorías: **Alta** (8 unidades, 32 %), **Media** (8 unidades, 32 %), **Baja** (7 unidades, 28 %) y **Muy Baja** (2 unidades, 8 %). Las unidades en categoría Alta corresponden a Quebrada Guaduas, Rio Luisa 6, Rio Luisa 7, Rio Luisa 8, Rio Luisa 4, Rio Luisa 3, Rio Luisa 2 y Directos Magdalena 4, todas con IRH Moderada o Baja combinada con IUA Alto o Muy Alto, configurando un escenario crítico de vulnerabilidad. Las unidades en Media incluyen Rio Luisa 5, Quebrada Agua Clara, Rio Guadual, Rio Luisa 1, Quebrada Agua Sucia y los Directos Magdalena 1, 2 y 3, con

combinaciones variables de IRH e IUA. Las unidades en categoría Baja (Quebrada Serrezuela, Quebrada El Cobre, Quebrada Chicoral, Quebrada Tomial, Quebrada Eneal, Quebrada Guayabal y Quebrada Santana) presentan IRH Moderada e IUA Muy Bajo o Bajo. Únicamente Río Luisa 10 y Río Luisa 9 muestran IVH Muy Baja (IRH Alta, IUA Muy Bajo). Esta subzona se caracteriza por presentar la mayor concentración de unidades en categoría Alta del área de estudio en condiciones de año medio (Tabla 63 y Figura 110).

En año seco la situación se agrava: **Alta** (10 unidades, 40 %), **Media** (7 unidades, 28 %), **Baja** (6 unidades, 24 %) y **Muy Baja** (2 unidades, 8 %). Las unidades que ascienden de Media (año medio) a Alta (año seco) son Río Luisa 5 (por aumento del IUA a Alto) y Quebrada Agua Sucia (IUA Alto). Adicionalmente, Directos Magdalena 4 mantiene categoría Alta y la Quebrada El Cobre pasa de Baja a Media. En consecuencia, las unidades en IVH Alta para año seco son Quebrada Guaduas, Río Luisa 6, 7, 8, 5, 4, 3 y 2, Quebrada Agua Sucia y Directos Magdalena 4. Las unidades en Media incluyen Quebrada El Cobre, Quebrada Agua Clara, Río Guadual, Río Luisa 1 y los Directos Magdalena 1, 2 y 3. Las unidades en Baja son Quebrada Serrezuela, Quebrada Chicoral, Quebrada Tomial, Quebrada Eneal, Quebrada Guayabal y Quebrada Santana, mientras que Río Luisa 10 y Río Luisa 9 permanecen en Muy Baja. El comportamiento confirma que esta subzona es la más sensible a condiciones de menor oferta hídrica (Tabla 64 y Figura 111).

Para año medio, las 27 unidades de la subzona del río Prado se distribuyen en cuatro categorías: **Baja** (18 unidades, 67 %), **Media** (4 unidades, 15 %), **Muy Baja** (3 unidades, 11 %) y **Alta** (2 unidades, 7 %). Las unidades en categoría Alta corresponden a Directos Embalse y Río Cunday 6, ambas con IRH Moderada e IUA Muy Alto, asociadas a la presencia del embalse y a usos intensivos del recurso. Las unidades en Media son Quebrada El Derecho, Río Vichia, Quebrada El Reves y Quebrada El León, todas con IRH Baja e IUA Muy Bajo o Bajo. Las unidades en Baja incluyen Río Prado 2, Quebrada El Salado, Quebrada Malta, Río Negro 2, Quebrada El Pescado, Río Negro 1, Quebrada El Limón, Quebrada de Bajás, Río Prado 1, Río Cunday 8, Río Cuinde, Río Cunday 7, Río Cunday 5, Río Cunday 4, Quebrada Tasajera, Río Cunday 3, Quebrada Grande y Río Cunday 1, con IRH Moderada o Alta e IUA en su mayoría Muy Bajo o Bajo. Finalmente, Quebrada Aco, Río Cunday 2 y Quebrada La Laja presentan IVH Muy Baja (IRH Alta, IUA Muy Bajo, Tabla 65 y Figura 112).

En año seco, la distribución se mantiene similar: **Baja** (18 unidades, 67 %), **Media** (5 unidades, 19 %), **Alta** (2 unidades, 7 %) y **Muy Baja** (2 unidades, 7 %). Las unidades en Alta son Directos Embalse y Quebrada El León (esta última asciende desde Media en año medio por el incremento del IUA a Moderado). Las unidades en Media son Río Prado 2, Quebrada El Derecho, Río Vichia, Quebrada El Reves y Río Cunday 1 (que asciende desde Baja por aumento del IUA a Moderado). Quebrada La Laja desciende de Muy Baja a Baja;

el resto de unidades conservan su categoría. Las unidades en Baja para año seco son Quebrada El Salado, Quebrada Malta, Rio Negro 2, Quebrada El Pescado, Rio Negro 1, Quebrada El Limón, Quebrada de Bajas, Rio Prado 1, Rio Cunday 8, Rio Cunde, Rio Cunday 7, Rio Cunday 6, Rio Cunday 5, Rio Cunday 4, Quebrada Tasajera, Rio Cunday 3, Quebrada Grande y Quebrada La Laja. Las unidades en Muy Baja se reducen a Quebrada Aco y Rio Cunday 2. El cambio entre escenarios es moderado y se concentra en unidades específicas asociadas a usos puntuales del recurso (Tabla 66 y Figura 113).

La subzona del río Sumapaz presenta para año medio una distribución diferenciada: **Baja** (8 unidades, 42 %), **Media** (6 unidades, 32 %), **Alta** (4 unidades, 21 %) y **Muy Alta** (1 unidad, 5 %). La unidad clasificada como Muy Alta corresponde a Directos Sumapaz 1 (IRH Muy Baja, IUA Muy Alto), que representa la condición más crítica de toda el área de estudio. Las unidades en categoría Alta son Quebrada Apícala 3 (IRH Moderada, IUA Muy Alto), Quebrada Apícala 2 (IRH Baja, IUA Alto), Quebrada La Guaduala (IRH Baja, IUA Alto) y Quebrada Volcana (IRH Baja, IUA Moderado). Las unidades en Media incluyen Quebrada Inalí, Quebrada La Palmara 1, Quebrada Apícala 1, Quebrada Agua Fría, Quebrada La Palmara y Quebrada Palmas. Las unidades en Baja son Quebrada Olache 2, Quebrada Olache 1, Quebrada Tinajas, Quebrada Guatoche, Quebrada Juan López, Quebrada La Laja, Directos Sumapaz 2 y Directos Sumapaz 3, con IRH Moderada e IUA Muy Bajo o Bajo. La subzona destaca por presentar la única unidad en categoría Muy Alta del área evaluada (Tabla 67 y Figura 114).

En año seco, la distribución es: **Baja** (9 unidades, 47 %), **Media** (5 unidades, 26 %), **Alta** (4 unidades, 21 %) y **Muy Alta** (1 unidad, 5 %). Las mismas unidades de año medio permanecen en categorías Muy Alta (Directos Sumapaz 1) y Alta (Apícala 3, Apícala 2, La Guaduala y Volcana). El cambio principal corresponde a Quebrada Inalí, que pasa de Media (año medio) a Baja (año seco) debido a la reducción del IUA a Bajo. Las unidades en Media para año seco son Quebrada La Palmara 1, Quebrada Apícala 1, Quebrada Agua Fría, Quebrada La Palmara y Quebrada Palmas. Las unidades en Baja agrupan a Quebrada Inalí, Quebrada Olache 2, Olache 1, Tinajas, Guatoche, Juan López, La Laja, Directos Sumapaz 2 y Directos Sumapaz 3. La estabilidad en las categorías Alta y Muy Alta entre escenarios indica que las unidades más vulnerables de esta subzona lo son de manera estructural y no únicamente por efecto de la variabilidad climática (Tabla 68 y Figura 115).

Para año medio, las 24 unidades de la subzona del río Tetuán y Ortega se distribuyen en cuatro categorías: **Baja** (10 unidades, 42 %), **Muy Baja** (8 unidades, 33 %), **Media** (5 unidades, 21 %) y **Alta** (1 unidad, 4 %). La única unidad en categoría Alta corresponde a Rio Ortega 2 (IRH Moderada, IUA Alto). Las unidades en Media son Rio Tetuán 5, Quebrada Macule 1, Rio Ortega 5, Rio Ortega 4 y Rio Ortega 3, todas con IRH Alta o

Moderada combinada con IUA Moderado, Alto o Muy Alto, sobresaliendo Río Ortega 5 y Río Ortega 4 (IUA Muy Alto). Las unidades en Baja incluyen Río Peralonso, Quebrada Macule 2, Quebrada Chipalo, Río Tetuán 3, Quebrada Linday, Quebrada San Antonio, Río Tetuán 1, Río Luani, Río Anaba y Río Ortega 1. Las unidades en Muy Baja, asociadas a IRH Alta o Muy Alta e IUA Muy Bajo, corresponden a los tramos altos del río Tetuán (Río Tetuán 7, 6, 4 y 2), Quebrada Taquima, Quebrada Tune, Quebrada Palmarosa y Quebrada Chiquinima (Tabla 69 y Figura 116).

En año seco se mantiene la misma distribución general: **Muy Baja** (8 unidades, 33 %), **Baja** (8 unidades, 33 %), **Media** (7 unidades, 29 %) y **Alta** (1 unidad, 4 %). Río Ortega 2 conserva la categoría Alta. El cambio más relevante corresponde a la ampliación de la categoría Media, a la que ingresan Quebrada Linday (que pasa de Baja a Media por aumento del IUA a Moderado) y Río Anaba (también de Baja a Media por aumento del IUA a Moderado), conformando un conjunto de 7 unidades: Río Tetuán 5, Quebrada Macule 1, Quebrada Linday, Río Ortega 5, Río Ortega 4, Río Ortega 3 y Río Anaba. Las unidades en categoría Baja para año seco son Río Peralonso, Quebrada Macule 2, Quebrada Chipalo, Río Tetuán 3, Quebrada San Antonio, Río Tetuán 1, Río Luani y Río Ortega 1. Las unidades en Muy Baja se mantienen idénticas al año medio (Río Tetuán 7, 6, 4 y 2, Quebrada Taquima, Quebrada Tune, Quebrada Palmarosa y Quebrada Chiquinima). En conjunto, la subzona muestra una sensibilidad moderada al cambio entre escenarios climáticos, con ascensos puntuales en unidades específicas de la cuenca del Ortega (Tabla 70 y Figura 117).

5.1.1. IVH en la subzona hidrográfica del río Cabrera

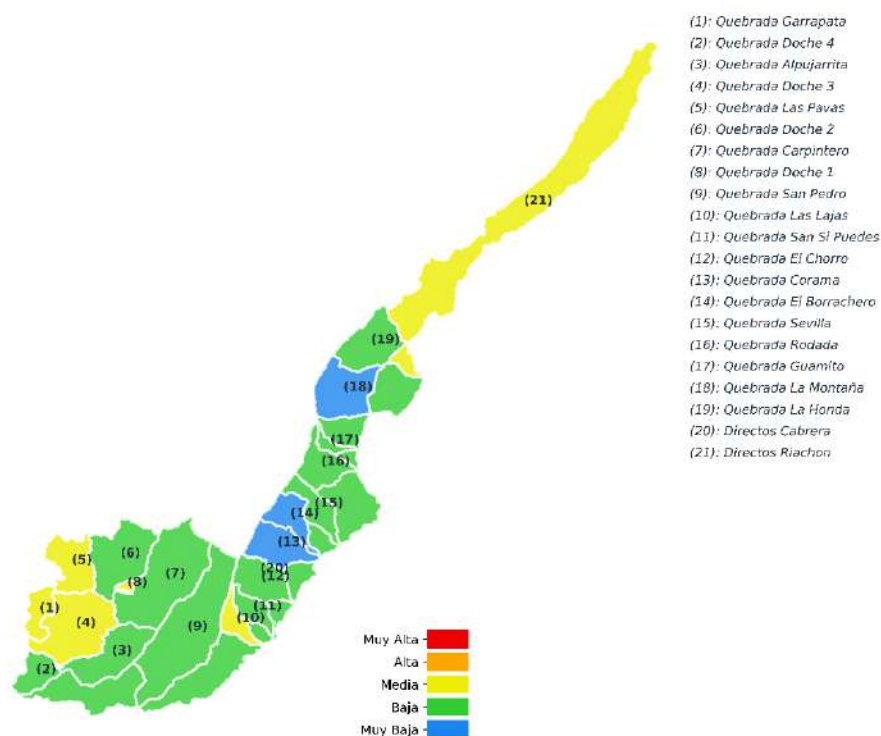


Figura 104. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Cabrera

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Quebrada Garrapata	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Doche 4	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Alpujarrita	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Doche 3	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Las Pavas	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Doche 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Carpintero	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Doche 1	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada San Pedro	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Las Lajas	Baja	Bajo	Media
Quebrada San Si Puedes	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada El Chorro	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Corama	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada El Borrachero	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Sevilla	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Rodada	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Guamito	Moderada	Bajo	Baja

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Quebrada La Montaña	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada La Honda	Moderada	Muy Bajo	Baja
Directos Cabrera	Moderada	Bajo	Baja
Directos Riachon	Baja	Muy Bajo	Media

Tabla 57. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Cabrera

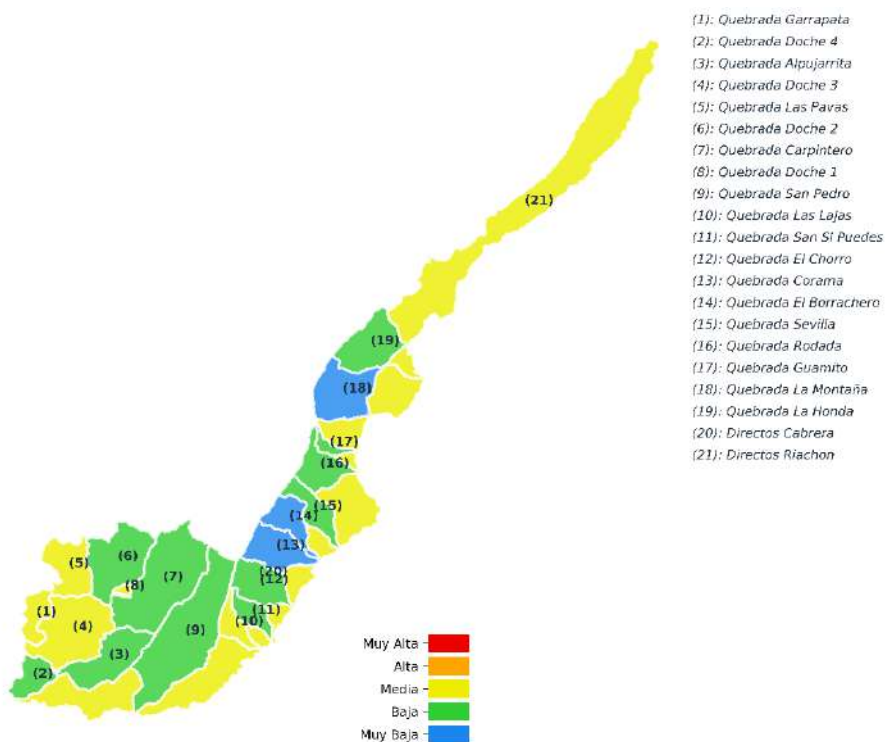


Figura 105. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Cabrera

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Quebrada Garrapata	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Doche 4	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Alpujarrita	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Doche 3	Baja	Bajo	Media
Quebrada Las Pavas	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Doche 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Carpintero	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Doche 1	Baja	Muy Bajo	Media

