

Adapt'Action

Apoyo al sector Agrícola de la Republica dominicana en
un contexto de cambio climático (Eje 2)

VULNERABILIDAD DE SEIS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLAS ESTRATÉGICOS EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

05 de mayo 2020



LIVRABLE
MS-2019-05

N°2/8

Esta operación de asistencia técnica está financiada por la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) en el marco del Mecanismo de Acción Adapt'Action. Este Servicio, que comenzó a funcionar en mayo de 2017, presta apoyo a los países africanos, los PMA y los pequeños Estados insulares en desarrollo para que cumplan los compromisos contraídos en virtud del Acuerdo de París sobre el Clima, financiando estudios, actividades de fomento de la capacidad y asistencia técnica, en particular en el sector de la adaptación. Los autores asumen la plena responsabilidad del contenido de este documento. Las opiniones expresadas no reflejan necesariamente las de la AFD o sus socios.

CONTENIDO

CONTENIDO	3
ILUSTRACIONES	7
ABREVIACIONES	10
RESUMEN EJECUTIVO	11
INTRODUCCION	14
CONTEXTO DEL ESTUDIO.....	14
IDENTIFICACIÓN DE SEIS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	14
ENFOQUE Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	16
MARCO CONCEPTUAL Y DEFINICIONES	16
ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA OBSERVADA	17
RECOLECCIÓN DE DATOS SOBRE LOS SEIS SPA.....	18
SELECCIÓN DE INDICADORES.....	20
<i>Exposición (E)</i>	21
<i>Sensibilidad (S)</i>	23
<i>Capacidad adaptativa (CA)</i>	23
MODELOS DE PROYECCIÓN CLIMÁTICA	25
ASPECTOS LIMITANTES DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FUTURA	26
ANÁLISIS PARTICIPATIVO DE IMPACTOS ESPERADOS.....	27
ESTRUCTURA DEL INFORME.....	28
RESULTADOS: VULNERABILIDAD DE LOS 6 SPA	29
1. EL BANANO EN EL NOROESTE	29
1.1 RANGOS ÓPTIMOS DEL CULTIVO.....	29
1.1.1 <i>Caracterización del cultivo</i>	29
1.1.2 <i>Topografía</i>	29
1.1.3 <i>Suelos</i>	29
1.1.4 <i>Clima</i>	30
1.2 DISTRIBUCIÓN ACTUAL.....	31
1.2.1 <i>Latitud y Topografía</i>	31
1.2.2 <i>Suelos</i>	32
1.2.3 <i>Clima</i>	34
1.2.4 <i>Síntesis de la situación territorial actual</i>	35
1.3 CARACTERÍSTICAS SOCIALES, ECONÓMICAS Y DEMOGRÁFICAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO.....	36
1.3.1 <i>Características de producción</i>	36
1.3.2 <i>Características socioeconómicas y sociodemográficas</i>	36
1.4 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD HISTÓRICA Y ACTUAL	37
1.4.1 <i>Variabilidad climática observada</i>	37
1.4.2 <i>Exposición</i>	37
1.4.3 <i>Sensibilidad</i>	38
1.4.4 <i>Capacidad adaptativa</i>	40
1.4.5 <i>Índice de vulnerabilidad</i>	41
1.4.6 <i>Impactos de la variabilidad climática observada</i>	42
1.4.7 <i>Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual</i>	43
1.5 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD FUTURA	43
1.5.1 <i>Variaciones anuales de la media de conjunto</i>	44

1.5.2	<i>Variaciones estacionales de la media de conjunto</i>	45
1.5.3	<i>Conclusiones principales de las proyecciones climáticas</i>	50
1.6	SÍNTESIS: VULNERABILIDAD HISTÓRICA, ACTUAL Y FUTURA DEL SPA BANANO EN EL NOROESTE AL CAMBIO CLIMÁTICO..	50
2.	EL ARROZ EN LA LÍNEA OESTE EN EL NOROESTE	53
2.1	RANGOS ÓPTIMOS PARA EL CULTIVO.....	53
2.1.1	<i>Características del cultivo</i>	53
2.1.2	<i>Topografía</i>	53
2.1.3	<i>Suelo</i>	53
2.1.4	<i>Clima</i>	54
2.2	DISTRIBUCIÓN ACTUAL.....	54
2.2.1	<i>Suelo</i>	56
2.2.2	<i>Clima</i>	57
2.2.3	<i>Síntesis de la situación territorial actual</i>	58
2.3	CARACTERÍSTICAS SOCIALES, ECONÓMICAS Y DEMOGRÁFICAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO.....	59
2.3.1	<i>Características de producción</i>	59
2.3.2	<i>Características socioeconómicas y sociodemográficas</i>	59
2.4	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD HISTÓRICA Y ACTUAL.....	60
2.4.1	<i>Variabilidad climática observada</i>	60
2.4.2	<i>Exposición</i>	60
2.4.3	<i>Índice de sensibilidad</i>	62
2.4.4	<i>Índice de capacidad adaptativa</i>	63
2.4.5	<i>Índice de vulnerabilidad</i>	64
2.4.6	<i>Impactos de la variabilidad climática observada</i>	65
2.4.7	<i>Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual</i>	66
2.5	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD FUTURA.....	66
2.5.1	<i>Variaciones anuales de la media de conjunto</i>	66
2.5.2	<i>Variaciones estacionales de la media de conjunto</i>	68
2.5.3	<i>Conclusiones principales de las proyecciones climáticas</i>	73
2.6	SÍNTESIS: VULNERABILIDAD HISTÓRICA, ACTUAL Y FUTURA DEL SPA ARROZ EN EL NOROESTE AL CAMBIO CLIMÁTICO	73
3.	LA HABICHUELA EN EL SUROESTE	76
3.1	RANGOS ÓPTIMOS PARA EL CULTIVO.....	76
3.1.1	<i>Características del cultivo</i>	76
3.1.2	<i>Topografía</i>	76
3.1.3	<i>Suelo</i>	76
3.1.4	<i>Clima</i>	77
3.2	DISTRIBUCIÓN ACTUAL.....	78
3.2.1	<i>Latitud y topografía</i>	78
3.2.2	<i>Suelo</i>	79
3.2.3	<i>Clima</i>	80
3.2.4	<i>Síntesis de la situación territorial actual</i>	81
3.3	CARACTERÍSTICAS SOCIALES, ECONÓMICAS Y DEMOGRÁFICAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO.....	82
3.3.1	<i>Características de producción</i>	82
3.3.2	<i>Características socioeconómicas y sociodemográficas</i>	82
3.4	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD HISTÓRICA Y ACTUAL.....	83
3.4.1	<i>Variabilidad climática observada</i>	83
3.4.2	<i>Exposición</i>	83
3.4.3	<i>Sensibilidad</i>	85
3.4.4	<i>Capacidad adaptativa</i>	86
3.4.5	<i>Índice de vulnerabilidad</i>	87