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Quebrada San Pedro	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Las Lajas	Baja	Bajo	Media
Quebrada San Si Puedes	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada El Chorro	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Corama	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada El Borrachero	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Sevilla	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Rodada	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Guamito	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada La Montaña	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada La Honda	Moderada	Muy Bajo	Baja
Directos Cabrera	Moderada	Moderado	Media
Directos Riachon	Baja	Muy Bajo	Media

Tabla 58. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Cabrera

5.1.2. IVH en la subzona hidrográfica del río Cucuana

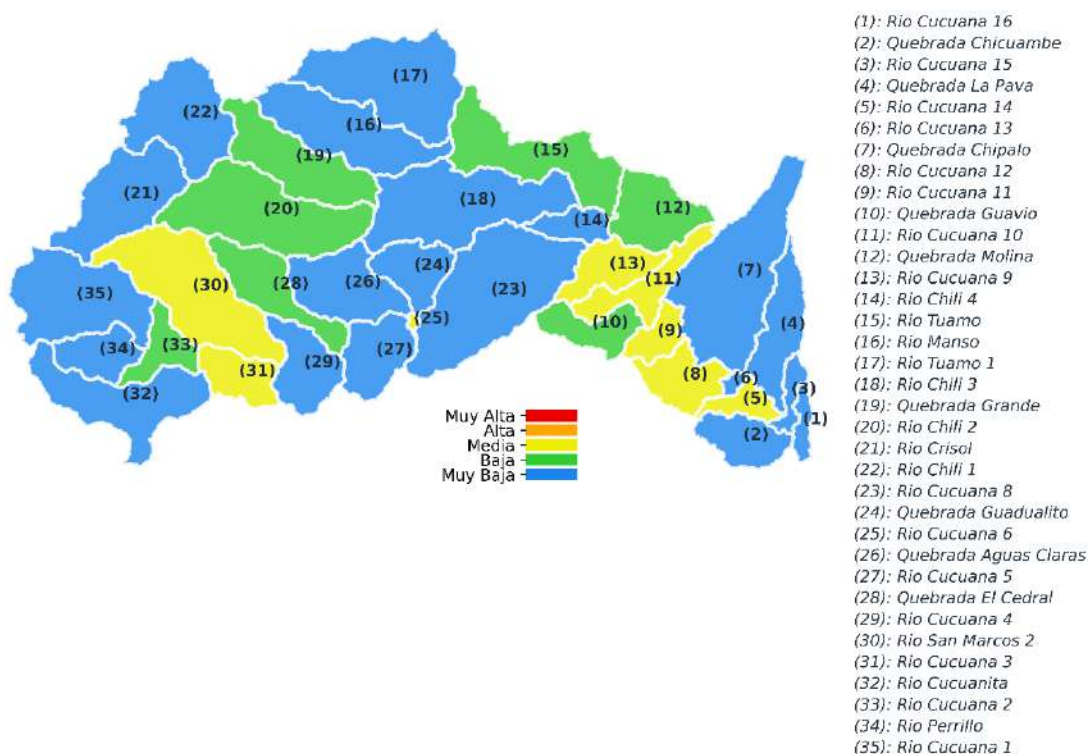


Figura 106. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Cucuana

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Cucuana 16	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Chicumbe	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 15	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada La Pava	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 14	Alta	Muy Alto	Media
Rio Cucuana 13	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Chipalo	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 12	Alta	Muy Alto	Media
Rio Cucuana 11	Alta	Muy Alto	Media
Quebrada Guavio	Alta	Bajo	Baja
Rio Cucuana 10	Alta	Alto	Media
Quebrada Molina	Muy Alta	Bajo	Baja
Rio Cucuana 9	Alta	Muy Alto	Media
Rio Chili 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Tuamo	Alta	Bajo	Baja
Rio Manso	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Tuamo 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Chili 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Grande	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Chili 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Crisol	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Chili 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 8	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Guadualito	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 6	Alta	Muy Alto	Media
Quebrada Aguas Claras	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada El Cedral	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Cucuana 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio San Marcos 2	Alta	Muy Alto	Media
Rio Cucuana 3	Alta	Muy Alto	Media
Rio Cucuanita	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 2	Alta	Bajo	Baja
Rio Perrillo	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 59. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Cucuana

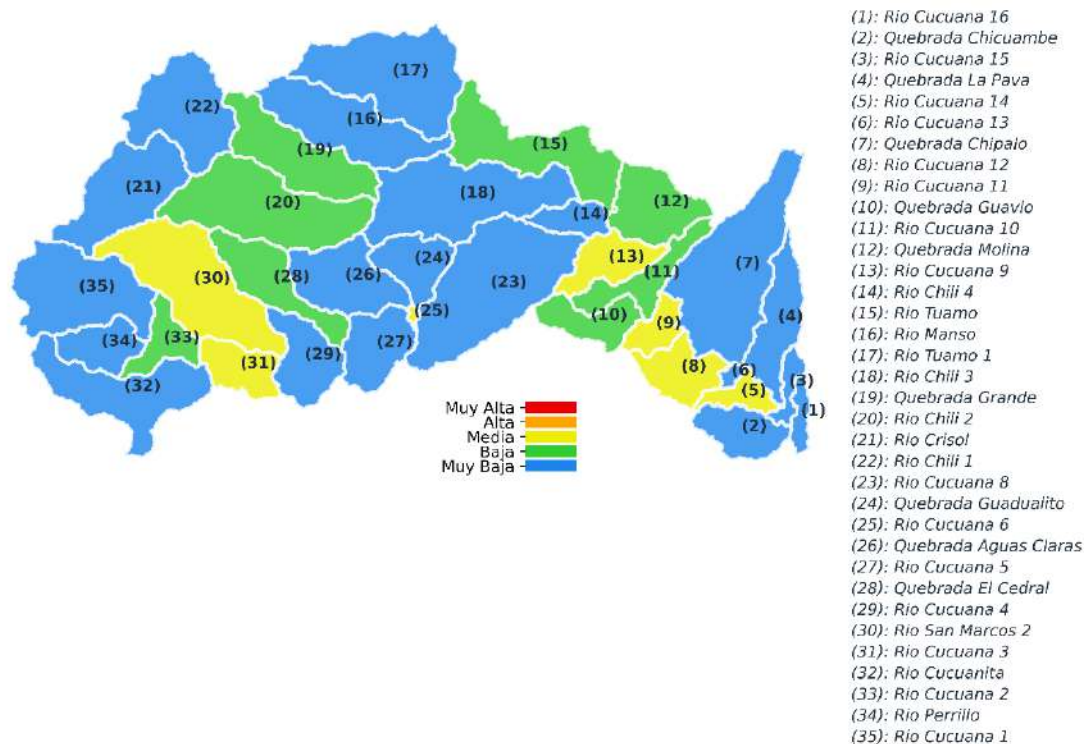


Figura 107. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Cucuana

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Río Cucuana 16	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Chicucambe	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Río Cucuana 15	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada La Pava	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Río Cucuana 14	Alta	Muy Alto	Media
Río Cucuana 13	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Chipalo	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Río Cucuana 12	Alta	Muy Alto	Media
Río Cucuana 11	Alta	Muy Alto	Media
Quebrada Guavio	Alta	Bajo	Baja
Río Cucuana 10	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Molina	Muy Alta	Bajo	Baja
Río Cucuana 9	Alta	Moderado	Media
Río Chili 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Río Tuamo	Alta	Bajo	Baja
Río Manso	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Río Tuamo 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Río Chili 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Grande	Moderada	Muy Bajo	Baja

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Chili 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Crisol	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Chili 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 8	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Guadualito	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 6	Alta	Muy Alto	Media
Quebrada Aguas Claras	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada El Cedral	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Cucuana 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio San Marcos 2	Alta	Muy Alto	Media
Rio Cucuana 3	Alta	Muy Alto	Media
Rio Cucuanita	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 2	Alta	Bajo	Baja
Rio Perrillo	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cucuana 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 60. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Cucuana

5.1.3. IVH en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

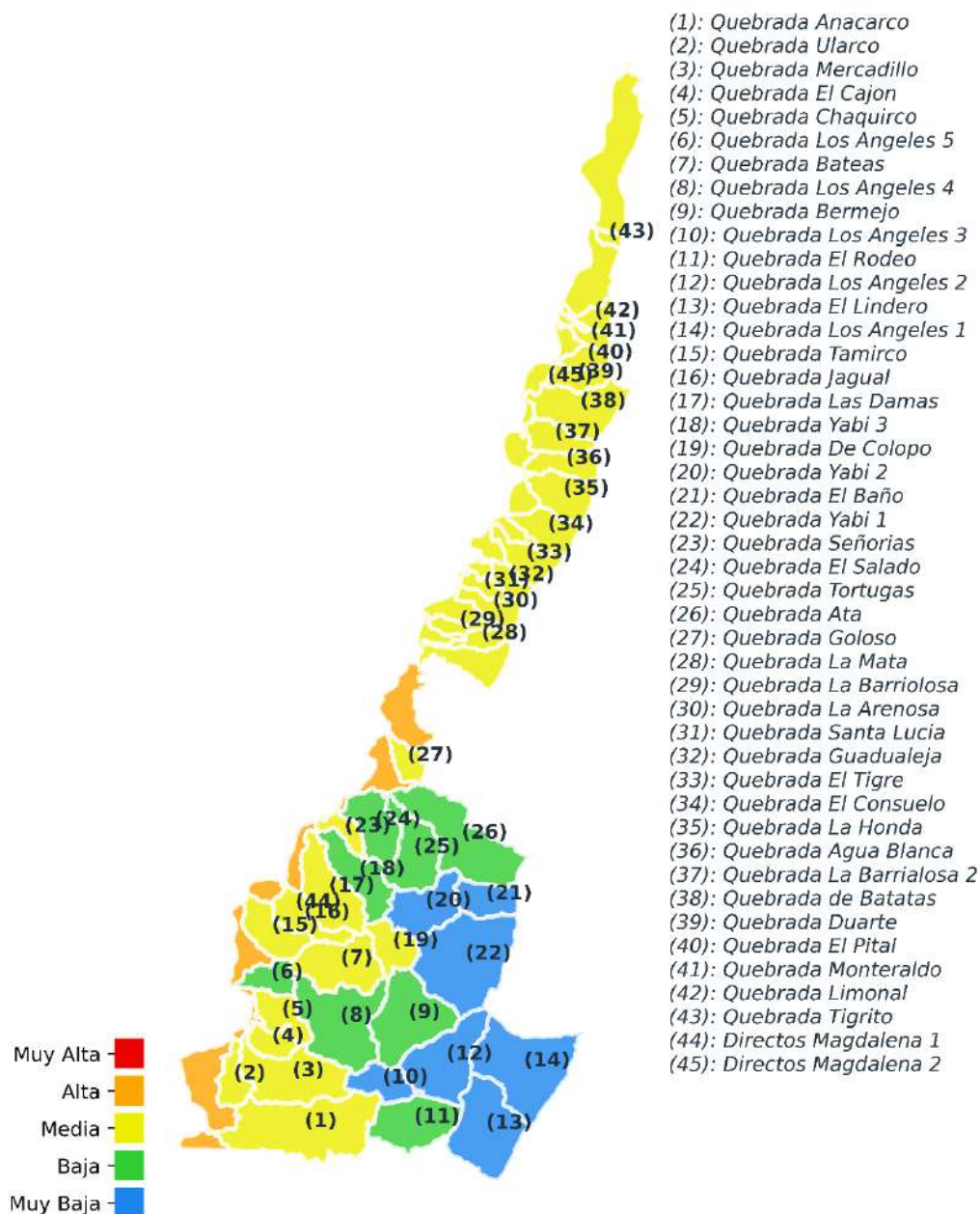


Figura 108. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Quebrada Anacarco	Baja	Bajo	Media
Quebrada Ularco	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Mercadillo	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada El Cajon	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Chaquirco	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Los Angeles 5	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Bateas	Baja	Bajo	Media
Quebrada Los Angeles 4	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Bermejo	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Los Angeles 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada El Rodeo	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Los Angeles 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada El Lindero	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Los Angeles 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Tamirco	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Jagual	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Las Damas	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Yabi 3	Alta	Bajo	Baja
Quebrada De Colopo	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Yabi 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada El Baño	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Yabi 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Señorias	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada El Salado	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Tortugas	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Ata	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Goloso	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada La Mata	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada La Barriolosa	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada La Arenosa	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Santa Lucia	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Guadualeja	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada El Tigre	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada El Consuelo	Baja	Bajo	Media
Quebrada La Honda	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Agua Blanca	Baja	Bajo	Media
Quebrada La Barriolosa 2	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada de Batatas	Baja	Bajo	Media
Quebrada Duarte	Baja	Bajo	Media
Quebrada El Pital	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Monteraldo	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Limonal	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Tigrito	Baja	Muy Bajo	Media
Directos Magdalena 1	Baja	Alto	Alta
Directos Magdalena 2	Baja	Bajo	Media

Tabla 61. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

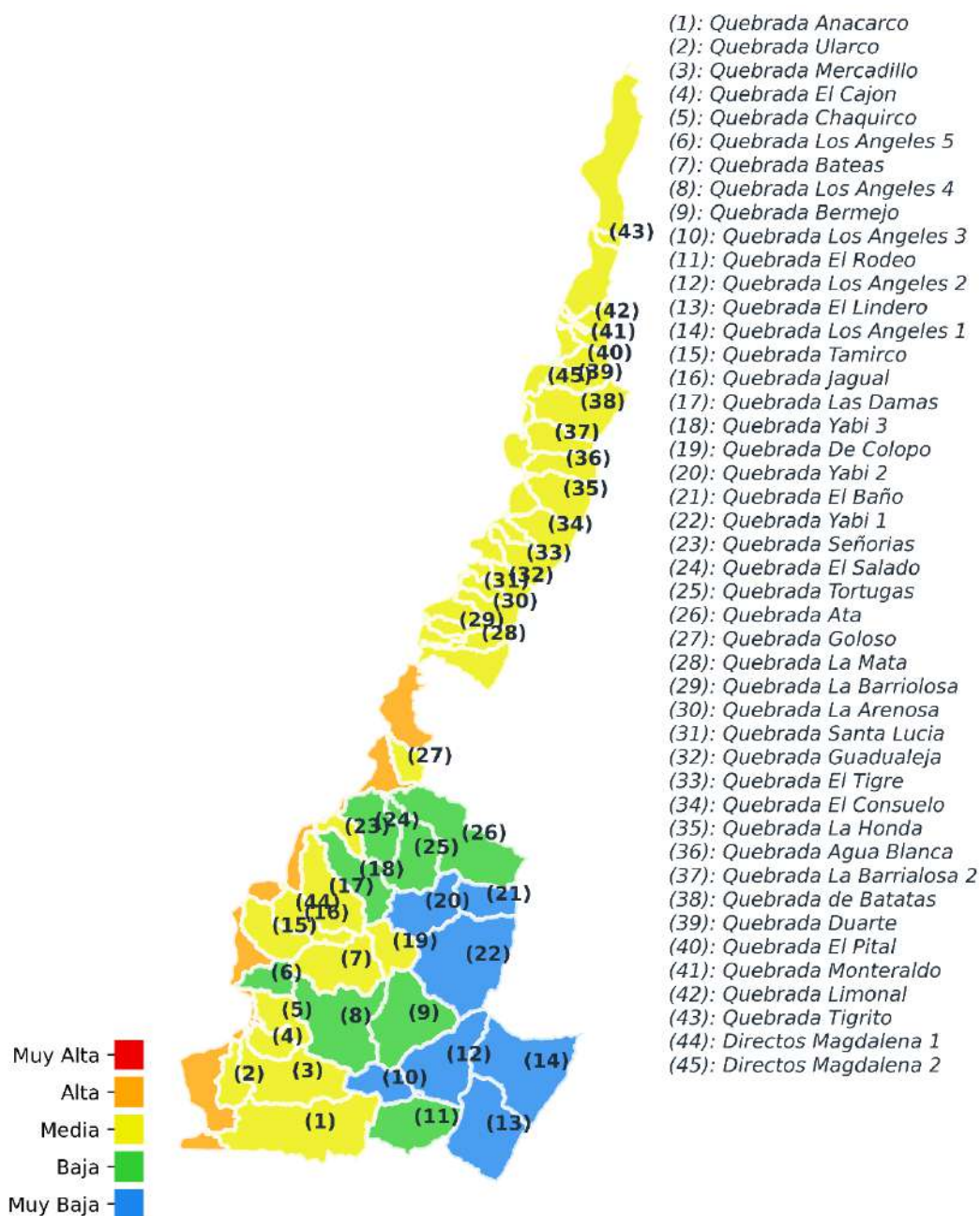


Figura 109. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Quebrada Anacarco	Baja	Bajo	Media
Quebrada Ularco	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Mercadillo	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada El Cajon	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Chaquirco	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Los Angeles 5	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Bateas	Baja	Bajo	Media
Quebrada Los Angeles 4	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Bermejo	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Los Angeles 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada El Rodeo	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Los Angeles 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada El Lindero	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Los Angeles 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Tamirco	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Jagual	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Las Damas	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Yabi 3	Alta	Bajo	Baja
Quebrada De Colopo	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Yabi 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada El Baño	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Yabi 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Señorías	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada El Salado	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Tortugas	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Ata	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Goloso	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada La Mata	Baja	Bajo	Media
Quebrada La Barriolosa	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada La Arenosa	Baja	Bajo	Media
Quebrada Santa Lucia	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Guadualeja	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada El Tigre	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada El Consuelo	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada La Honda	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Agua Blanca	Baja	Bajo	Media
Quebrada La Barriolosa 2	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada de Batatas	Baja	Bajo	Media
Quebrada Duarte	Baja	Bajo	Media
Quebrada El Pital	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Monteraldo	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Limonal	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Tigrito	Baja	Muy Bajo	Media
Directos Magdalena 1	Baja	Alto	Alta
Directos Magdalena 2	Baja	Bajo	Media