3.4.6	<i>Impactos de la variabilidad climática observada</i>	89
3.4.7	<i>Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual</i>	89
3.5	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD FUTURA	90
3.5.1	<i>Variaciones anuales de la media de conjunto</i>	90
3.5.2	<i>Variaciones estacionales de la media de conjunto</i>	91
3.5.3	<i>Conclusiones principales de las proyecciones climáticas</i>	96
3.6	SÍNTESIS: VULNERABILIDAD HISTÓRICA, ACTUAL Y FUTURA DEL SPA HABICHUELA EN EL SUROESTE AL CAMBIO CLIMÁTICO 96	
4.	EL CACAO EN EL NORDESTE	99
4.1	RANGOS ÓPTIMOS PARA EL CULTIVO	99
4.1.1	<i>Características del cultivo</i>	99
4.1.2	<i>Topografía</i>	100
4.1.3	<i>Suelo</i>	100
4.1.4	<i>Clima</i>	100
4.2	DISTRIBUCIÓN ACTUAL	101
4.2.1	<i>Latitud y topografía</i>	101
4.2.2	<i>Suelo</i>	103
4.2.3	<i>Clima</i>	104
4.2.4	<i>Síntesis de la situación actual</i>	105
4.3	CARACTERÍSTICAS SOCIALES, ECONÓMICAS Y DEMOGRÁFICAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO	106
4.3.1	<i>Características de producción</i>	106
4.3.2	<i>Características socioeconómicas y sociodemográficas</i>	106
4.4	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD HISTÓRICA Y ACTUAL	107
4.4.1	<i>Variabilidad climática observada</i>	107
4.4.2	<i>Exposición</i>	107
4.4.3	<i>Sensibilidad</i>	109
4.4.4	<i>Capacidad adaptativa</i>	110
4.4.5	<i>Índice de Vulnerabilidad</i>	112
4.4.6	<i>Impactos de la variabilidad climática observada</i>	112
4.4.7	<i>Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual</i>	113
4.5	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD FUTURA	114
4.5.1	<i>Variaciones anuales de la media de conjunto</i>	114
4.5.2	<i>Variaciones estacionales de la media de conjunto</i>	115
4.5.3	<i>Conclusiones principales de las proyecciones climáticas</i>	120
4.6	SÍNTESIS: VULNERABILIDAD HISTÓRICA, ACTUAL Y FUTURA DEL SPA CACAO EN EL NORDESTE AL CAMBIO CLIMÁTICO ..	120
5.	EL CAFÉ EN EL NORTE - CORDILLERA SEPTENTRIONAL	123
5.1	RANGOS ÓPTIMOS PARA EL CULTIVO	123
5.1.1	<i>Características del cultivo</i>	123
5.1.2	<i>Topografía</i>	123
5.1.3	<i>Suelo</i>	124
5.1.4	<i>Clima</i>	124
5.2	DISTRIBUCIÓN ACTUAL	125
5.2.1	<i>Latitud y topografía</i>	125
5.2.2	<i>Suelo</i>	126
5.2.3	<i>Clima</i>	127
5.2.4	<i>Síntesis de la situación actual</i>	128
5.3	CARACTERÍSTICAS SOCIALES, ECONÓMICAS Y DEMOGRÁFICAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO	129
5.3.1	<i>Características de producción</i>	129
5.3.2	<i>Características socioeconómicas y sociodemográficas</i>	129

5.4	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD HISTÓRICA Y ACTUAL	130
5.4.1	<i>Variabilidad climática observada</i>	130
5.4.2	<i>Exposición</i>	130
5.4.3	<i>Sensibilidad</i>	132
5.4.4	<i>Capacidad Adaptativa</i>	133
5.4.5	<i>Índice de Vulnerabilidad</i>	134
5.4.6	<i>Impactos de la variabilidad climática observada</i>	134
5.4.7	<i>Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual</i>	135
5.5	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD FUTURA	136
5.5.1	<i>Variaciones anuales de la media de conjunto</i>	136
5.5.2	<i>Variaciones estacionales de la media de conjunto</i>	137
5.5.3	<i>Conclusiones principales de las proyecciones climáticas</i>	142
5.6	SÍNTESIS: VULNERABILIDAD HISTÓRICA, ACTUAL Y FUTURA DEL SPA CAFÉ EN LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL AL CC ..	142
6.	EL PLÁTANO EN EL SUR	144
6.1	RANGOS ÓPTIMOS PARA EL CULTIVO	144
6.1.1	<i>Características del cultivo</i>	144
6.1.2	<i>Topografía</i>	144
6.1.3	<i>Suelo</i>	144
6.1.4	<i>Clima</i>	145
6.2	DISTRIBUCIÓN ACTUAL	146
6.2.1	<i>Latitud y topografía</i>	146
6.2.2	<i>Suelo</i>	147
6.2.3	<i>Clima</i>	148
6.2.4	<i>Síntesis de la situación territorial actual</i>	149
6.3	CARACTERÍSTICAS SOCIALES, ECONÓMICAS Y DEMOGRÁFICAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO	150
6.3.1	<i>Características de producción</i>	150
6.3.2	<i>Características socioeconómicas y sociodemográficas</i>	150
6.4	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD HISTÓRICA Y ACTUAL	151
6.4.1	<i>Variabilidad climática observada</i>	151
6.4.2	<i>Exposición</i>	151
6.4.3	<i>Sensibilidad</i>	153
6.4.4	<i>Capacidad adaptativa</i>	154
6.4.5	<i>Índice de vulnerabilidad</i>	155
6.4.6	<i>Impactos de la variabilidad climática observada</i>	155
6.4.7	<i>Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual</i>	156
6.5	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD FUTURA	157
6.5.1	<i>Variaciones anuales de la media de conjunto</i>	157
6.5.2	<i>Variaciones estacionales de la media de conjunto</i>	159
6.5.3	<i>Conclusiones principales de las proyecciones climáticas</i>	163
6.6	SÍNTESIS: VULNERABILIDAD HISTÓRICA, ACTUAL Y FUTURA DEL SPA PLÁTANO EN LA REGIÓN SUR AL CAMBIO CLIMÁTICO	163
	163	
	ENFOQUE COMPARATIVO ENTRE LOS 6 SPA	166
	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	169
	ANEXOS.....	171
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	196

ILUSTRACIONES

FIGURA 1: MAPA DE SITUACIÓN DE LAS ZONAS GEOGRÁFICAS INCLUIDAS EN EL ANÁLISIS PARA CADA SPA ESTUDIADO (AUTORES, 2020).	15
FIGURA 2: CONCEPTOS Y DEFINICIONES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD (AUTORES, 2019)	17
FIGURA 3: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS TENDENCIAS HISTÓRICAS DE LOS ACUMULADOS ANUALES Y MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN EL TERRITORIO NACIONAL, EN EL PERÍODO 1939-2007 (MODIFICADO DE IZZO ET AL., EN FASE DE PUBLICACIÓN).	18
FIGURA 4: RANGOS ÓPTIMOS Y LÍMITES PARA LA PRODUCCIÓN DEL BANANO (AUTORES, 2019)	31
FIGURA 5: UBICACIÓN DE LAS ÁREAS CULTIVADAS CON BANANO EN LA REGIÓN NOROESTE (AUTORES, 2019).	32
FIGURA 6: MAPA DE LAS ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDABLES EN LA REGIÓN NOROESTE (AUTORES, 2019).	32
FIGURA 7: MAPA DE PROFUNDIDAD (ARRIBA) Y TEXTURA (ABAJO) DE SUELOS EN LA REGIÓN NOROESTE (AUTORES, 2019).	34
FIGURA 8: MAPAS CLIMÁTICO (SUPERIOR IZQUIERDO), DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL (SUPERIOR DERECHO) Y TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL (INFERIOR) DE LA REGIÓN NOROESTE (AUTORES, 2019).	35
FIGURA 9: MAPA DEL ÍNDICE DE EXPOSICIÓN Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL BANANO (AUTORES, 2019).	38
FIGURA 10: MAPA DEL ÍNDICE DE SENSIBILIDAD Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL BANANO (AUTORES, 2019). ...	39
FIGURA 11: MAPA DEL ÍNDICE DE CAPACIDAD ADAPTATIVA Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL BANANO (AUTORES, 2019).	41
FIGURA 12: MAPA DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA EL SPA DEL BANANO (AUTORES, 2019).	42
FIGURA 13: CAMBIOS ANUALES PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÁXIMA (TMAX), MÍNIMA (TMIN) Y PRECIPITACIÓN ANUAL TOTAL (PCP) PARA EL SPA DEL BANANO EN EL NOROESTE EN 2030, 2050 Y 2070.	45
FIGURA 14: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LA TEMPERATURA MÁXIMA EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA LA REGIÓN NOROESTE.	47
FIGURA 15: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LA TEMPERATURA MÍNIMA EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA LA REGIÓN NOROESTE.	47
FIGURA 16: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 4.5 EN LA REGIÓN NOROESTE.	48
FIGURA 17: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 8.5 EN LA REGIÓN NOROESTE.	49
FIGURA 18: SÍNTESIS DE IMPACTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL SPA BANANO EN EL NOROESTE. PERSPECTIVA DEL PRODUCTOR (AUTORES, 2020).	52
FIGURA 19: RANGOS ÓPTIMOS Y LÍMITES PARA LA PRODUCCIÓN DEL ARROZ (AUTORES, 2019).	54
FIGURA 20: UBICACIÓN DE LAS ÁREAS CULTIVADAS CON ARROZ EN LA REGIÓN NOROESTE (AUTORES, 2019).	55
FIGURA 21: MAPA DE LAS ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDABLES EN LA REGIÓN NOROESTE (AUTORES, 2019).	56
FIGURA 22: MAPA DE TEXTURA DE SUELOS EN LA REGIÓN NOROESTE (AUTORES, 2019).	57
FIGURA 23: MAPAS CLIMÁTICO (SUPERIOR IZQUIERDO), DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL (SUPERIOR DERECHO) Y TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL (INFERIOR) DE LA REGIÓN NOROESTE (AUTORES, 2019).	58
FIGURA 24: MAPA DEL ÍNDICE DE EXPOSICIÓN Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL ARROZ (AUTORES, 2019).	61
FIGURA 25: MAPA DEL ÍNDICE DE SENSIBILIDAD Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL ARROZ (AUTORES, 2019).	62
FIGURA 26: MAPA DEL ÍNDICE DE CAPACIDAD ADAPTATIVA Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL ARROZ (AUTORES, 2019).	64
FIGURA 27: MAPA DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA EL SPA DEL ARROZ (AUTORES, 2019).	65
FIGURA 28: CAMBIOS ANUALES PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS (TMAX), MÍNIMAS (TMIN) Y PRECIPITACIÓN ANUAL TOTAL (PCP) PARA EL CIBAO NOROESTE EN 2030, 2050 Y 2070.	67
FIGURA 29: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL CIBAO NOROESTE.	70
FIGURA 30: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA EN EL CIBAO NOROESTE.	71
FIGURA 31: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 4.5 EN EL CIBAO NOROESTE.	71
FIGURA 32: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 8.5 Y EL SPA DEL ARROZ.	72

FIGURA 33: SÍNTESIS DE IMPACTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL SPA ARROZ EN EL CIBAO NOROESTE. PERSPECTIVA DEL PRODUCTOR (AUTORES, 2020).....	74
FIGURA 34: RANGOS ÓPTIMOS Y LÍMITES PARA LA PRODUCCIÓN DE LA HABICHUELA (AUTORES, 2019).	77
FIGURA 35: UBICACIÓN DE LAS ÁREAS CULTIVADAS CON HABICHUELA EN LA PROVINCIA SAN JUAN (AUTORES, 2019).	78
FIGURA 36: MAPA DE LAS ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDABLES EN LA PROVINCIA SAN JUAN (AUTORES, 2019).....	79
FIGURA 37: MAPA DE PROFUNDIDAD (ARRIBA) Y TEXTURA (ABAJO) DE SUELOS EN LA PROVINCIA SAN JUAN (AUTORES, 2019).	80
FIGURA 38: MAPAS CLIMÁTICO (SUPERIOR IZQUIERDO), DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL (SUPERIOR DERECHO) Y TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL (INFERIOR) DE LA PROVINCIA SAN JUAN (AUTORES, 2019).....	81
FIGURA 39: MAPA DEL ÍNDICE DE EXPOSICIÓN Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DE LA HABICHUELA (AUTORES, 2019).	84
FIGURA 40: MAPA DEL ÍNDICE DE SENSIBILIDAD Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DE LA HABICHUELA (AUTORES, 2019).	85
FIGURA 41: MAPA DEL ÍNDICE DE CAPACIDAD ADAPTATIVA Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DE LA HABICHUELA (AUTORES, 2019).....	87
FIGURA 42: MAPA DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA EL SPA DE LA HABICHUELA (AUTORES, 2019).	88
FIGURA 43: CAMBIOS ANUALES PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS (TMAX), MÍNIMAS (TMIN) Y PRECIPITACIÓN ANUAL TOTAL (PCP) PARA LA PROVINCIA DE SAN JUAN EN 2030, 2050 Y 2070.	90
FIGURA 44: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL SPA DE LA HABICHUELA.....	93
FIGURA 45: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL SPA DE LA HABICHUELA.	93
FIGURA 46: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 4.5 EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN.	94
FIGURA 47: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 8.5 EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN.	95
FIGURA 48: SÍNTESIS DE IMPACTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL SPA HABICHUELA EN LA PROVINCIA SAN JUAN. PERSPECTIVA DEL PRODUCTOR (AUTORES, 2020).....	97
FIGURA 49: RANGOS ÓPTIMOS Y LÍMITES PARA LA PRODUCCIÓN DEL CACAO (AUTORES, 2019).....	101
FIGURA 50: UBICACIÓN DE LAS ÁREAS CULTIVADAS CON CACAO EN LA REGIÓN NORDESTE (AUTORES, 2019).	102
FIGURA 51: MAPA DE LAS ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDABLES EN LA REGIÓN NORDESTE (AUTORES, 2019).	102
FIGURA 52: MAPA DE PROFUNDIDAD (ARRIBA) Y DRENAJE (ABAJO) DE SUELOS EN LA REGIÓN NORDESTE (AUTORES, 2019).....	103
FIGURA 53: MAPAS CLIMÁTICO (SUPERIOR IZQUIERDO), DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL (SUPERIOR DERECHO) Y TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL (INFERIOR) DE LA REGIÓN NORDESTE (AUTORES, 2019).	105
FIGURA 54: MAPA DEL ÍNDICE DE EXPOSICIÓN Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL CACAO (AUTORES, 2019).....	108
FIGURA 55: MAPA DEL ÍNDICE DE SENSIBILIDAD Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL CACAO (AUTORES, 2019).....	110
FIGURA 56: MAPA DEL ÍNDICE DE CAPACIDAD ADAPTATIVA Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL CACAO (AUTORES, 2019).	111
FIGURA 57: MAPA DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA EL SPA DEL CACAO (AUTORES, 2019).	112
FIGURA 58: CAMBIOS ANUALES PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS (TMAX), MÍNIMAS (TMIN) Y PRECIPITACIÓN ANUAL TOTAL (PCP) EN EL NORDESTE EN 2030, 2050 Y 2070.	115
FIGURA 59: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA EN EL NORDESTE.	117
FIGURA 60: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA EN EL NORDESTE.	117
FIGURA 61: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 4.5 EN EL NORDESTE.....	118
FIGURA 62: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 8.5 EN EL NORDESTE.....	119
FIGURA 63: SÍNTESIS DE IMPACTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL SPA CACAO EN EL NORDESTE. PERSPECTIVA DEL PRODUCTOR (AUTORES, 2020).....	122
FIGURA 64: RANGOS ÓPTIMOS Y LÍMITES PARA LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ (AUTORES, 2019).....	125