Tabla 62. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

5.1.4. IVH en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

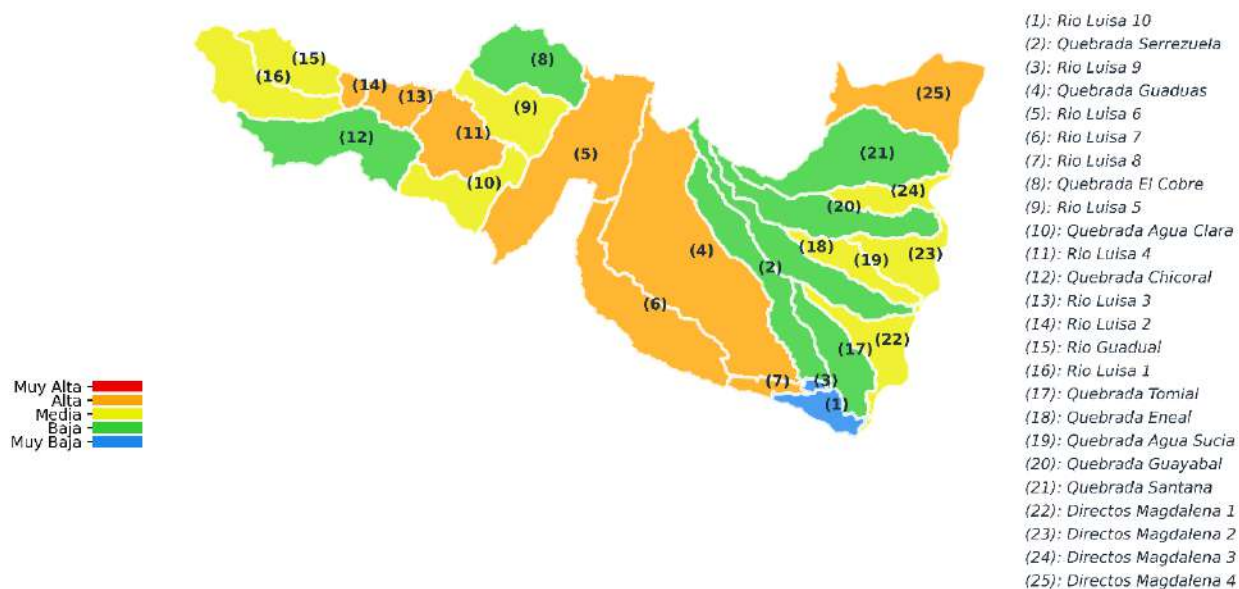


Figura 110. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Luisa y otros directos a Magdalena

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Río Luisa 10	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Serrezuela	Moderada	Muy Bajo	Baja
Río Luisa 9	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Guaduas	Moderada	Muy Alto	Alta
Río Luisa 6	Moderada	Muy Alto	Alta
Río Luisa 7	Moderada	Alto	Alta
Río Luisa 8	Moderada	Muy Alto	Alta
Quebrada El Cobre	Moderada	Bajo	Baja
Río Luisa 5	Moderada	Moderado	Media
Quebrada Agua Clara	Alta	Moderado	Media
Río Luisa 4	Moderada	Muy Alto	Alta
Quebrada Chicoral	Moderada	Bajo	Baja
Río Luisa 3	Moderada	Muy Alto	Alta
Río Luisa 2	Baja	Muy Alto	Alta
Río Guadual	Baja	Muy Bajo	Media
Río Luisa 1	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Tomial	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Eneal	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Agua Sucia	Moderada	Moderado	Media
Quebrada Guayabal	Moderada	Muy Bajo	Baja

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Quebrada Santana	Moderada	Muy Bajo	Baja
Directos Magdalena 1	Baja	Muy Bajo	Media
Directos Magdalena 2	Baja	Bajo	Media
Directos Magdalena 3	Baja	Bajo	Media
Directos Magdalena 4	Baja	Alto	Alta

Tabla 63. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Luisa y otros directos a Magdalena

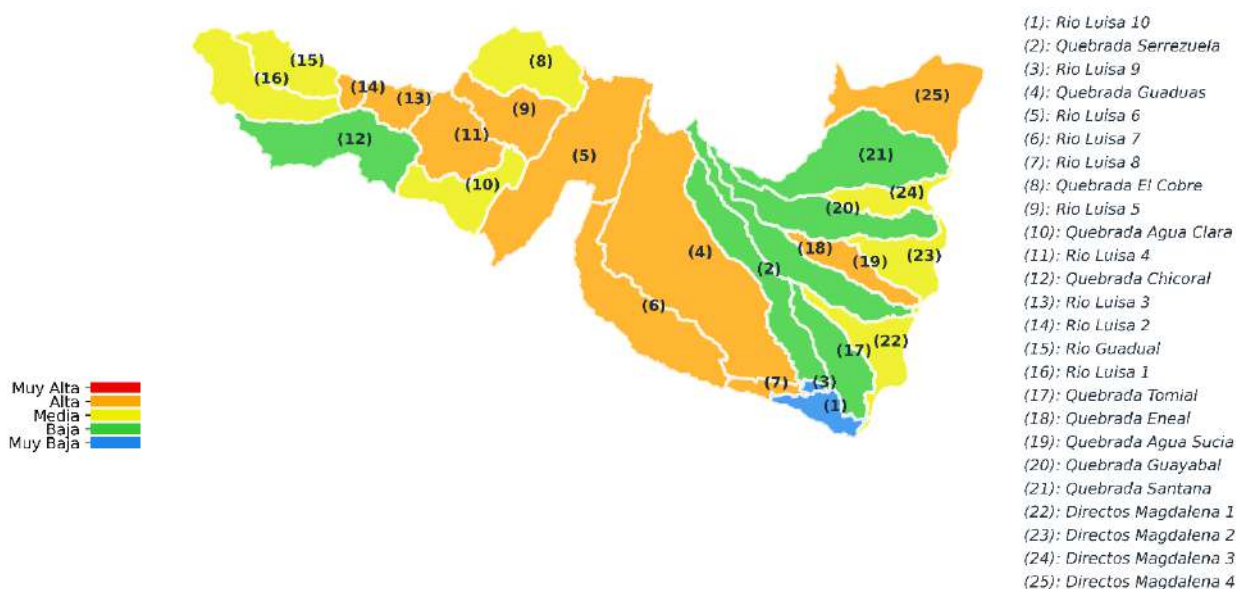


Figura 111. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Luisa y otros directos a Magdalena

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Río Luisa 10	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Serrezuela	Moderada	Muy Bajo	Baja
Río Luisa 9	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Guaduas	Moderada	Muy Alto	Alta
Río Luisa 6	Moderada	Muy Alto	Alta
Río Luisa 7	Moderada	Alto	Alta
Río Luisa 8	Moderada	Muy Alto	Alta
Quebrada El Cobre	Moderada	Moderado	Media

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Luisa 5	Moderada	Alto	Alta
Quebrada Agua Clara	Alta	Alto	Media
Rio Luisa 4	Moderada	Muy Alto	Alta
Quebrada Chicoral	Moderada	Bajo	Baja
Rio Luisa 3	Moderada	Muy Alto	Alta
Rio Luisa 2	Baja	Muy Alto	Alta
Rio Guadual	Baja	Muy Bajo	Media
Rio Luisa 1	Baja	Muy Bajo	Media
Quebrada Tomial	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Eneal	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Agua Sucia	Moderada	Alto	Alta
Quebrada Guayabal	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Santana	Moderada	Muy Bajo	Baja
Directos Magdalena 1	Baja	Muy Bajo	Media
Directos Magdalena 2	Baja	Bajo	Media
Directos Magdalena 3	Baja	Bajo	Media
Directos Magdalena 4	Baja	Moderado	Alta

Tabla 64. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Luisa y otros directos a Magdalena

5.1.5. IVH en la subzona hidrográfica del río Prado

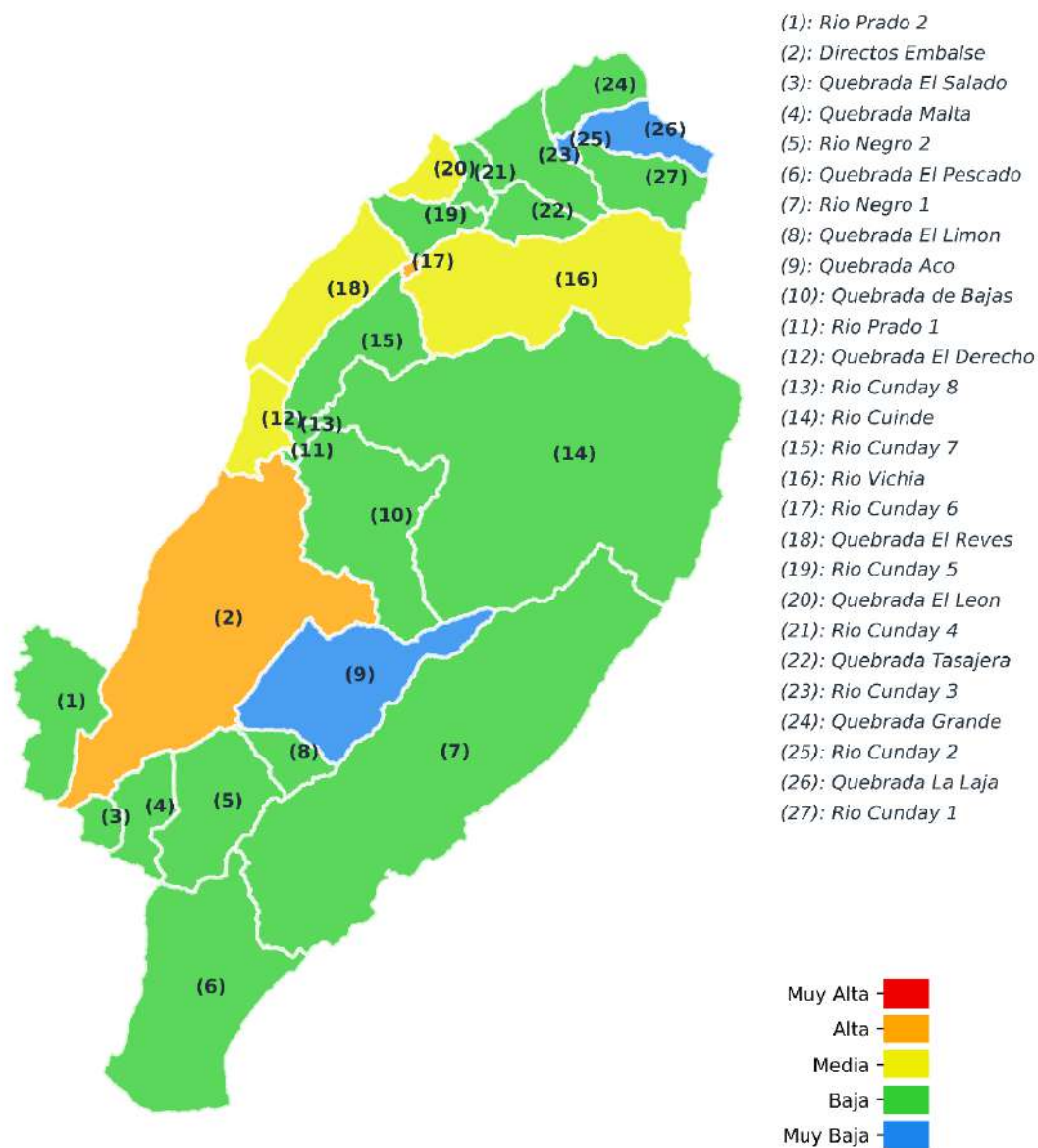


Figura 112. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Prado

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Río Prado 2	Moderada	Bajo	Baja
Directos Embalse	Moderada	Muy Alto	Alta
Quebrada El Salado	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Malta	Moderada	Muy Bajo	Baja
Río Negro 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada El Pescado	Moderada	Muy Bajo	Baja

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Negro 1	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada El Limon	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Aco	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada de Bajas	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Prado 1	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada El Derecho	Baja	Muy Bajo	Media
Rio Cunday 8	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Cuinde	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Cunday 7	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Vichia	Baja	Muy Bajo	Media
Rio Cunday 6	Moderada	Muy Alto	Alta
Quebrada El Reves	Baja	Muy Bajo	Media
Rio Cunday 5	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada El Leon	Baja	Bajo	Media
Rio Cunday 4	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Tasajera	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Cunday 3	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Grande	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Cunday 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada La Laja	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cunday 1	Alta	Bajo	Baja