FIGURA 65: UBICACIÓN DE LAS ÁREAS CULTIVADAS CON CAFÉ EN LA REGIÓN NORTE (AUTORES, 2019).	126
FIGURA 66: MAPA DE LAS ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDABLES EN LA REGIÓN NORTE (AUTORES, 2019).	126
FIGURA 67: MAPA DE PROFUNDIDAD (ARRIBA) Y DRENAJE (ABAJO) DE SUELOS EN LA REGIÓN NORTE (AUTORES, 2019).....	127
FIGURA 68: MAPAS CLIMÁTICO (SUPERIOR IZQUIERDO), DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL (SUPERIOR DERECHO) Y TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL (INFERIOR) DE LA REGIÓN NORTE (AUTORES, 2019).	128
FIGURA 69: MAPA DEL ÍNDICE DE EXPOSICIÓN Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL CAFÉ (AUTORES, 2019).	131
FIGURA 70: MAPA DEL ÍNDICE DE SENSIBILIDAD Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL CAFÉ (AUTORES, 2019).	132
FIGURA 71: MAPA DEL ÍNDICE DE CAPACIDAD ADAPTATIVA Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL CAFÉ (AUTORES, 2019).	133
FIGURA 72: MAPA DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA EL SPA DEL CAFÉ (AUTORES, 2019).	134
FIGURA 73: CAMBIOS ANUALES PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS (TMAX), MÍNIMAS (TMIN) Y PRECIPITACIÓN ANUAL TOTAL (PCP) EN LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL EN 2030, 2050 Y 2070.....	137
FIGURA 74: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA EN LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL	139
FIGURA 75: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA EN LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL.....	139
FIGURA 76: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 4.5 EN LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL.....	140
FIGURA 77: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 8.5 EN LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL.....	141
FIGURA 78: SÍNTESIS DE IMPACTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL SPA CAFÉ EN LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL. PERSPECTIVA DEL PRODUCTOR (AUTORES, 2020).....	143
FIGURA 79: RANGOS ÓPTIMOS Y LÍMITES PARA LA PRODUCCIÓN DEL BANANO (AUTORES, 2019).	146
FIGURA 80: UBICACIÓN DE LAS ÁREAS CULTIVADAS CON PLÁTANO EN LA REGIÓN SUR (AUTORES, 2019).	146
FIGURA 81: MAPA DE LAS ÁREAS POTENCIALMENTE INUNDABLES EN LA REGIÓN SUR (AUTORES, 2019).	147
FIGURA 82: MAPA DE PROFUNDIDAD (ARRIBA) Y TEXTURA (ABAJO) DE SUELOS EN LA REGIÓN SUR (AUTORES, 2019).	148
FIGURA 83: MAPAS CLIMÁTICO (SUPERIOR IZQUIERDO), DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL (SUPERIOR DERECHO) Y TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL (INFERIOR) DE LA REGIÓN SUR (AUTORES, 2019).	149
FIGURA 84: MAPA DEL ÍNDICE DE EXPOSICIÓN Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL PLÁTANO (AUTORES, 2019). ..	152
FIGURA 85: MAPA DEL ÍNDICE DE SENSIBILIDAD Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL PLÁTANO (AUTORES, 2019)..	153
FIGURA 86: MAPA DEL ÍNDICE DE CAPACIDAD ADAPTATIVA Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES PARA EL SPA DEL PLÁTANO (AUTORES, 2019).	154
FIGURA 87: MAPA DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA EL SPA DEL PLÁTANO (AUTORES, 2019).	155
FIGURA 88: CAMBIOS ANUALES PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS (TMAX), MÍNIMAS (TMIN) Y PRECIPITACIÓN ANUAL TOTAL (PCP) EN LA REGIÓN SUR EN 2030, 2050 Y 2070.....	158
FIGURA 89: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA EN LA REGIÓN SUR.	160
FIGURA 90: VARIACIONES MENSUALES PROMEDIO EN LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA EN LA REGIÓN SUR.	160
FIGURA 91: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 4.5 EN LA REGIÓN SUR.	161
FIGURA 92: CAMBIOS MENSUALES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN EN 2030, 2050 Y 2070 EN COMPARACIÓN CON EL PERÍODO DE REFERENCIA PARA EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP 8.5 EN LA REGIÓN SUR.	162
FIGURA 93: SÍNTESIS DE IMPACTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL SPA PLÁTANO EN LA REGIÓN SUR. PERSPECTIVA DEL PRODUCTOR (AUTORES, 2020).....	164
FIGURA 94: DEGRADACIÓN DE TIERRA EN LA SIERRA DE NEYBA EN EL CERCADO (PROVINCIA SAN JUAN) (FOTO: MICHELA IZZO)....	166
FIGURA 95: MAPA DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD ACTUAL DE LOS 6 SPA, REPRESENTADO EN LA MISMA ESCALA DE COLORES: DE AMARILLO CLARO (NIVEL DE CRITICIDAD MUY BAJO) HASTA MARRÓN OSCURO (NIVEL DE CRITICIDAD MUY ALTO) (AUTORES, 2019).	167

ABREVIACIONES

AFD	Agence Française de Développement / Agencia Francesa para el Desarrollo
CEDAF	Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal
CMIP	Coupled Model Intercomparison Project / Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados
CNCCMDL	Consejo Nacional de Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio
END	Estrategia Nacional de Desarrollo
GCM	General Circulation Model / Modelo de Circulación General
ICMA	International City/County Management Association / Asociación Internacional de Gestión Ciudad/País
IDH	Índice de Desarrollo Humano
IDIAF	Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
INDRHI	Instituto Nacional De Recursos Hidráulicos
NASA	Administración Aeronáutica y Espacial Nacional / National Aeronautics and Space Administration
OEA	Organización de los Estados Americanos
ONAMET	Oficina Nacional de Meteorología
ONE	Oficina Nacional de Estadística
PIB	Producto Interno Bruto
RCM	Regional Climate Model / Modelo Climático Regional
SIG	Sistema de Información Geográfica
SPA	Sistema de Producción Agrícola
USAID	United States Agency for International Development / Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio se enmarca en el primer componente del proyecto de “Apoyo al sector Agrícola de la Republica dominicana en un contexto de cambio climático”, financiado por la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) a través de la facilidad Adapt’Action. El objetivo final de este componente es desarrollar planes de acción operativos para la adaptación de dos Sistemas de producción agrícola y regiones (SPA) prioritarios, elegidos entre seis SPA identificados como estratégicos para el país: el banano y el arroz en la región Noroeste, el cacao en el Nordeste, el café en la Cordillera septentrional, la habichuela en el Suroeste (provincia de San Juan) y el plátano en el Sur.

La caracterización de cada uno de estos seis SPA en su entorno ambiental, socioeconómico e institucional fue objeto de un estudio anterior. El presente informe tiene el objetivo de caracterizar la vulnerabilidad de cada uno de los seis SPA, a partir del análisis de tres dimensiones clave:

- Su exposición al cambio climático, que se refiere directamente a los factores de estrés y agentes potencialmente dañinos que pueden amenazar a uno o varios aspectos del sistema analizado;
- Su sensibilidad, es decir el grado en el cual el sistema analizado es susceptible frente a cada uno de los factores de estrés identificados;
- Su capacidad adaptativa, es decir el grado en el cual el sistema puede resistir o adecuarse a los factores de estrés identificados.

Cada una de estas tres dimensiones fue caracterizada a través de índices, de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, calculado a partir de la combinación de indicadores específicos para cada uno de los SPA. Finalmente, un índice de vulnerabilidad, actual y pasada, fue calculado como combinación de los índices anteriormente mencionados.

Los indicadores utilizados en el marco de este estudio fueron seleccionados según dos criterios principales:

- Su relevancia, determinada a partir de un análisis bibliográfico de las publicaciones disponibles sobre el tema;
- La existencia y disponibilidad de datos georreferenciados a un nivel de precisión suficiente para los fines del estudio (a nivel de parcela o de distrito municipal según los casos).

Esto implica que, en ciertos casos, variables relevantes no pudieron ser incluidas en el análisis cuantitativo. Es por ejemplo el caso de la incidencia de ventarrones, que afectan en particular los SPA banano y plátano, y para los cuales no se cuenta con registros climatológicos o series estadísticas sobre los daños ocasionados. Estos elementos fueron entonces analizados de forma complementaria y cualitativa.

La vulnerabilidad futura de los seis SPA fue analizada en dos etapas. En primer lugar, se analizaron los datos producidos por el Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados (CMIP 5), el cual agrupa los resultados de la producción mensual de 16 Modelos de Circulación General (GCM) para proyectar los cambios de temperatura y precipitaciones futuros en las vías representativas de concentración (RCP) 4.5 y 8.5 a los horizontes 2030, 2050 y 2070. Estos datos fueron utilizados para caracterizar las variaciones futuras probables del clima, de manera anual y estacional. Considerando la baja resolución

espacial de los datos producidos por el CMIP 5 y su poca sensibilidad a los efectos topográficos, sin embargo, no se pueden proyectar estos resultados de manera cartográfica.

En segundo lugar, se organizaron talleres regionales con los principales actores vinculados a cada SPA, en cada región estudiada. Estos talleres permitieron presentar los resultados alcanzados hasta el momento, y provocar una reflexión sobre los impactos directos e indirectos de la variabilidad climática futura sobre el entorno productivo y socioeconómico de cada SPA.

Los resultados del estudio evidencian situaciones diferentes para los seis SPA analizados.

En primer lugar, el SPA del cacao en el Nordeste se destaca, en general, por presentar menores niveles de criticidad, a excepción de algunas zonas limitadas que muestran valores elevados de exposición y/o sensibilidad ligados prevalentemente a riesgo de inundaciones y baja resiliencia, especialmente debido a la falta de relevo generacional y bajo nivel académico de los actores del sector.

Los SPA más vulnerables son el plátano, en el Sur, el banano, en el Noroeste, y la habichuela, en el Suroeste.

Los SPA banano y plátano están ubicados en zonas áridas, lo, si por un lado constituye un elemento favorable por la menor exposición a enfermedades fúngicas, por el otro hace que dichos sistemas productivos estén bajo estrés hídrico permanente, por lo cual la producción puede llevarse a cabo exclusivamente bajo riego. Por otra parte, la mayoría de las fincas, en ambos SPA, se ubican a lo largo de los cauces de los ríos principales, en áreas potencialmente inundables, lo cual los expone a riesgo de inundación. En ambas regiones, como en el resto del país, las proyecciones climáticas apuntan a un futuro caracterizado por un incremento de las temperaturas, precipitaciones reducidas y cambio de régimen pluviométrico, con una mayor incidencia de eventos extremos. Dichas previsiones evidencian para el futuro una mayor exposición tanto a la sequía como a las inundaciones, lo cual, sumado a la criticidad de diferentes indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa, entre los cuales el bajo nivel socioeconómico y la limitada formación académica de los productores de las zonas, hace que dichos sistemas sean muy vulnerables ante el cambio climático y la variabilidad del clima.

El SPA de la habichuela en la provincia de San Juan presenta dos perfiles distintos, pero con una vulnerabilidad generalmente alta en todo el territorio. Por una parte, las fincas ubicadas en zonas montañosas muestran niveles de vulnerabilidad de altos a muy altos por un conjunto de factores, entre los cuales se destacan características edáficas inadecuadas para el cultivo (profundidad reducida, textura arcillosa), pendiente elevada y déficit hídrico a lo largo del ciclo productivo. A todo esto, se suma una baja capacidad adaptativa, asociada prevalentemente al bajo nivel socioeconómico y la baja formación académica de los productores de la zona. Por otra parte, las fincas ubicadas en las tierras bajas, en el fondo del valle principal, están expuestas a riesgo de inundación. En toda la provincia, las condiciones socioeconómicas deprimidas y el bajo nivel de escolaridad de los productores de la zona incrementan la sensibilidad y limitan la capacidad adaptativa del sector, sobre todo en zonas montañosas.

El arroz de la región Noroeste presenta un perfil similar al del banano, con una vulnerabilidad principalmente condicionada por el déficit de agua. Ubicado en zona árida, el SPA depende del riego, cuyo aprovechamiento es poco eficiente, debido a la textura arenosa y franco-arenosa de un porcentaje significativo de los suelos de la zona, que no favorecen la retención del agua. A la vez, la

mayoría de las fincas se ubican en terrenos inundables, exponiendo las plantaciones al riesgo ser inundados en épocas inapropiadas del ciclo productivo. Las características socioeconómicas y sociodemográficas de los productores se asemejan a las del SAP banano, con un porcentaje reducido de personas productoras con nivel socioeconómico alto o con título académico superior.

El SPA café en la Cordillera Septentrional tiene un nivel de exposición reducida, a pesar de que la mayor parte de los terrenos cuentan con suelos poco profundos (menos de 50 cm) y textura prevalentemente arcillosa, que no favorecen el cultivo del café, cuyo desarrollo óptimo está asociado a suelos profundos (más de 1.2 metros) y textura de franco-arcillosa a franco-arenosa. Las principales limitantes para este SPA son su capacidad adaptativa, que presenta niveles de bajos a muy bajos, especialmente debido a escaso relevo generacional y bajo porcentaje de personas del sector que cuenten con nivel socioeconómico alto o con título académico.

Aunque la formulación de recomendaciones específicas y detalladas para la adaptación al cambio climático de los SPA priorizados será el objeto de estudios complementarios, que serán llevados a cabo en una segunda etapa, en el marco de este proyecto, los resultados del presente estudio permiten destacar algunos elementos clave para orientar políticas de sector dirigidas a reducir la vulnerabilidad de los SPA analizados.

En primer lugar, el manejo del agua y las reglas de acceso al sistema de riego son factores fundamentales para los SPA más expuestos a sequía, o sea banano, plátano, arroz y habichuela. Por lo tanto, es necesario mejorar la eficiencia en el uso del agua, estableciendo reglas apropiadas de aprovechamiento y acceso, especialmente en la región Noroeste, donde el consumo de agua iguala o sobrepasa los recursos disponibles en gran parte del año.

La vulnerabilidad asociada al viento fuerte es uno de los elementos críticos más mencionados por los actores locales, especialmente para los SPA del banano y el plátano, donde se observan daños frecuentes asociados a este elemento. Sin embargo, faltan registros y estadísticas específicas, así como mediciones de las variables eólicas que permitan formular análisis detallados en propósito. Esto constituye uno de los puntos a ser mejorados, especialmente tomando en cuenta que las proyecciones disponibles señalan para los años venideros un incremento de la frecuencia de eventos extremos (huracanes en particular).

De forma transversal, las problemáticas socioeconómicas y sociodemográficas afectan a todos los SPA. Se observa una criticidad mayor de los indicadores analizados en las áreas económicamente deprimidas y en las zonas montañosas (caso de los SPA habichuela y café). Por lo tanto, medidas orientadas a la reducción de la vulnerabilidad de los SPA analizados deben enmarcarse en acciones más generales de desarrollo integral de las cuencas.

INTRODUCCION

Contexto del estudio

El sector agropecuario realiza un aporte significativo al Producto Interno Bruto (PIB) del país, habiendo contribuido al 5.1% de su crecimiento en el 2018, sumando un valor bruto de producción superior a los 225 mil millones de pesos (Ministerio Agricultura, 2019¹).

Según el Ministerio de Agricultura (2019), los principales productos de exportación son: el tabaco, por un ingreso total en 2018 de más de 883 millones de dólares; el cacao, por un ingreso superior a los 220 millones de dólares; las musáceas (banano y plátano), por un ingreso superior a los 204 millones de dólares; el café, con más de 11 millones de dólares; el arroz, con más de 6 millones de dólares.

A nivel nacional, la seguridad alimentaria del país depende en gran parte de los cultivos de arroz y habichuela, por ser los productos principales que conforman la dieta dominicana.

Los datos presentados muestran la relevancia que tiene el sector agropecuario, tanto para la economía como para la seguridad alimentaria de la República Dominicana, por lo que es de suma importancia analizar aquellos factores de vulnerabilidad que pueden afectarle. La variabilidad del clima y el cambio climático, por ejemplo, hacen críticamente vulnerable este sector (Wreford et al., 2010²; IPCC, 2014³; Izzo et al., 2012⁴).

Datos detallados sobre cada uno de los SPA analizados son contenidos en el informe de “Caracterización de los sistemas de producción agrícola y regiones priorizados”⁵.

Identificación de seis sistemas de producción agrícola

En respuesta a estas evidencias y con el objetivo de garantizar acciones adecuadas frente a las amenazas a las cuales está expuesto uno de los sectores productivos relevantes del país, la República Dominicana ha venido desarrollando un marco político y legal orientado a favorecer la adaptación al cambio climático. En efecto, este tema es considerado clave para el desarrollo del país, según establecido en la Estrategia Nacional de Desarrollo (END) (Ley 2012-01), a la cual se han adecuados los planes sectoriales de las diferentes instituciones del estado, incluyendo el Ministerio de Agricultura,

¹ Ministerio Agricultura. 2019. Estadísticas agropecuarias. Santo Domingo.

<http://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/>

² Wreford, A., Moran, D., Adger, N. 2010. Climate change and agriculture: impacts, adaptation and mitigation. Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD), Paris.

³ IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II contribution to the IPCC's Fifth Assessment Report (WGII AR5). Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.

⁴ Izzo, M., Rathe, L., Arias Rodríguez, D. 2012. Puntos críticos para la vulnerabilidad a la variabilidad y el cambio climático en la República Dominicana y su adaptación al mismo. Instituto Dominicano de Desarrollo Integral (IDDI), The Nature Conservancy (TNC), United States Agency for International Development (USAID). Santo Domingo.