Tabla 65. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Prado

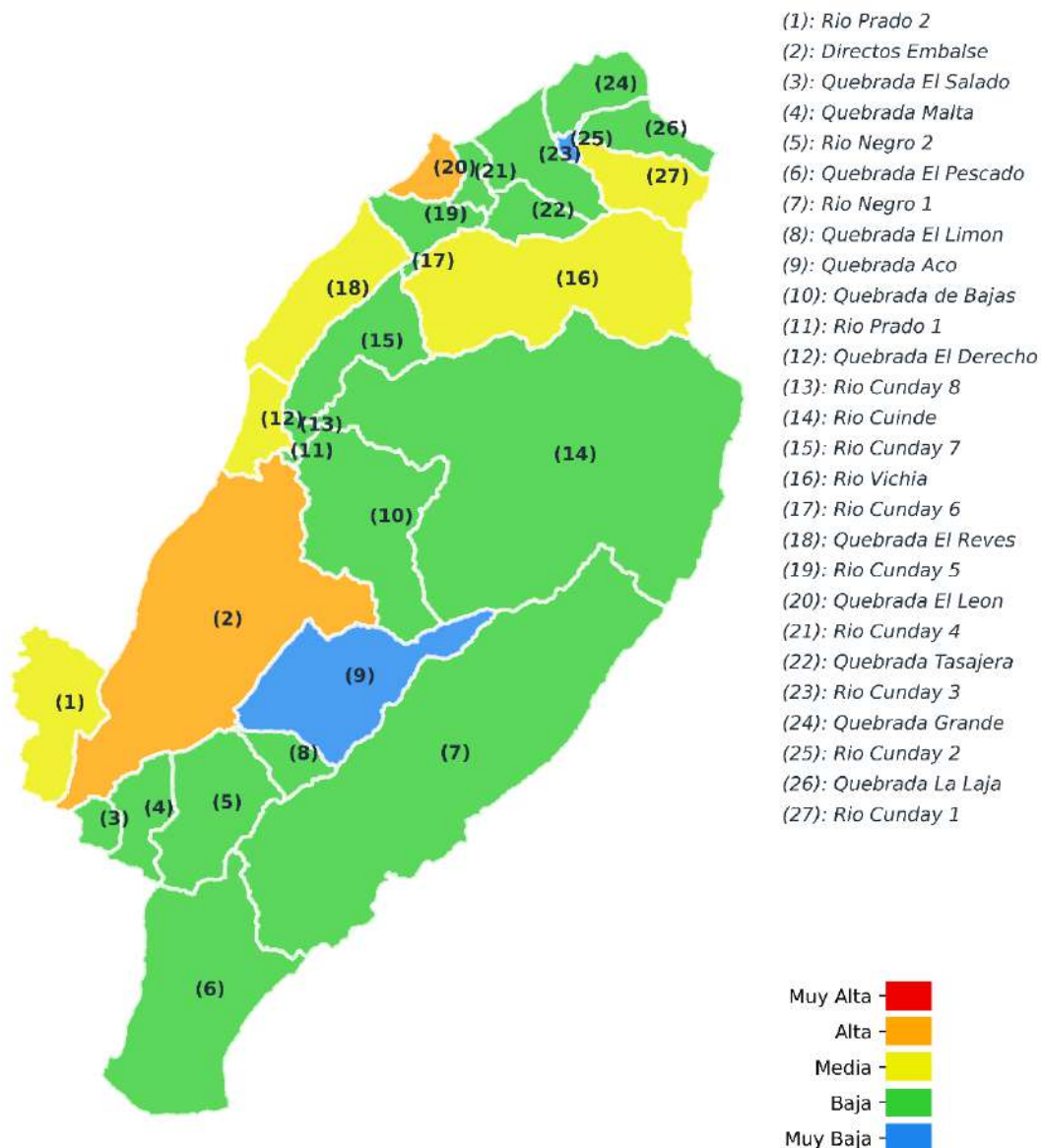


Figura 113. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Prado

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Río Prado 2	Moderada	Moderado	Media
Directos Embalse	Moderada	Muy Alto	Alta
Quebrada El Salado	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Malta	Moderada	Muy Bajo	Baja
Río Negro 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada El Pescado	Moderada	Muy Bajo	Baja
Río Negro 1	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada El Limón	Moderada	Muy Bajo	Baja

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Quebrada Aco	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada de Bajas	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Prado 1	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada El Derecho	Baja	Muy Bajo	Media
Rio Cunday 8	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Cuinde	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Cunday 7	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Vichia	Baja	Bajo	Media
Rio Cunday 6	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada El Reves	Baja	Muy Bajo	Media
Rio Cunday 5	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada El Leon	Baja	Moderado	Alta
Rio Cunday 4	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Tasajera	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Cunday 3	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Grande	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Cunday 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada La Laja	Alta	Bajo	Baja
Rio Cunday 1	Alta	Moderado	Media

Tabla 66. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Prado

5.1.6. IVH en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

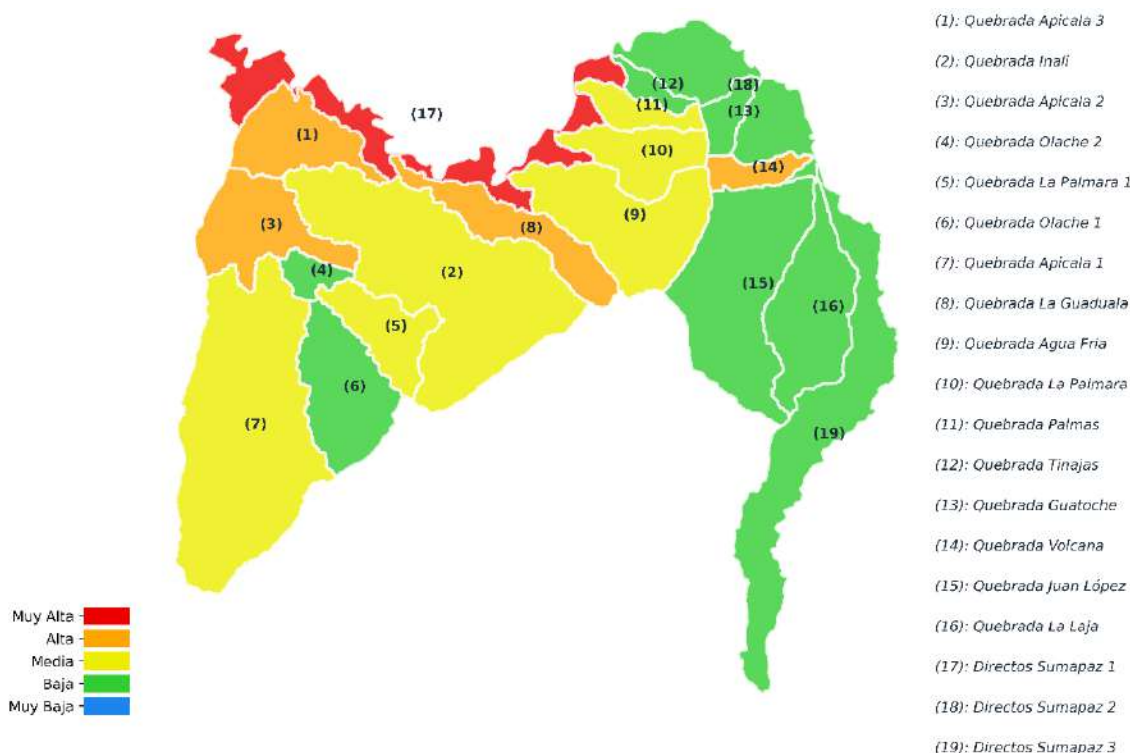


Figura 114. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Sumapaz

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Quebrada Apicala 3	Moderada	Muy Alto	Alta
Quebrada Inali	Moderada	Moderado	Media
Quebrada Apicala 2	Baja	Alto	Alta
Quebrada Olache 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada La Palmara 1	Baja	Bajo	Media
Quebrada Olache 1	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Apicala 1	Baja	Bajo	Media
Quebrada La Guaduala	Baja	Alto	Alta
Quebrada Agua Fria	Baja	Bajo	Media
Quebrada La Palmara	Moderada	Moderado	Media
Quebrada Palmas	Moderada	Moderado	Media
Quebrada Tinajas	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Guatoche	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Volcana	Baja	Moderado	Alta
Quebrada Juan López	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada La Laja	Moderada	Bajo	Baja
Directos Sumapaz 1	Muy Baja	Muy Alto	Muy Alta
Directos Sumapaz 2	Moderada	Bajo	Baja
Directos Sumapaz 3	Moderada	Muy Bajo	Baja

Tabla 67. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Sumapaz

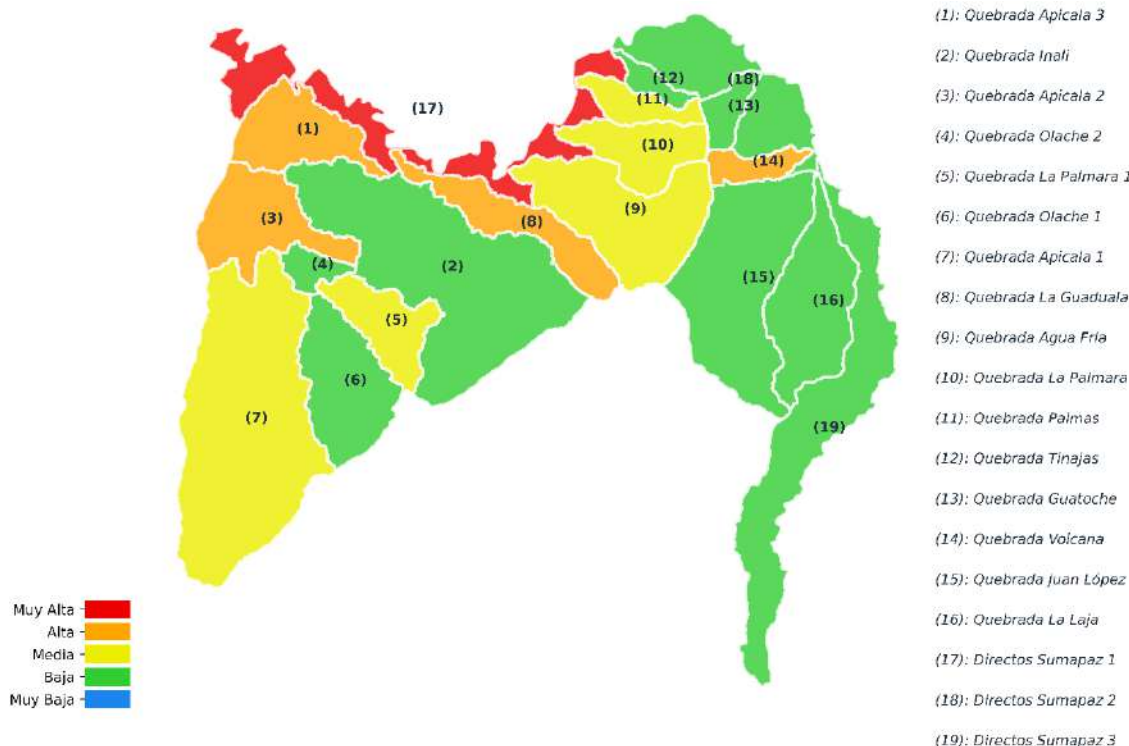


Figura 115. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Sumapaz

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Quebrada Apicala 3	Moderada	Muy Alto	Alta
Quebrada Inali	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Apicala 2	Baja	Alto	Alta
Quebrada Olache 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada La Palmara 1	Baja	Bajo	Media
Quebrada Olache 1	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Apicala 1	Baja	Bajo	Media
Quebrada La Guaduala	Baja	Alto	Alta
Quebrada Agua Fria	Baja	Bajo	Media
Quebrada La Palmara	Moderada	Moderado	Media
Quebrada Palmas	Moderada	Moderado	Media
Quebrada Tinajas	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Guatoche	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada Volcana	Baja	Moderado	Alta
Quebrada Juan López	Moderada	Bajo	Baja
Quebrada La Laja	Moderada	Bajo	Baja
Directos Sumapaz 1	Muy Baja	Muy Alto	Muy Alta
Directos Sumapaz 2	Moderada	Bajo	Baja
Directos Sumapaz 3	Moderada	Muy Bajo	Baja

Tabla 68. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Sumapaz

5.1.7. IVH en la subzona hidrográfica del río Tetúan y Ortega

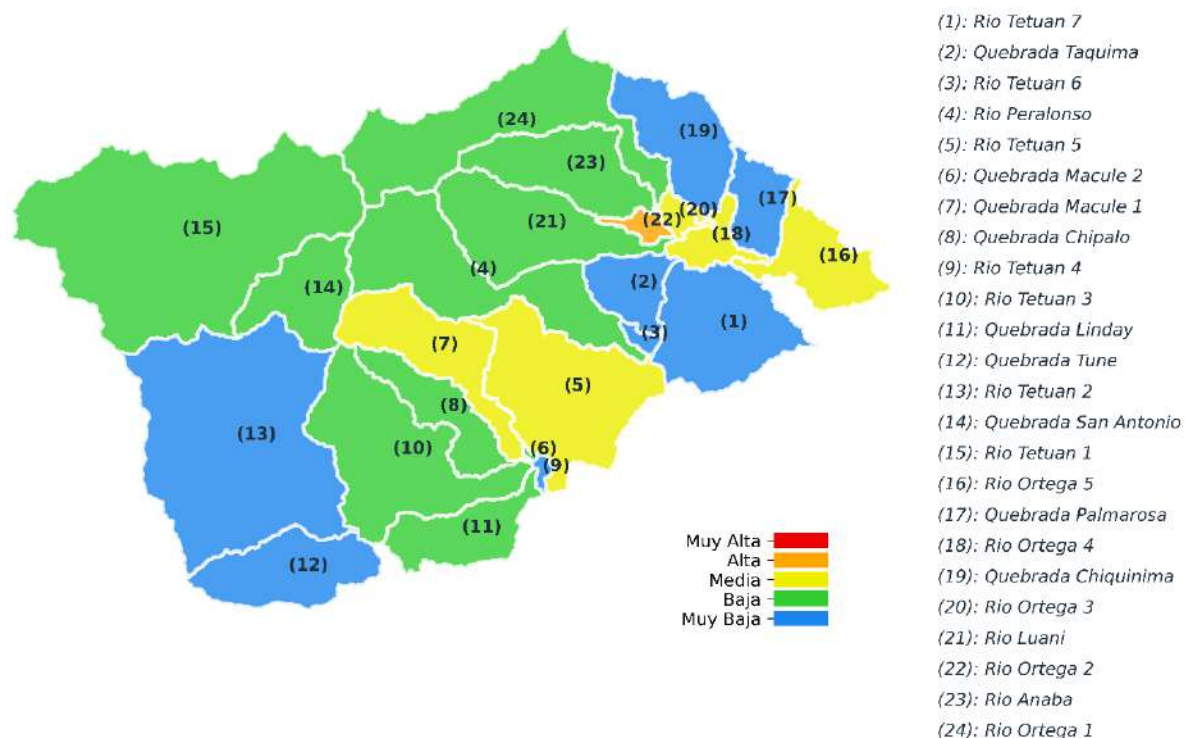


Figura 116. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Tetúan y Ortega

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Río Tetuan 7	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Taquima	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Río Tetuan 6	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Río Peralonso	Moderada	Muy Bajo	Baja
Río Tetuan 5	Alta	Alto	Media
Quebrada Macule 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Macule 1	Moderada	Moderado	Media
Quebrada Chipalo	Moderada	Bajo	Baja
Río Tetuan 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Río Tetuan 3	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Linday	Muy Alta	Bajo	Baja
Quebrada Tune	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Río Tetuan 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada San Antonio	Moderada	Muy Bajo	Baja
Río Tetuan 1	Alta	Bajo	Baja
Río Ortega 5	Alta	Muy Alto	Media
Quebrada Palmarosa	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Ortega 4	Alta	Muy Alto	Media
Quebrada Chiquinima	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ortega 3	Alta	Moderado	Media
Rio Luani	Alta	Bajo	Baja
Rio Ortega 2	Moderada	Alto	Alta
Rio Anaba	Alta	Bajo	Baja
Rio Ortega 1	Moderada	Muy Bajo	Baja