⁵ EGIS, SalvaTerra, Meteodyn, IRD y Carbonium. 2019. Caracterización de los sistemas de producción agrícola y regiones priorizados. Proyecto de Apoyo al sector Agrícola de la República Dominicana en un contexto de cambio climático (Componente 1). Agencia Francesa para el Desarrollo, Santo Domingo.

que cuenta con una Estrategia de Adaptación al Cambio Climático del Sector Agrícola, para el período 2014-2020.

Brindando soporte a los esfuerzos nacionales, la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD), dentro del eje 2 del Marco de la Facilidad Adapt'Action, en coordinación con un comité de seguimiento local en la República Dominicana, contribuyó a identificar seis Sistema de Producción Agrícola (SPA) prioritarios para la adaptación del país al cambio climático (Figura 1):

1. el banano en la región Noroeste;
2. el arroz en la región Oeste;
3. la habichuela en la provincia san Juan, en el Suroeste;
4. el cacao en la región Nordeste;
5. el café en la zona Norte de la Cordillera Septentrional, desde Solimán hasta Salcedo;
6. el plátano en la región Sur.

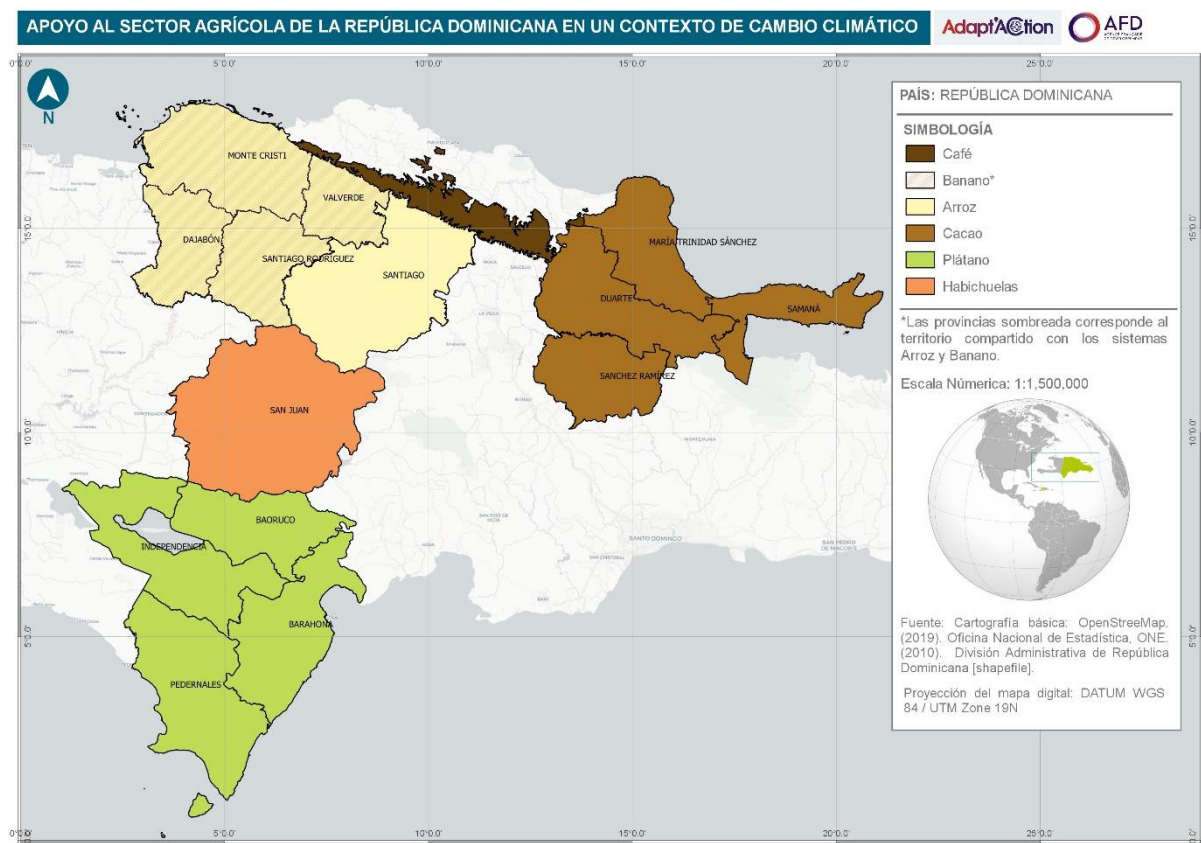


Figura 1: Mapa de situación de las zonas geográficas incluidas en el análisis para cada SPA estudiado (Autores, 2020).

Dichos sectores fueron priorizados mediante una labor conjunta de la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD), dentro del eje 2 marco de la Facilidad Adapt'Action, y un comité de seguimiento local en la República Dominicana encabezado por el Ministerio de Agricultura.

Fruto de este trabajo, se elaboró y aprobó el proyecto “Apoyo al sector agrícola de la República Dominicana en un contexto de cambio climático”, cuya segunda etapa (Actividad 1.2) consiste en la evaluación de la vulnerabilidad pasada, presente y futura de cada uno de estos 6 SPA priorizados.

El presente documento contiene los resultados de dicho estudio.

ENFOQUE Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Marco conceptual y definiciones

La vulnerabilidad es un concepto complejo, que involucra muchos aspectos y características de personas y grupos sociales expuestos a determinadas amenazas y que presentan diferentes limitaciones para anticiparlas, adaptarse a ellas y recuperarse de los daños que les hayan ocasionado. La complejidad está también asociada a los diferentes enfoques que se usan para estudiar la vulnerabilidad, dependiendo del área específica analizada, lo cual implica el uso de maneras diferentes de definirla, medirla y cuantificarla (Brooks, 2003⁶; Kane & Radosevich, 2010⁷; Pelling, 2010⁸; Preston et al., 2011⁹; Wisner & Kelman, 2015¹⁰).

La etimología de la palabra deriva del latín *vulnus*, herida, y el sufijo *-abilis*, que indica una posibilidad, es decir que la vulnerabilidad expresa el grado de afectación potencial frente a un evento determinado. Desde el punto de vista climático, la vulnerabilidad puede ser definida como el grado en que un sistema es susceptible a o incapaz de manejar los efectos adversos asociados a eventos de esa naturaleza, incluyendo los eventos extremos, la variabilidad y el cambio climático (Cita bibliográfica).

Para su caracterización y análisis, la vulnerabilidad (V) es normalmente expresada en función de tres dimensiones: la exposición (E), la sensibilidad (S) y la capacidad adaptativa (CA) (Brooks, 2003; Adger, 2006¹¹).

$$V = f(E, S, CA)$$

La Figura 2 a continuación propone definir estas dimensiones de la manera siguiente:

CONCEPTO	DEFINICIÓN
Vulnerabilidad	Grado en que un sistema es susceptible o incapaz de hacer frente a los efectos adversos asociados a eventos específicos.
Exposición	Naturaleza y grado en que un sistema experimenta estrés frente a eventos específicos. Las características de dichos estreses incluyen magnitud, frecuencia, duración y extensión de la amenaza o peligro (Adger, 2006).
Sensibilidad	Grado en que un sistema es modificado o afectado por una perturbación (Adger, 2006).

⁶ Brooks, N. 2003. Vulnerability, risk, and adaptation: a conceptual framework. Working Paper, Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich.

⁷ Kane, R., & Radosevich, D. 2010. Conducting health outcomes research. Sudbury, MA: Jones & Bartlett.

⁸ Pelling, M. 2010. Adaptation to climate change: From resilience to transformation. London: Routledge.

⁹ Preston, B., Yuen, E., & Westaway, R. 2011. Putting vulnerability to climate change on the map: A review of approaches, benefits, and risks. *Sustainability Science*, 6(2), 177–202.

¹⁰ Wisner, B., & Kelman, I. 2015. Community resilience to disasters. In J. Wright (Ed.), *International encyclopedia of social and behavioural sciences* (2nd ed.), vol. 4 (pp. 354–360). Elsevier, Oxford.