Tabla 69. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Tetúan y Ortega

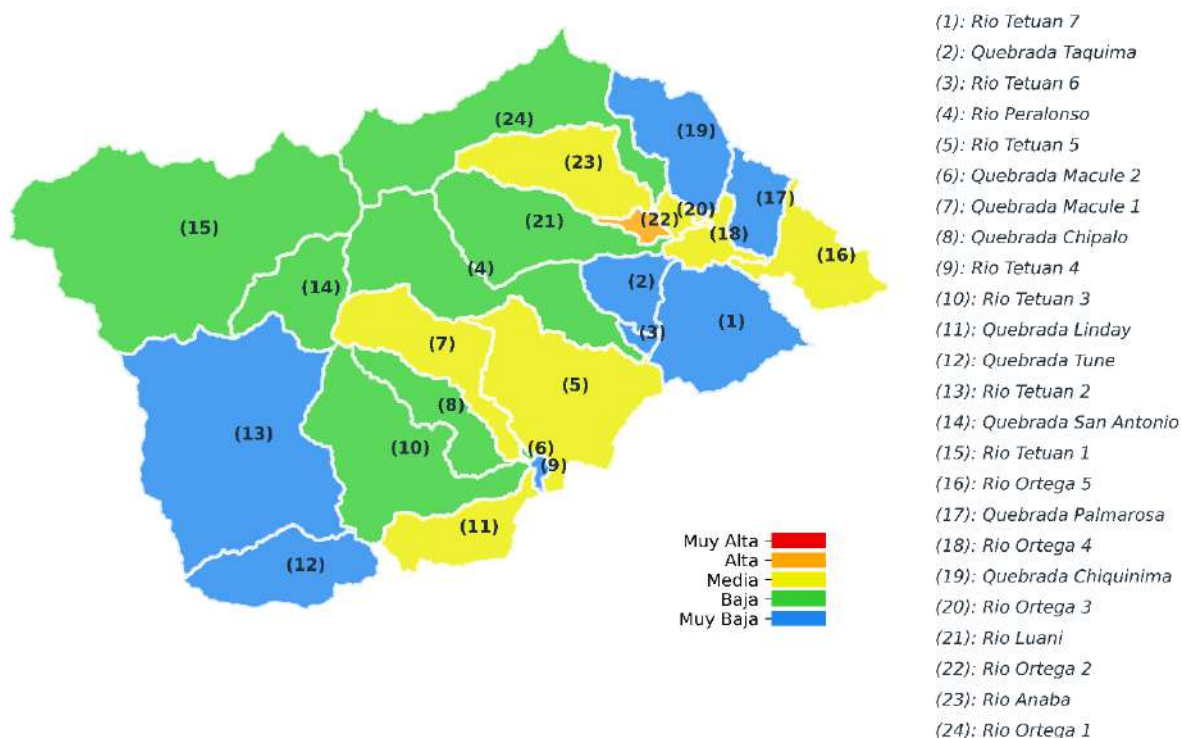


Figura 117. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Tetúan y Ortega

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Tetuan 7	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Taquima	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Tetuan 6	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Peralonso	Moderada	Bajo	Baja
Rio Tetuan 5	Alta	Muy Alto	Media
Quebrada Macule 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Macule 1	Moderada	Moderado	Media
Quebrada Chipalo	Moderada	Bajo	Baja

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Tetuan 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Tetuan 3	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Linday	Muy Alta	Moderado	Media
Quebrada Tune	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Tetuan 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada San Antonio	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Tetuan 1	Alta	Bajo	Baja
Rio Ortega 5	Alta	Muy Alto	Media
Quebrada Palmarosa	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ortega 4	Alta	Muy Alto	Media
Quebrada Chiquinima	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ortega 3	Alta	Alto	Media
Rio Luani	Alta	Bajo	Baja
Rio Ortega 2	Moderada	Muy Alto	Alta
Rio Anaba	Alta	Moderado	Media
Rio Ortega 1	Moderada	Muy Bajo	Baja

Tabla 70. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Tetúan y Ortega

5.2. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales (IVET)

El índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET) se calculó a través de la relación entre el índice morfométrico de torrencialidad y el índice de variabilidad de los caudales, cuya clasificación se presenta en la Tabla 71.

Tabla 71. Categorías del índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales. (Fuente: IDEAM, 2013)

Categoría índice de variabilidad de caudales	Categoría del índice morfométrico de torrencialidad				
	Muy baja	baja	Media	Alta	Muy alta
Muy baja	Muy baja	Muy baja	Media	Alta	Alta
Baja	Baja	Media	Media	Alta	Muy alta
Media	Baja	Media	Alta	Alta	Muy alta
Alta	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
Muy alta	Media	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta

El índice de variabilidad se definió a partir de la curva de duración de caudales (CDC), en el caso de la ERA se emplearon las series de caudales medios diarios. El valor del índice se obtiene como la pendiente de la CDC entre dos caudales característicos representativos de caudales extremos (mínimos y máximos) a través de la siguiente expresión:

$$IV = \frac{\log(Q_i) - \log(Q_f)}{\log(t_i) - \log(t_f)}$$

En la Evaluación Regional del Agua Q_i y Q_f se definen como los caudales característicos Q5 y Q95, ya que estos valores son indicativos de la frecuencia de valores extremos de caudal, t_i y t_f son el respectivo porcentaje del tiempo en el que es excedido el respectivo caudal característico. La Tabla 72 presenta la clasificación del índice de variabilidad de los caudales.

Tabla 72. Clasificación del índice de vulnerabilidad torrencial por variabilidad de caudales

Índice de Variabilidad (Grados)	Categoría	Vulnerabilidad
<10		Muy baja
10.1 - 37		Baja
37.1 - 47		Media
47.1 - 55		Alta
>55		Muy Alta

El índice morfométrico de torrencialidad se calculó a partir del coeficiente de compacidad, la pendiente media de la cuenca y la densidad de drenaje de acuerdo con la metodología presentada a continuación: inicialmente se establecieron las categorías para cada parámetro morfométrico a través de la aplicación de los criterios presentados en la Tabla 73. Y posteriormente, se calculó el índice morfométrico mediante la aplicación de la Tabla 74.

Tabla 73. Criterios para categorizar el índice morfométrico

Parámetro morfométrico	Escala	Área de la cuenca de drenaje (km ²)	Categorías				
			1	2	3	4	5
Densidad de drenaje (km/km ²)	1:10.000	<15	<1.5	1.51-2.00	2.01-2.50	2.51-3.00	>3
	1:25.000	16 a 50	<1.20	1.21-1.80	1.81-2.00	2.01-2.50	>2.5
	1:100.000	>50	>1.00	1.01-1.50	1.51-2.00	2.01-2.50	>2.5
Pendiente media de la cuenca (%)	1:10.000	<15	<20	21-35	36-50	51-75	>75
	1:100.000	>15	<15	16-30	30-45	46-65	>65
Coeficiente de compacidad			>1.5	1.375-1.500	1.251-1.375	1.126-1.250	1.00-1.125

Tabla 74. Matriz de clasificación del índice morfométrico (fuente: IDEAM, 2013)

		Pendiente media de la cuenca					
		1	2	3	4	5	
Densidad de drenaje	1	111	121	131	141	151	1
		112	122	132	142	152	2
		113	123	133	143	153	3
		114	124	134	144	154	4
		115	125	135	145	155	5
	2	211	221	231	241	251	1
		212	222	232	242	252	2
		213	223	233	243	253	3
		214	224	234	244	254	4
		215	225	235	245	255	5
	3	311	321	331	341	351	1
		312	322	332	342	352	2
		313	323	333	343	353	3
		314	324	334	344	354	4
		315	325	335	345	355	5
	4	411	421	431	441	451	1
		412	422	432	442	452	2
		413	423	433	443	453	3
		414	424	434	444	454	4
		415	425	435	445	455	5
	5	511	521	531	541	551	1
		512	522	532	542	552	2
		513	523	533	543	553	3
		514	524	534	544	554	4
		515	525	535	545	555	5

■ Muy alta ■ Baja ■ Muy baja
■ Alta ■ Moderada

El IVET resulta del cruce entre la categoría del índice morfométrico de torrencialidad y la categoría del índice de variabilidad de los caudales, conforme a la matriz definida por el IDEAM (2013). Las categorías Alta, Muy Alta y Media identifican unidades de análisis donde, por sus características morfométricas y/o por su régimen de caudales, existe mayor susceptibilidad frente a la ocurrencia de eventos torrenciales (crecientes súbitas, avenidas torrenciales o flujos de detritos).

La subzona hidrográfica del río Cabrera comprende 21 unidades de análisis, de las cuales 18 (86 %) presentan vulnerabilidad **Alta** frente a eventos torrenciales y las 3 restantes (14 %) se clasifican en categoría **Media**. No se identifican unidades en categorías Baja ni Muy Alta, lo que evidencia un nivel de susceptibilidad generalizado en la subzona. Dentro de las unidades con IVET Alta se observan combinaciones diversas: algunas con índice morfométrico Alta y variabilidad Baja (como Quebrada Alpujarrita, Quebrada San Pedro, Quebrada El Chorro, Quebrada Corama, Quebrada La Montaña y Directos Cabrera), donde la torrencialidad se asocia principalmente a las características morfométricas de la cuenca; otras con morfometría Moderada y variabilidad Media o Muy Alta (como Quebrada Doche 4, Quebrada Doche 3, Quebrada Doche 2, Quebrada Las Pavas, Quebrada San Si Puedes, Quebrada La Honda y Directos Riachon), donde la variabilidad de caudales contribuye de manera significativa al resultado; y algunas con morfometría Baja pero variabilidad Muy Alta (Quebrada Garrapata, Quebrada Doche 1 y Quebrada Las Lajas), en las cuales el régimen hidrológico marcadamente variable explica la clasificación Alta. La categoría **Media** corresponde exclusivamente a las quebradas El Borrachero, Rodada y Guamito, todas con morfometría Moderada y variabilidad Baja, lo que indica una condición intermedia menos crítica que el resto de la subzona (Tabla 75 y Figura 118).

La subzona hidrográfica del río Cucuana agrupa 35 unidades de análisis, distribuidas entre las categorías **Media** (22 unidades, 63 %) y **Alta** (13 unidades, 37 %). No se presentan unidades en las categorías extremas Muy Alta, Baja o Muy Baja. Las unidades con IVET **Alta** se concentran en sectores con morfometría Alta y variabilidad Baja (Rio Chili 3, Rio Cucuana 8, Rio Cucuana 5, Rio Cucuana 4, Rio San Marcos 2, Rio Cucuana 3 y Rio Perrillo) y en algunas unidades con morfometría Moderada o Alta combinada con variabilidad Media (Rio Manso, Rio Tuamo 1, Quebrada Grande, Rio Chili 2, Rio Chili 1 y Quebrada El Cedral), correspondientes en su mayoría a los tramos medios y bajos del sistema Cucuana-Chili. La categoría **Media** agrupa unidades con morfometría Baja o Moderada y variabilidad Baja, entre las que se encuentran los tramos altos del río Cucuana (Rio Cucuana 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 6, 2 y 1), tributarios como Quebrada Chicumbe, Quebrada La Pava, Quebrada Chipalo, Quebrada Guavio, Quebrada Molina, Rio Chili 4, Rio Tuamo, Rio Crisol, Quebrada Guadualito, Quebrada Aguas Claras y Rio Cucuanita. En conjunto, esta subzona muestra un patrón espacial en el que la vulnerabilidad

aumenta hacia los sectores donde la morfometría se hace más torrencial (Tabla 76 y Figura 119).

La subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz comprende 45 unidades de análisis y es la que presenta los niveles más críticos de vulnerabilidad a eventos torrenciales del área evaluada. De estas, 2 unidades (4 %) se clasifican en categoría **Muy Alta** (Quebrada La Honda y Quebrada Monteraldo, ambas con morfometría Alta y variabilidad Muy Alta), 39 unidades (87 %) en categoría **Alta** y solo 4 unidades (9 %) en categoría **Media**. Dentro de la categoría Alta predomina la combinación de morfometría Moderada con variabilidad Muy Alta, observada en numerosas quebradas como Anacarco, Mercadillo, El Cajón, Chaquirco, Bateas, Tamirco, Las Damas, Goloso, La Mata, La Barriolosa, La Arenosa, Santa Lucía, Guadualeja, El Tigre, El Consuelo, La Barriolosa 2, de Batatas, El Pital, Limonal, así como en los Directos Magdalena 1 y Directos Magdalena 2. También se incluyen unidades con morfometría Baja y variabilidad Muy Alta (Ularco, Jagual, De Colopo, Señorías, Agua Blanca, Duarte y Tigrito) y unidades con morfometría Alta combinada con variabilidad Baja o Media (Los Ángeles 5, Los Ángeles 4, Los Ángeles 2, Los Ángeles 1, El Rodeo, El Lindero, Yabi 1, El Salado, Tortugas, Ata y Bermejo). Las unidades con IVET **Media** (Quebrada Los Ángeles 3, Quebrada Yabi 3, Quebrada Yabi 2 y Quebrada El Baño) presentan morfometría Moderada y variabilidad Baja, configurando las condiciones menos torrenciales de la subzona. La elevada variabilidad de caudales que caracteriza a la mayoría de estas unidades constituye el principal factor explicativo del comportamiento (Tabla 77 y Figura 120).

La subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos al Magdalena incluye 25 unidades de análisis. De estas, 1 unidad (4 %) se clasifica en categoría **Muy Alta**, correspondiente al Río Luisa 3 (morfometría Alta y variabilidad Alta); 16 unidades (64 %) en categoría **Alta** y 8 unidades (32 %) en categoría **Media**. Dentro de las unidades con IVET Alta se distinguen los tramos medios y bajos del río Luisa (Río Luisa 7, 6, 5, 4, 2 y 1), la Quebrada El Cobre, Quebrada Chicoral, Quebrada Tomial, Quebrada Agua Sucia, Quebrada Santana, el Río Guadual y los Directos Magdalena 1 a 4. En estas unidades predomina la morfometría Moderada con variabilidad Media, Alta o Muy Alta, condiciones que reflejan la transición hacia tramos de menor pendiente con régimen hidrológico más variable. Las unidades con IVET **Media** corresponden principalmente a los tramos altos del río Luisa (Río Luisa 10, Río Luisa 9 y Río Luisa 8) y a tributarios como Quebrada Serrezuela, Quebrada Guaduas, Quebrada Agua Clara, Quebrada Eneal y Quebrada Guayabal, las cuales presentan morfometría Baja o Moderada combinada con variabilidad Baja o Media. El Río Luisa 3 sobresale por ser la única unidad con vulnerabilidad Muy Alta y requiere atención especial dentro de los procesos de gestión del riesgo (Tabla 78 y Figura 121).

La subzona hidrográfica del río Prado comprende 27 unidades de análisis, de las cuales 3 (11 %) se clasifican en categoría **Muy Alta** (Quebrada El Derecho, Río Vichia y Quebrada El Reves, todas con morfometría Alta y variabilidad Muy Alta), 19 unidades (70 %) en categoría **Alta** y 5 unidades (19 %) en categoría **Media**. Las unidades con IVET **Alta** incluyen los tramos del Río Prado (Río Prado 2 y Río Prado 1), Directos Embalse, Quebrada Malta, Río Negro 2, Quebrada El Pescado, Río Negro 1, Quebrada El Limón, Quebrada Aco, Quebrada de Bajas, Río Cuinde, Río Cunday 7, Río Cunday 5, Quebrada El León, Quebrada Tasajera, Río Cunday 3, Quebrada Grande, Quebrada La Laja y Río Cunday 1. Predominan en este grupo combinaciones de morfometría Alta o Moderada con variabilidad Media, Alta o Muy Alta. La categoría **Media** corresponde a Quebrada El Salado, Río Cunday 8, Río Cunday 6, Río Cunday 4 y Río Cunday 2, donde la morfometría es Baja o Moderada y la variabilidad es Baja o Media. La concurrencia de las tres unidades con vulnerabilidad Muy Alta indica que en esta subzona existen condiciones particularmente críticas que justifican estudios específicos de amenaza por avenidas torrenciales (Tabla 79 y Figura 122).

La subzona hidrográfica del río Sumapaz cuenta con 19 unidades de análisis, de las cuales 18 (95 %) se clasifican en categoría **Alta** y únicamente 1 unidad (5 %) en categoría **Media** (Quebrada Olache 2, con morfometría Baja y variabilidad Media). Las unidades con IVET Alta presentan principalmente combinaciones de morfometría Moderada o Alta con variabilidad Media o Alta. Se destacan las quebradas Apícala 3, Apícala 2, Apícala 1, La Palmara 1, La Guaduala y los Directos Sumapaz 1 (esta última con variabilidad Muy Alta), así como las quebradas Inalí, Agua Fría, La Palmara, Palmas, Tinajas, Guatoche, Volcana, Juan López, La Laja, Olache 1 y los Directos Sumapaz 2 y 3, con variabilidad Media. Este comportamiento prácticamente generalizado en categoría Alta refleja la susceptibilidad estructural de la subzona frente a eventos torrenciales, lo que demanda priorizar acciones de gestión integral en la totalidad del territorio (Tabla 80 y Figura 123).

La subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega presenta el comportamiento menos crítico del área de estudio en términos de vulnerabilidad a eventos torrenciales. De las 24 unidades de análisis, 18 (75 %) se clasifican en categoría **Media** y las 6 restantes (25 %) en categoría **Alta**. No se presentan unidades en categorías Muy Alta, Baja ni Muy Baja. Las unidades con IVET Alta corresponden a Río Peralonso, Quebrada Macule 1, Quebrada Chipalo, Quebrada San Antonio, Río Ortega 3 y Río Ortega 1, todas con morfometría Moderada y variabilidad Media. Por su parte, las unidades en categoría **Media** incluyen los tramos del Río Tetuán (1 a 7), Quebrada Taquima, Quebrada Macule 2, Quebrada Linday, Quebrada Tune, los tramos Río Ortega 5, 4 y 2, Quebrada Palmarosa, Quebrada Chiquinima, Río Luani y Río Anaba, caracterizados por morfometría Baja o Moderada y variabilidad Baja, condiciones que reducen el potencial torrencial de las unidades. Este

patrón refleja un sistema con menor pendiente y régimen de caudales más estable, en contraste con las subzonas vecinas (Tabla 81 y Figura 124).

5.2.1. IVET en la subzona hidrográfica del río Cabrera

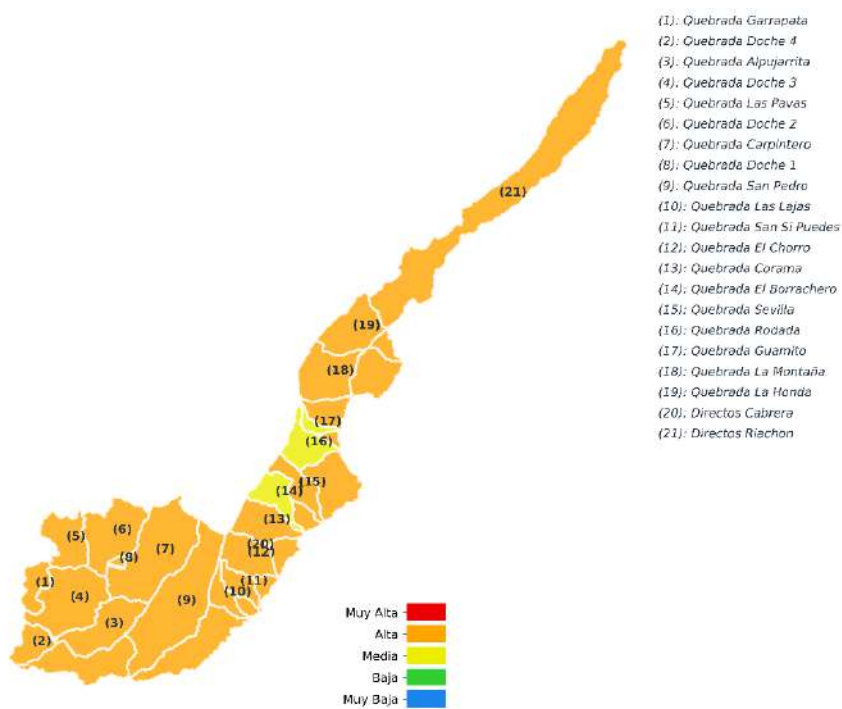


Figura 118. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Cabrera

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Quebrada Garrapata	Baja	Muy Alta	Alta
Quebrada Doche 4	Moderada	Media	Alta
Quebrada Alpujarrita	Alta	Baja	Alta
Quebrada Doche 3	Moderada	Media	Alta
Quebrada Las Pavas	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Doche 2	Moderada	Media	Alta
Quebrada Carpintero	Alta	Media	Alta
Quebrada Doche 1	Baja	Muy Alta	Alta
Quebrada San Pedro	Alta	Baja	Alta
Quebrada Las Lajas	Baja	Muy Alta	Alta
Quebrada San Si Puedes	Moderada	Media	Alta
Quebrada El Chorro	Alta	Baja	Alta
Quebrada Corama	Alta	Baja	Alta
Quebrada El Borrachero	Moderada	Baja	Media
Quebrada Sevilla	Alta	Media	Alta
Quebrada Rodada	Moderada	Baja	Media
Quebrada Guamito	Moderada	Baja	Media
Quebrada La Montaña	Alta	Baja	Alta
Quebrada La Honda	Moderada	Media	Alta
Directos Cabrera	Alta	Baja	Alta
Directos Riachon	Moderada	Muy Alta	Alta

Tabla 75. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Cabrera

5.2.2. IVET en la subzona hidrográfica del río Cucuana

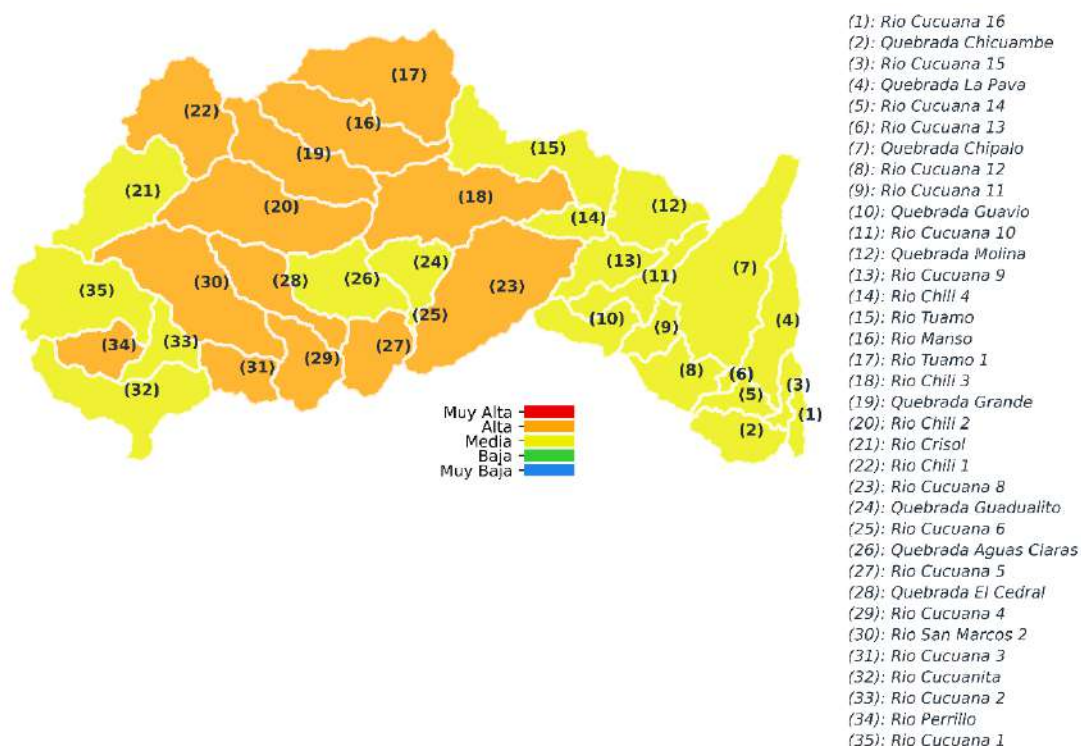


Figura 119. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Cucuana

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Río Cucuana 16	Baja	Baja	Media
Quebrada Chicumbe	Moderada	Baja	Media
Río Cucuana 15	Baja	Baja	Media
Quebrada La Pava	Moderada	Baja	Media
Río Cucuana 14	Moderada	Baja	Media
Río Cucuana 13	Baja	Baja	Media
Quebrada Chipalo	Moderada	Baja	Media
Río Cucuana 12	Moderada	Baja	Media
Río Cucuana 11	Moderada	Baja	Media
Quebrada Guavio	Moderada	Baja	Media
Río Cucuana 10	Moderada	Baja	Media
Quebrada Molina	Moderada	Baja	Media
Río Cucuana 9	Moderada	Baja	Media
Río Chili 4	Moderada	Baja	Media
Río Tuamo	Moderada	Baja	Media

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Rio Manso	Moderada	Media	Alta
Rio Tuamo 1	Moderada	Media	Alta
Rio Chili 3	Alta	Baja	Alta
Quebrada Grande	Moderada	Media	Alta
Rio Chili 2	Alta	Media	Alta
Rio Crisol	Moderada	Baja	Media
Rio Chili 1	Moderada	Media	Alta
Rio Cucuana 8	Alta	Baja	Alta
Quebrada Guadualito	Moderada	Baja	Media
Rio Cucuana 6	Moderada	Baja	Media
Quebrada Aguas Claras	Moderada	Baja	Media
Rio Cucuana 5	Alta	Baja	Alta
Quebrada El Cedral	Alta	Media	Alta
Rio Cucuana 4	Alta	Baja	Alta
Rio San Marcos 2	Alta	Baja	Alta
Rio Cucuana 3	Alta	Baja	Alta
Rio Cucuanita	Moderada	Baja	Media
Rio Cucuana 2	Moderada	Baja	Media
Rio Perrillo	Alta	Baja	Alta
Rio Cucuana 1	Moderada	Baja	Media

Tabla 76. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Cucuana

5.2.3. IVET en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

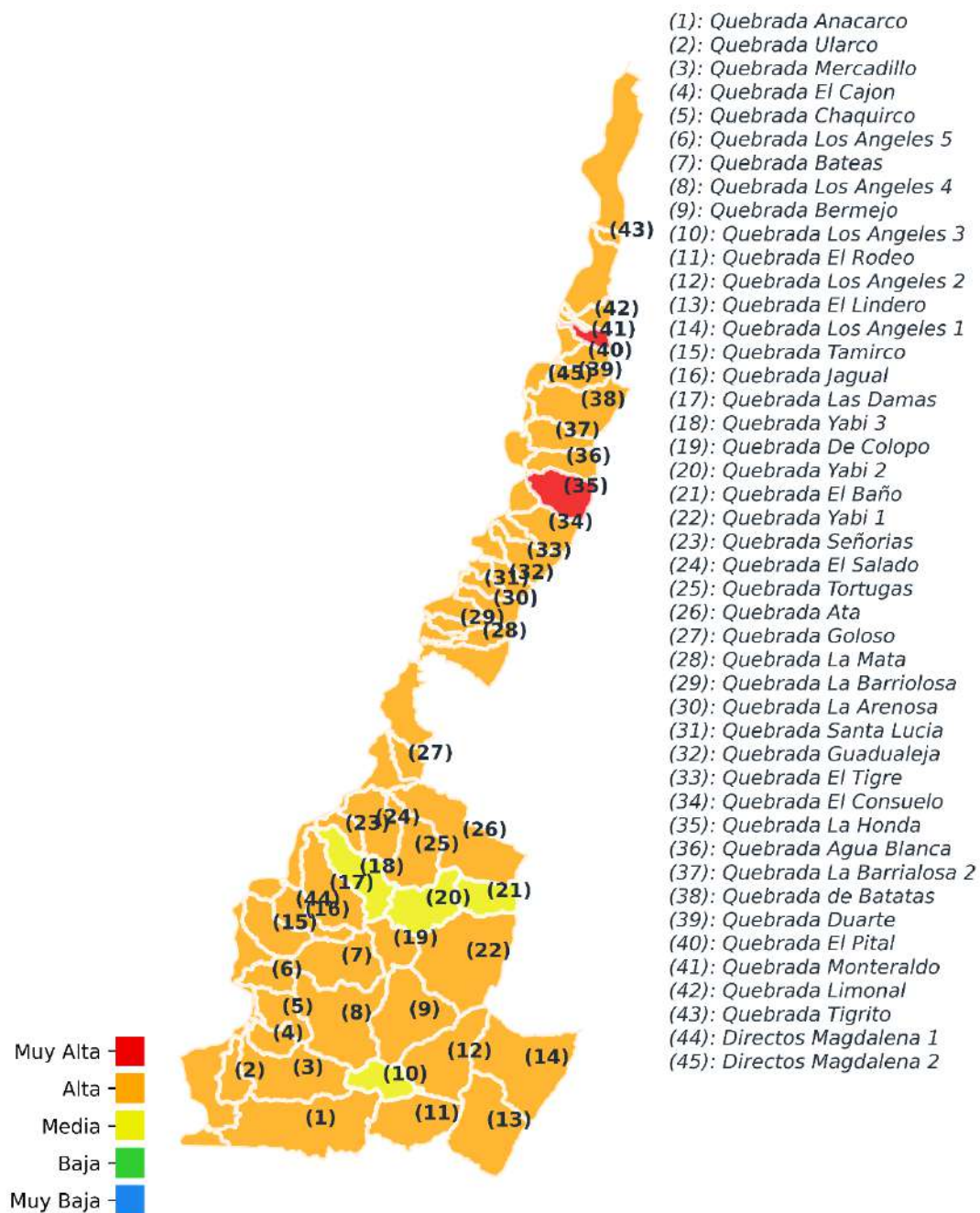


Figura 120. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Quebrada Anacarco	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Ularco	Baja	Muy Alta	Alta
Quebrada Mercadillo	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada El Cajon	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Chaquirco	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Los Angeles 5	Moderada	Media	Alta
Quebrada Bateas	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Los Angeles 4	Moderada	Media	Alta
Quebrada Bermejo	Moderada	Media	Alta
Quebrada Los Angeles 3	Moderada	Baja	Media
Quebrada El Rodeo	Alta	Media	Alta
Quebrada Los Angeles 2	Alta	Baja	Alta
Quebrada El Lindero	Alta	Baja	Alta
Quebrada Los Angeles 1	Alta	Baja	Alta
Quebrada Tamirco	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Jagual	Baja	Muy Alta	Alta
Quebrada Las Damas	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Yabi 3	Moderada	Baja	Media
Quebrada De Colopo	Baja	Muy Alta	Alta
Quebrada Yabi 2	Moderada	Baja	Media
Quebrada El Baño	Moderada	Baja	Media
Quebrada Yabi 1	Alta	Baja	Alta
Quebrada Señorías	Baja	Muy Alta	Alta
Quebrada El Salado	Moderada	Media	Alta
Quebrada Tortugas	Moderada	Media	Alta
Quebrada Ata	Moderada	Media	Alta
Quebrada Goloso	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada La Mata	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada La Barriolosa	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada La Arenosa	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Santa Lucia	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Guadualeja	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada El Tigre	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada El Consuelo	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada La Honda	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Quebrada Agua Blanca	Baja	Muy Alta	Alta
Quebrada La Barriolosa 2	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada de Batatas	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Duarte	Baja	Muy Alta	Alta
Quebrada El Pital	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Monteraldo	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Quebrada Limonal	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Tigrito	Baja	Muy Alta	Alta
Directos Magdalena 1	Moderada	Muy Alta	Alta
Directos Magdalena 2	Moderada	Muy Alta	Alta

Tabla 77. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

5.2.4. IVET en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

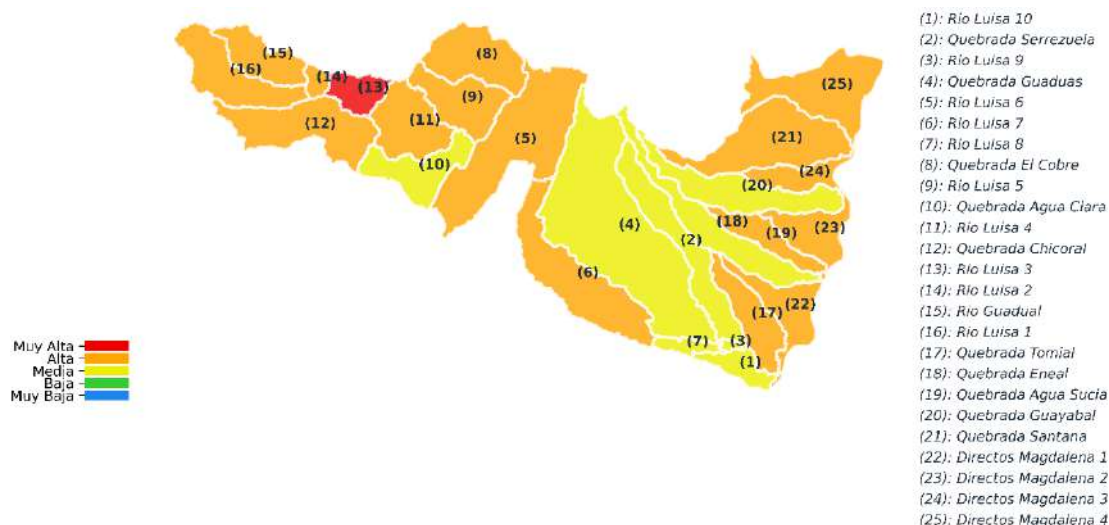


Figura 121. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos a Magdalena

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Río Luisa 10	Baja	Baja	Media
Quebrada Serrezuela	Moderada	Baja	Media
Río Luisa 9	Baja	Baja	Media
Quebrada Guaduas	Moderada	Baja	Media
Río Luisa 6	Moderada	Media	Alta
Río Luisa 7	Moderada	Media	Alta
Río Luisa 8	Baja	Media	Media
Quebrada El Cobre	Moderada	Media	Alta
Río Luisa 5	Moderada	Media	Alta
Quebrada Agua Clara	Moderada	Baja	Media
Río Luisa 4	Alta	Media	Alta
Quebrada Chicoral	Moderada	Media	Alta
Río Luisa 3	Alta	Alta	Muy Alta
Río Luisa 2	Moderada	Muy Alta	Alta
Río Guadual	Moderada	Muy Alta	Alta
Río Luisa 1	Moderada	Muy Alta	Alta
Quebrada Tomial	Moderada	Media	Alta
Quebrada Eneal	Moderada	Baja	Media
Quebrada Agua Sucia	Moderada	Media	Alta
Quebrada Guayabal	Moderada	Baja	Media
Quebrada Santana	Moderada	Media	Alta
Directos Magdalena 1	Moderada	Alta	Alta
Directos Magdalena 2	Moderada	Alta	Alta
Directos Magdalena 3	Moderada	Muy Alta	Alta
Directos Magdalena 4	Moderada	Muy Alta	Alta

Tabla 78. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Luisa y otros directos a Magdalena

5.2.5. IVET en la subzona hidrográfica del río Prado

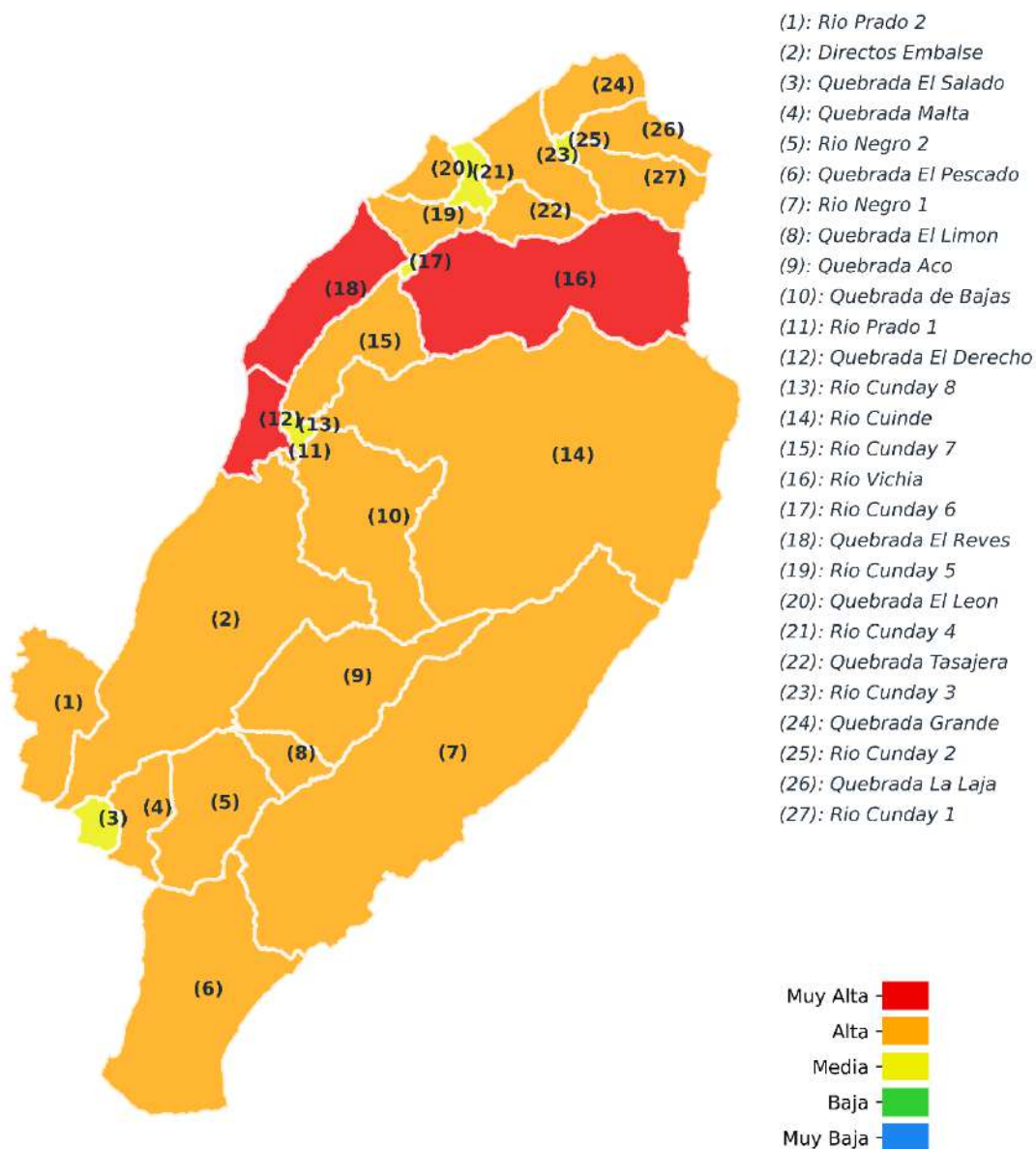


Figura 122. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Prado

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Rio Prado 2	Moderada	Media	Alta
Directos Embalse	Alta	Media	Alta
Quebrada El Salado	Baja	Media	Media
Quebrada Malta	Alta	Media	Alta
Rio Negro 2	Alta	Media	Alta
Quebrada El Pescado	Alta	Media	Alta
Rio Negro 1	Alta	Media	Alta
Quebrada El Limon	Moderada	Alta	Alta
Quebrada Aco	Alta	Media	Alta
Quebrada de Bajas	Alta	Media	Alta
Rio Prado 1	Moderada	Media	Alta
Quebrada El Derecho	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Rio Cunday 8	Baja	Media	Media
Rio Cuinde	Alta	Media	Alta
Rio Cunday 7	Moderada	Alta	Alta
Rio Vichia	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Rio Cunday 6	Baja	Media	Media
Quebrada El Reves	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Rio Cunday 5	Alta	Media	Alta
Quebrada El Leon	Moderada	Muy Alta	Alta
Rio Cunday 4	Baja	Media	Media
Quebrada Tasajera	Moderada	Alta	Alta
Rio Cunday 3	Alta	Media	Alta
Quebrada Grande	Alta	Media	Alta
Rio Cunday 2	Moderada	Baja	Media
Quebrada La Laja	Alta	Baja	Alta
Rio Cunday 1	Alta	Baja	Alta

Tabla 79. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Prado

5.2.6. IVET en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

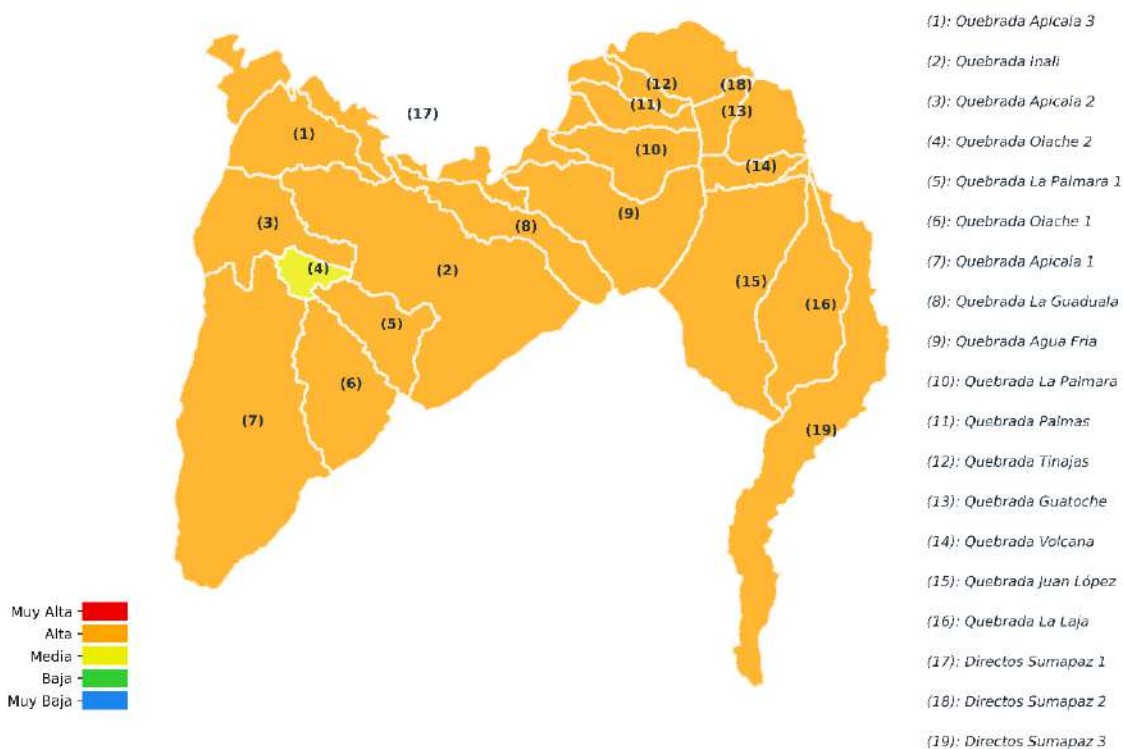


Figura 123. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Sumapaz

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Quebrada Apicala 3	Moderada	Alta	Alta
Quebrada Inali	Alta	Media	Alta
Quebrada Apicala 2	Moderada	Alta	Alta
Quebrada Olache 2	Baja	Media	Media
Quebrada La Palmara 1	Moderada	Alta	Alta
Quebrada Olache 1	Moderada	Media	Alta
Quebrada Apicala 1	Moderada	Alta	Alta
Quebrada La Guaduala	Moderada	Alta	Alta
Quebrada Agua Fria	Alta	Media	Alta
Quebrada La Palmara	Alta	Media	Alta
Quebrada Palmas	Moderada	Media	Alta
Quebrada Tinajas	Moderada	Media	Alta
Quebrada Guatoche	Moderada	Media	Alta
Quebrada Volcana	Moderada	Media	Alta
Quebrada Juan López	Alta	Media	Alta
Quebrada La Laja	Alta	Media	Alta

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Directos Sumapaz 1	Moderada	Muy Alta	Alta
Directos Sumapaz 2	Alta	Media	Alta
Directos Sumapaz 3	Alta	Media	Alta

Tabla 80. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Sumapaz

5.2.7. IVET en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

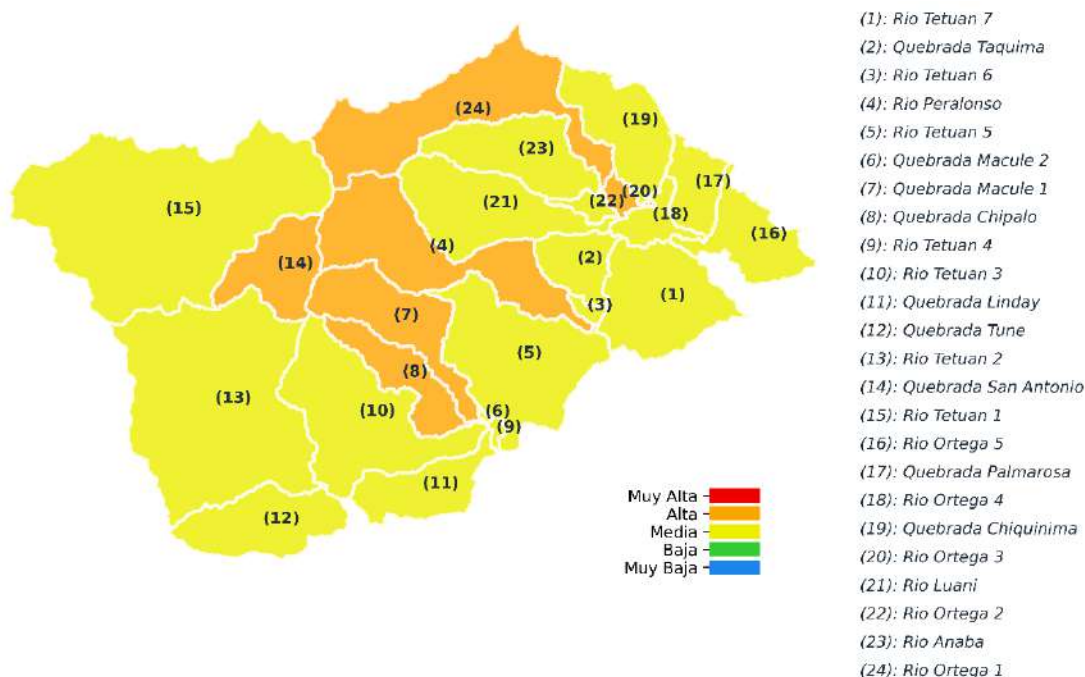


Figura 124. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Río Tetuan 7	Moderada	Baja	Media
Quebrada Taquima	Moderada	Baja	Media
Río Tetuan 6	Baja	Baja	Media
Río Peralonso	Moderada	Media	Alta
Río Tetuan 5	Moderada	Baja	Media
Quebrada Macule 2	Baja	Media	Media
Quebrada Macule 1	Moderada	Media	Alta
Quebrada Chipalo	Moderada	Media	Alta
Río Tetuan 4	Baja	Baja	Media
Río Tetuan 3	Moderada	Baja	Media
Quebrada Linday	Moderada	Baja	Media
Quebrada Tune	Moderada	Baja	Media
Río Tetuan 2	Moderada	Baja	Media
Quebrada San Antonio	Moderada	Media	Alta
Río Tetuan 1	Moderada	Baja	Media
Río Ortega 5	Moderada	Baja	Media
Quebrada Palmarosa	Moderada	Baja	Media

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Rio Ortega 4	Baja	Baja	Media
Quebrada Chiquinima	Moderada	Baja	Media
Rio Ortega 3	Moderada	Media	Alta
Rio Luani	Moderada	Baja	Media
Rio Ortega 2	Baja	Media	Media
Rio Anaba	Moderada	Baja	Media
Rio Ortega 1	Moderada	Media	Alta

Tabla 81. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Tetuán y Ortega

6. Conclusiones

La aplicación de los indicadores hídricos regionales en las siete subzonas hidrográficas del departamento del Tolima permite identificar patrones diferenciales en la disponibilidad, presión, calidad y vulnerabilidad del recurso hídrico. A continuación se presentan los hallazgos consolidados por subzona, integrando los resultados de los indicadores del Sistema Hídrico Natural, de Presión por Uso del Agua, de Calidad y de Riesgo, y finalmente se presentan recomendaciones generales orientadas a la gestión del recurso.