¹¹ Adger, W.N. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>

CONCEPTO	DEFINICIÓN
Capacidad adaptativa	Habilidad de un sistema para evolucionar de una manera que le permita ajustarse a las amenazas y/o peligros a los cuales está expuesto y expandir el rango de variabilidad para manejar los mismos (Adger, 2006).
Resiliencia	Capacidad de un sistema de recuperarse luego de haber sido afectado por un evento específico. Es parte de la capacidad adaptativa.

Figura 2: Conceptos y definiciones para la caracterización de la vulnerabilidad (Autores, 2019)

Asimismo, el estudio de la vulnerabilidad implica una perspectiva integral, que permita abarcar la complejidad del sistema analizado, tomando en cuenta factores físicos, así como socioeconómicos. Los pasos clave para el análisis incluyen los siguientes componentes:

1. Caracterización del sistema objeto del análisis;
2. Identificación de los elementos expuestos;
3. Definición y caracterización de las amenazas o peligros;
4. Identificación de factores críticos internos, así como externos;
5. Combinación de los elementos identificados para una visión de conjunto y comparativa.

Análisis de la variabilidad climática observada

A nivel nacional la literatura científica sobre la variabilidad histórica del clima es todavía reducida. La información contenida en el presente informe hace referencia a los dos estudios principales en el tema (Pérez & Jury del 2013¹² y el de Izzo et al.¹³, en fase de publicación), los cuales sintetizan el conocimiento científico más actualizado en tema de tendencias climáticas observadas históricamente en el territorio nacional. Dichos estudios coinciden en la identificación de un crecimiento significativo de la temperatura del país, de unos 0.012°C/año (Pérez & Jury, 2013). Dicha tendencia, para la estación de Santo Domingo, que cuenta con la serie de datos cualitativamente mejor, se traduce en un crecimiento de 3.0±0.5°C y 1.8±0.4°C respectivamente de la temperatura mínima y la temperatura máxima promedio anual en el período 1936-2007 (Izzo et al., en fase de publicación).

Ambos estudios resaltan la ausencia de un patrón uniforme del comportamiento de las precipitaciones, para las cuales la significatividad de las tendencias depende de la región específica del país (Izzo et al., en fase de publicación). Las conclusiones principales evidencian, por lo general, un incremento de las precipitaciones en las zonas barlovento a las principales cadenas de montaña y su decremento en las áreas sotavento (Figura 3). El mismo estudio destaca una intensificación general de las precipitaciones (lluvias abundantes y concentradas en el tiempo) en la costa caribeña.

¹² Pérez, C.R., Jury, M.R. 2013. Spatial and temporal analysis of climate change in Hispaniola. Theoretical and Applied Climatology, 113(1-2), 213-224. DOI 10.1007/s00704-012-0781-0

¹³ Izzo, M., Aucelli, P.P.C., Maratea, A. Under final revisión for publication. Historical trends of rain and air temperature in the Dominican Republic. International Journal of Climatology.

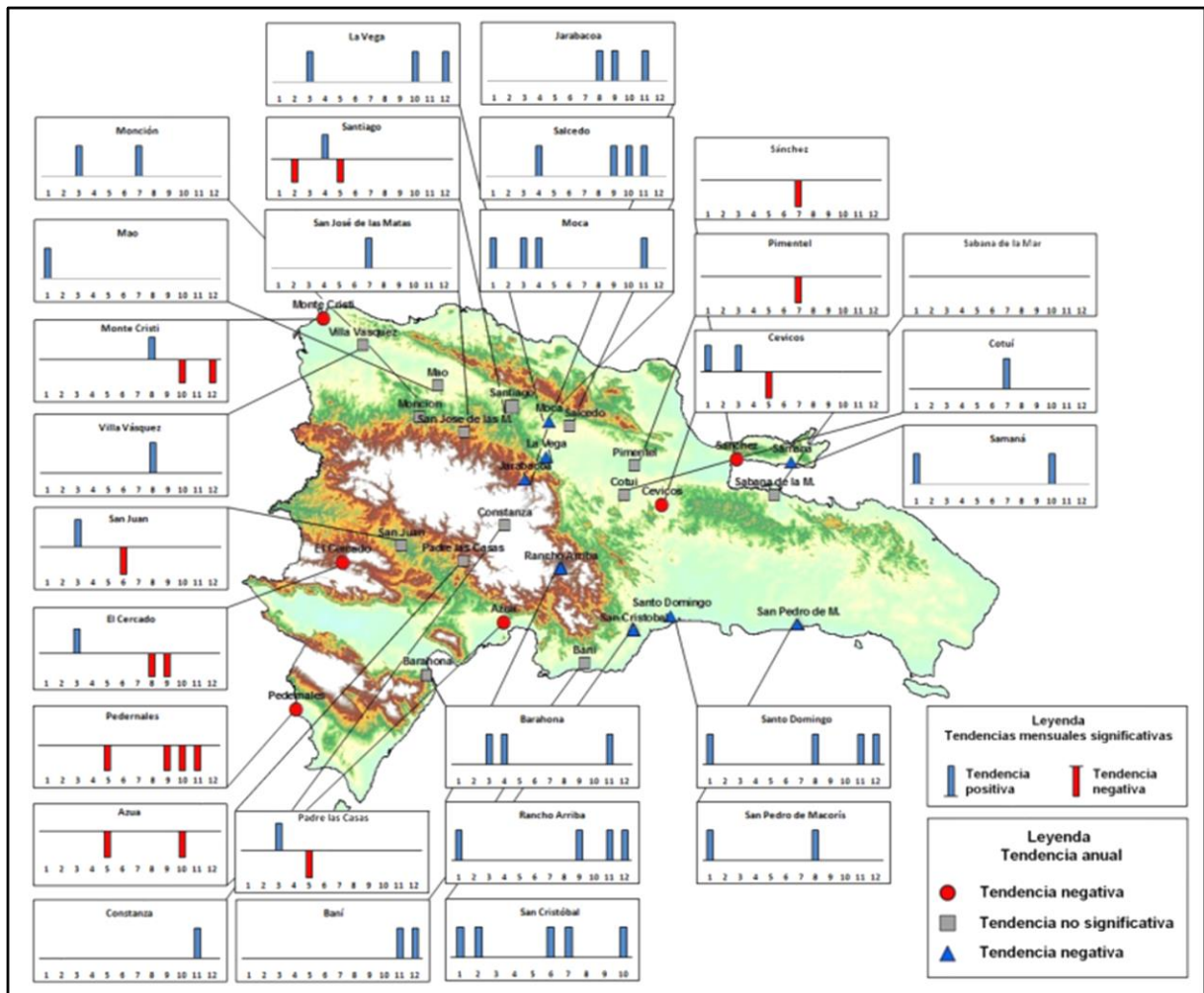


Figura 3: Distribución espacial de las tendencias históricas de los acumulados anuales y mensuales de precipitación en el territorio nacional, en el período 1939-2007 (modificado de Izzo et al., en fase de publicación).

Recolección de datos sobre los seis SPA

Supuesto esencial para el análisis de vulnerabilidad es una base de datos adecuadamente organizada y georreferenciada, cuya construcción debe estar guiada por los siguientes interrogantes (Wisner, 2016¹⁴):

1. Amenazas/Peligros
 - 1.1. ¿Cuáles son las amenazas o peligros vinculados al cambio climático?
 - 1.2. ¿Dónde y cuándo ocurren?
 - 1.3. ¿Cuáles son los impactos asociados?
2. Contexto social y ambiental

¹⁴ Wisner, B. 2016. B. 2016. Vulnerability as concept, model, metric, and tool. Natural Hazard Science. DOI: 10.1093/acrefore/9780199389407.013.25

- 2.1. ¿Cuáles son los sistemas afectados?
 - 2.2. ¿De qué manera y en qué medida son afectados?
 - 2.3. ¿Qué explica la diferente capacidad de cooperar y adaptarse?
 - 2.4. ¿Cuáles son las causas y consecuencias de esas diferencias?
3. Resiliencia
- 3.1. ¿Cómo y por qué cambia el sistema luego de un evento climático extremo?
 - 3.2. ¿Cuál es su capacidad de responder al cambio?
 - 3.3. ¿Cuáles son los procesos subyacentes que controlan esa habilidad de cooperar y adaptarse?