Subzona hidrográfica del río Cabrera

La subzona del río Cabrera presenta un régimen hidroclimático con dominancia de categorías de excedentes en año húmedo (37 % en Altos excedentes), una distribución equilibrada en año medio y una generalización del déficit hídrico en año seco (63 % de las observaciones mensuales en Altamente deficitario). La capacidad de retención y regulación hídrica (IRH) es predominantemente Moderada (48 % de las UA), con un IRH medio de 0,672, y sin condiciones críticas en los extremos del indicador. El rendimiento de sedimentos es el más bajo del área evaluada (promedio = 0,074 Kton/año/km², transporte total = 83,84 Kton/año), con la totalidad de las UA en categoría Muy Bajo, lo que refleja un sistema con producción sedimentaria reducida.

En términos de presión por uso del agua, la subzona presenta la demanda total más baja del área (0,154 m³/s), concentrada en Directos Cabrera (74 % del total). El IUA se mantiene en categorías Muy Bajo y Bajo en ambos escenarios, con Directos Cabrera como única UA que asciende a Moderado en año seco. La vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH) es Baja o Muy Baja en la mayoría de UA, mientras que la vulnerabilidad por eventos torrenciales (IVET) es Alta en el 86 % de las UA, atribuible principalmente a las características morfológicas de las cuencas. La calidad del agua es predominantemente Aceptable en los puntos de monitoreo (cinco de seis), con Cabrera-05 (cabecera municipal de Alpujarra) en condición Regular asociada a baja conductividad eléctrica. La principal preocupación para esta subzona corresponde a la susceptibilidad a eventos torrenciales en el contexto de eventos hidrometeorológicos extremos.

Subzona hidrográfica del río Cucuana

La subzona del río Cucuana se caracteriza por presentar el mejor comportamiento de retención y regulación hídrica del área evaluada (IRH medio = 0,797), con el 83 % de sus UA en categoría Alta y tres UA en categoría Muy Alta (Quebrada Molina, Quebrada Chipalo y Quebrada Chicumbe). En términos de aridez, las condiciones son favorables en año húmedo (48 % en Altos excedentes) y en año medio, con generalización del déficit

en año seco (38 % en Altamente deficitario). Es la subzona con mayor transporte de sedimentos del área (4 164,29 Kton/año), aunque distribuido en categorías Muy Bajo y Bajo.

Esta subzona presenta la segunda demanda hídrica más alta del departamento (21,509 m³/s), fuertemente concentrada en los tramos medios y bajos del río Cucuana (Rio Cucuana 14, Rio Cucuana 3 y Rio San Marcos 2 concentran más del 90 % de la demanda). Aunque la elevada capacidad de regulación natural amortigua parcialmente la presión, varias UA alcanzan categoría Crítica del IUA en ambos escenarios (Rio Cucuana 14, 12, 11, 6, San Marcos 2 y Rio Cucuana 3). El IVH se mantiene predominantemente en categorías Muy Baja y Baja gracias al buen comportamiento del IRH, mientras que el IVET es Alto en 13 UA y Medio en 22 UA. El SRI a 12 meses identifica seis episodios extremadamente secos en el periodo 1990–2023, con patrón estacionario. La principal atención de gestión debe orientarse a controlar la demanda concentrada en los tramos del cauce principal y al monitoreo de calidad en sectores de captación.

Subzona hidrográfica directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz

La subzona directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz es la de mayor extensión por número de unidades de análisis (45 UA) y presenta el comportamiento de retención y regulación hídrica menos favorable del área evaluada (IRH medio = 0,647), con el 67 % de las UA en categoría Baja. En términos de aridez, presenta el patrón más crítico en año seco entre todas las subzonas: 66 % de las observaciones mensuales en Altamente deficitario, con valores medios mensuales de hasta 0,96 en agosto. En año húmedo dominan los Altos excedentes (24 %) y Moderado a excedentes (22 %), confirmando su alta sensibilidad a la variabilidad climática.

La demanda hídrica total es reducida (0,977 m³/s) y se concentra en Directos Magdalena 1 (56 %) y Directos Magdalena 2 (25 %). En consecuencia, el IUA se mantiene en categorías Muy Bajo y Bajo en la mayoría de UA, con la excepción de Directos Magdalena 1 que asciende a Alto en año medio y casi duplica su valor en año seco (40,49 %). Sin embargo, debido al bajo IRH, el IVH alcanza categoría Media en el 64 % de las UA en ambos escenarios climáticos, lo que evidencia que la principal restricción no es la presión por uso sino la limitada capacidad de regulación natural. El IVET presenta condiciones críticas: dos UA en categoría Muy Alta (Quebrada La Honda y Quebrada Monteraldo) y 87 % en categoría Alta, configurando el panorama más severo del área evaluada en términos de torrencialidad. Las acciones de gestión deben priorizar la conservación y restauración de áreas estratégicas para la regulación hídrica, así como la implementación de medidas de gestión del riesgo por avenidas torrenciales.

Subzona hidrográfica del río Luisa y otros directos al Magdalena

La subzona del río Luisa y otros directos al Magdalena concentra las condiciones más críticas en términos de presión por uso del agua. En año medio, dos UA presentan IUA Muy Alto (Quebrada Guaduas y Río Luisa 4) y cuatro UA presentan IUA Crítico (Río Luisa 6, 8, 3 y 2). En año seco, la situación se agrava con seis UA en categoría Crítico y cuatro adicionales en categoría Alto. La demanda hídrica total asciende a 6,631 m³/s, concentrada en los tramos medios del río Luisa (Río Luisa 3 y 8 aportan el 65 % del total). En consecuencia, el IVH es Alto en 8 UA en año medio y en 10 UA en año seco, configurando esta subzona como la más sensible al cambio entre escenarios climáticos.

La capacidad de retención y regulación hídrica es predominantemente Moderada (60 % de las UA), con valores que decrecen hacia los tramos bajos donde se ubican los Directos Magdalena (IRH entre 0,510 y 0,632). El IA es Altamente deficitario en el 50 % de las observaciones mensuales en año seco, con condiciones críticas en agosto, diciembre y enero. El rendimiento de sedimentos es el más bajo del área (promedio = 0,057 Kton/año/km²), todas las UA en categoría Muy Bajo. El IVET muestra una UA en categoría Muy Alta (Río Luisa 3) y 16 UA en categoría Alta. El SRI registra cuatro episodios extremadamente secos y dos episodios de sequía hidrológica extrema a 12 meses. La calidad del agua presenta restricciones por contaminación fecal (ICF = 0,1) generalizadas y restricciones por conductividad eléctrica en algunos puntos. La conjunción de alta presión por uso, baja capacidad de regulación y alta sensibilidad climática hace de esta subzona la de mayor prioridad para acciones de gestión integral.

Subzona hidrográfica del río Prado

La subzona del río Prado presenta un comportamiento singular dentro del área evaluada, marcado por la presencia del embalse del Río Prado, que concentra la demanda hídrica total de la subzona (12,539 m³/s) casi en su totalidad en Directos Embalse (98,1 % del total). En consecuencia, el IUA presenta un patrón polarizado: el 74 % de las UA en Muy Bajo y una sola UA en categoría Crítico en año medio (Directos Embalse, IUA = 154,4 %), que se eleva a 202,1 % en año seco. La capacidad de retención y regulación hídrica es predominantemente Moderada (70 % de las UA), con un IRH medio de 0,692. Las UA con IRH Baja (Quebrada El León, El Derecho, El Reves y Río Vichía) coinciden con las UA con IVET Muy Alta, lo cual evidencia la concurrencia de limitada regulación y alta torrencialidad en sectores específicos.

En cuanto a la aridez, la subzona presenta condiciones favorables en año medio (48 % en categorías excedentarias) y críticas en año seco (59 % en Altamente deficitario). El rendimiento de sedimentos es el segundo más alto del área (1 381,85 Kton/año), con dos UA en categoría Bajo asociadas al sector del embalse (Directos Embalse y Río Prado).

2). El IVH es predominantemente Bajo (67 % de las UA), con dos UA en categoría Alta en año medio (Directos Embalse y Río Cunday 6). El IVET muestra tres UA en categoría Muy Alta (Quebrada El Derecho, Río Vichía y Quebrada El Reves) y 70 % en Alta. La calidad del agua es predominantemente Aceptable, con Prado-09 (acueducto Tres Esquinas-Cunday) como punto Regular asociado a sólidos suspendidos. Las acciones de gestión deben enfocarse en el manejo integral del embalse, considerando tanto la regulación de descargas como la conservación de las cuencas aportantes y la atención a sectores con vulnerabilidad torrencial elevada.

Subzona hidrográfica del río Sumapaz

La subzona del río Sumapaz es la única del área evaluada que presenta una UA en categoría Muy Baja del IRH (Directos Sumapaz 1, $IRH = 0,396$), lo que la configura como la unidad con menor capacidad de retención hídrica de todo el departamento. Esta misma UA es la única con IVH Muy Alta en año medio y se mantiene en IVH Alta junto con Quebrada Apícala 3 en año seco. El IRH medio de la subzona (0,651) es uno de los más bajos del área, con seis UA en categoría Baja además de la UA Muy Baja mencionada.

La demanda hídrica total es de $1,135 \text{ m}^3/\text{s}$, distribuida de manera más equilibrada que en otras subzonas: Directos Sumapaz 1 concentra el 41 %, seguido por Quebrada Apícala 3, Inalí, Juan López, Apícala 2 y La Guaduala. El IUA presenta diversidad de categorías, destacándose una UA Crítica (Quebrada Apícala 3 en año medio) y una Muy Alta (Directos Sumapaz 1). En términos de aridez, presenta condiciones favorables en año húmedo (28 % Altos excedentes) y críticas en año seco (62 % Altamente deficitario). El rendimiento de sedimentos es bajo (segundo más bajo del área, promedio = $0,053 \text{ Kton/año/km}^2$) y el IVET es Alto en 18 de las 19 UA. La situación de Directos Sumapaz 1 amerita atención prioritaria como sector estructuralmente vulnerable al desabastecimiento, independientemente del escenario climático.

Subzona hidrográfica del río Tetuán y Ortega

La subzona del río Tetuán y Ortega presenta el segundo mejor comportamiento de retención y regulación hídrica del área evaluada ($IRH \text{ medio} = 0,775$), con el 63 % de las UA en categoría Alta y dos UA en categoría Muy Alta (Quebrada Linday y Quebrada Taquima). En términos de aridez presenta uno de los comportamientos más favorables en año húmedo (41 % en Altos excedentes) y, aunque la condición se agrava en año seco (53 % en Altamente deficitario), conserva una proporción de meses favorables ligeramente mayor que las subzonas vecinas. El IVET es el menos crítico del área evaluada (75 % en categoría Media y 25 % en Alta, sin UA en Muy Alta), reflejando un sistema con menor pendiente y régimen de caudales más estable.

La demanda hídrica total es de 1,727 m³/s, concentrada en la cuenca del río Ortega y los tramos medios del río Tetuán (Río Ortega 4 aporta el 48 % del total). En el cauce del Ortega se concentran las condiciones más críticas del IUA, con Río Ortega 4 en categoría Crítico (atribuible a OHRD mínima frente a demanda significativa) y Río Ortega 5 ascendiendo a Crítico en año seco. El IVH es Alto en Río Ortega 2 y Medio en cinco UA adicionales en año medio, ampliándose a siete en año seco. El rendimiento de sedimentos es de 987,07 Kton/año (promedio = 0,143 Kton/año/km²), con dos UA en categoría Bajo en los tramos altos del río Tetuán. La calidad del agua presenta puntos críticos en Ortega-06 (cabecera de Ortega) por restricciones en sólidos suspendidos y conductividad eléctrica. Las acciones de gestión deben priorizar la cuenca del río Ortega, donde la concentración de demandas, los aportes de aguas residuales domésticas del municipio de Ortega y las limitaciones puntuales de oferta generan los mayores riesgos.

Recomendaciones generales

A partir de los hallazgos consolidados, se proponen las siguientes líneas de acción para orientar la gestión del recurso hídrico en las subzonas hidrográficas estudiadas:

Priorización de la subzona del río Luisa y otros directos al Magdalena. Por la conjunción de alta presión por uso del agua, baja capacidad de regulación y alta sensibilidad climática, se recomienda focalizar acciones de reglamentación de corrientes, optimización del uso del agua para los sectores agrícola y de acueductos, control de vertimientos domésticos, y conservación de las áreas de recarga en los tramos altos del río Luisa.

Atención prioritaria a unidades de análisis estructuralmente vulnerables. Las UA identificadas como críticas por la concurrencia de varios indicadores (Directos Sumapaz 1, Directos Magdalena 1 entre Cabrera y Sumapaz, Río Cucuana 14, Río Cucuana 3, Río Luisa 3, Río Luisa 8, Río Ortega 4 y Directos Embalse en Prado) deben ser objeto de estudios complementarios de detalle y de planes específicos de manejo, dado que sus condiciones críticas tienden a mantenerse o agravarse entre escenarios climáticos.

Gestión del riesgo por avenidas torrenciales. La subzona directos al Magdalena entre los ríos Cabrera y Sumapaz, junto con la subzona del río Prado y la subzona del río Luisa, presentan unidades con IVET Muy Alta que justifican estudios específicos de amenaza por avenidas torrenciales, sistemas de alerta temprana y restricciones de uso del suelo en zonas de amenaza identificadas.

Conservación y restauración de áreas estratégicas para la regulación hídrica. En las subzonas con mayor proporción de UA en categoría Baja del IRH (directos al Magdalena entre Cabrera y Sumapaz, Sumapaz y tramos bajos del río Luisa), se recomienda implementar estrategias de conservación de coberturas naturales,

restauración ecológica de áreas degradadas y promoción de sistemas productivos sostenibles que favorezcan la regulación hídrica.

Monitoreo sistemático y actualización periódica de indicadores. Se recomienda mantener y robustecer la red de monitoreo hidrometeorológico y de calidad del agua, garantizando series continuas que permitan actualizar los indicadores con la periodicidad establecida por la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. La incorporación del Índice de Coliformes Fecales (ICF) y del Índice de Nutrientes (INP) en futuras campañas permitirá una caracterización más completa del estado de calidad.

Articulación con instrumentos de planificación. Los resultados aquí consolidados deben integrarse a los instrumentos de planificación y administración del recurso hídrico, incluyendo los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS), los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), los planes departamentales y municipales de gestión del riesgo de desastres, y los planes de adaptación al cambio climático, con énfasis en las unidades de análisis identificadas como críticas.

Seguimiento al comportamiento ante variabilidad climática. Los resultados evidencian una alta sensibilidad de varios indicadores (IA, IUA, IVH) al paso de condiciones de año medio a año seco, atribuible a eventos ENSO cálidos. Se recomienda implementar protocolos específicos de seguimiento durante episodios El Niño, considerando que la generalización del déficit hídrico durante estos eventos puede comprometer significativamente la disponibilidad del recurso en buena parte del territorio departamental.

7. Referencias

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2013) Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2018) Estudio Nacional del Agua 2018. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2020a). Hoja metodológica del Índice de Retención y Regulación Hídrica (Versión 1,2). 19 p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2020b). Hoja metodológica del Índice de Uso del Agua (Versión 1,2). 19 p

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2020c). Hoja metodológica del Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento (Versión 1,2). 16 p

Jaramillo, A (2006). Evapotranspiración de referencia en la Región Andina de Colombia. CENICAFÉ, 57(4):288-298

Montoya J.J. (2008). Desarrollo de un modelo conceptual de producción, transporte y depósito de sedimentos. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.

Rumeau, A., & Coste, M. (1988). Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce. Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture, (309), 1-69.

Shukla, S., and Wood, A. W. (2008), Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought, Geophys. Res. Lett., 35, L02405, doi:10.1029/2007GL032487.