La respuesta a estas preguntas se sustenta, por un lado, en un análisis técnico-científico de los sistemas estudiados y, por el otro, en la experiencia de actores clave (Downing et al., 2002¹⁵; Mwongera et al., 2015¹⁶), quienes incluyen los grupos vulnerables y que de manera activa participan en la selección de indicadores que permitan describir de manera adecuada exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, haciendo que el estudio fortalezca el conocimiento de la vulnerabilidad del país

¹⁵ Downing, T.E., Patwardhan, A., Mukhala, E., Stephen, L., Winograd, M., Ziervogel, G. 2002. Vulnerability assessment for climate adaptation. Adaptation Planning Framework Technical Paper, 3. Habana/Oxford.

¹⁶ Mwongera, C., Shikuku, K.M., Winowiecki, L., Twyman, J., Läderach, P., Ampaire, E., van Asten, P., Twomlow, S. 2015. Climate-smart agriculture rapid appraisal (CSA-RA): A prioritization tool for outscaling CSA. Step-by-step guidelines. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali, Colombia.

(ICMA,2016a¹⁷; 2016b¹⁸; 2016c¹⁹; 2016d²⁰; Izzo, 2013²¹; 2014²²; Izzo et al., 2012; REDDOM, 2012²³; 2015a²⁴; 2015b²⁵).

Para cada uno de los cultivos analizados, a partir de la literatura científica disponible para el sector, se han definido los rangos óptimos relativos a los principales parámetros físicos, químicos y ambientales que más influyen sobre el desarrollo del cultivo específico considerado. De esta manera, es posible identificar en cada una de las regiones las áreas más propicias para cada uno de los cultivos.

A partir de esta caracterización, el paso siguiente es el análisis de la distribución real del cultivo específico respecto a las áreas óptimas, midiendo la distancia entre las condiciones reales y las ideales para la productividad.

Toda la información ha sido organizada y elaborada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), basado en el uso del software QGIS (versión 3.8.3 “Zanzibar”, <https://qgis.org/>).

Selección de indicadores

La estimación de la vulnerabilidad para cada uno de los SPA analizados está basada en el cálculo de un índice de vulnerabilidad como función de índices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, a su vez obtenidos a partir de una combinación de los indicadores correspondientes.

Los indicadores usados en el estudio son actualizados a la versión más reciente disponible en el país, tienen diferentes períodos de referencia, por lo tanto, el estudio proporciona una imagen de la

¹⁷ ICMA. 2016a. Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Las Terrenas para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional de Ciudades y Municipios (ICMA), Programa de Planificación para la Adaptación Climática, USAID-FEDOMU-ICF International. Santo Domingo, República Dominicana.

¹⁸ ICMA. 2016b. Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio San Pedro para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional de Ciudades y Municipios (ICMA), Programa de Planificación para la Adaptación Climática, USAID-FEDOMU-ICF International. Santo Domingo, República Dominicana.

¹⁹ ICMA. 2016c. Evaluación de la vulnerabilidad climática del Distrito Nacional para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional de Ciudades y Municipios (ICMA), Programa de Planificación para la Adaptación Climática, USAID-FEDOMU-ICF International. Santo Domingo, República Dominicana.

²⁰ ICMA. 2016d. Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Santiago para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. Asociación Internacional de Ciudades y Municipios (ICMA), Programa de Planificación para la Adaptación Climática, USAID-FEDOMU-ICF International. Santo Domingo, República Dominicana.

²¹ Izzo, M. 2013. Análisis multitemporal de uso del suelo y eficacia de políticas territoriales en la cuenca de Los Dajaos, con enfoque en la adaptación al cambio climático y reducción de la vulnerabilidad. Programa de Protección Ambiental. USAID, Ministerio de Medio Ambiente, The Nature Conservancy, IDDI. Santo Domingo, República Dominicana.

²² Izzo, M. 2014. Diagnóstico de infraestructuras de agua y saneamiento en barrios de la zona norte del Distrito Nacional, orientado a la definición de políticas territoriales de reducción de la vulnerabilidad frente al cambio climático, de resiliencia y adaptación al mismo. Programa Gestión Fiscal Local Basada en Resultados en el ADN, incluyendo la Promoción del Turismo. USAID - IDDI, Santo Domingo, República Dominicana.

²³ REDDOM. 2012. Análisis vulnerabilidad y plan de adaptación al cambio climático en clústeres seleccionados. AGRORED, United States Agency for International Development (USAID). Santo Domingo.

²⁴ REDDOM. 2015a. Análisis de vulnerabilidad de los sectores de ganadería de leche y banano en la Línea Noroeste. Fundación REDDOM, United States Agency for International Development (USAID). Santo Domingo.

²⁵ REDDOM. 2015b. Análisis de vulnerabilidad del sector cacaotalero en la provincia Monte Plata. Fundación REDDOM, United States Agency for International Development (USAID). Santo Domingo.

vulnerabilidad promedio de los seis SPA, que cubre un período temporal desde el 2010, año de realización del último Censo Nacional, hasta la fecha.

Los indicadores han sido seleccionados con base en el criterio de su representatividad con relación a las tres dimensiones de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) y de la disponibilidad de datos.

Los indicadores de exposición son, en su mayoría, específicos para cada uno de los cultivos, puesto que son definidos como distancia de las condiciones óptimas. El número de indicadores de exposición puede variar de un SPA al otro, considerando para cada uno de ellos las variables disponibles que tienen mayor relevancia en función de la fenología del cultivo específico. Todos los indicadores, así como el índice de exposición, son normalizados en una escala de 0 a 100, lo cual permite llevar a cabo comparaciones entre los diferentes SPA analizados.

Algunos indicadores, aunque muy relevantes para medir la exposición de determinados cultivos, no pudieron ser incluidos por falta de datos: es, por ejemplo, el caso de la exposición al viento, de importancia significativa para los SPA de musáceas (banano y plátano).

Los índices de sensibilidad y capacidad adaptativa agrupan variables comunes a todos los SPA. En efecto, se considera por ejemplo que el nivel socioeconómico o la edad promedio de los productores tiene el mismo impacto sobre la sensibilidad y la capacidad adaptativa de todos los SPA. Esto implica, metodológicamente, que los indicadores utilizados para calcular estos índices sean igualmente disponibles en todos los SPA, con el mismo nivel de detalle, y que se pueda asumir que tienen el mismo peso en cada uno de ellos. Algunas variables, aunque intrínsecamente interesantes para la caracterización de la vulnerabilidad de un SPA específico, han sido descartadas por esta razón. Por ejemplo, el nivel de organización de los productores (aproximado por la afiliación a una cooperativa) no tiene el mismo peso sobre la capacidad adaptativa en cadenas de valor estructuradas de manera distinta.

De igual manera, la integración específica de las problemáticas vinculadas al género y a la igualdad de género no ha sido posible a este nivel del estudio por falta de datos desagregados por género con un nivel de precisión suficiente y uniforme entre los seis SPA.

A continuación, se presentan los indicadores de Exposición, Sensibilidad y Capacidad adaptativa usados en el marco del estudio:

Exposición (E)

Banano

EB1: Déficit de precipitación anual

EB2: Déficit de precipitación mensual

EB3: Distancia respecto al cauce del río en área inundable

EB4: Textura del suelo

EB5: Profundidad del suelo

Arroz

- EA1: Distancia del óptimo de temperatura
- EA2: Déficit de precipitación anual
- EA3: Distancia respecto al cauce del río en área inundable
- EA4: Textura del suelo
- EA5: Pendiente

Habichuela

- EH1: Distancia del óptimo de temperatura
- EH2: Déficit de precipitación por ciclo productivo
- EH3: Distancia del río en área inundable
- EH4: Textura del suelo
- EH5: Profundidad del suelo
- EH6: Pendiente

Cacao

- ECH1: Déficit de precipitación mensual
- ECH2: Distancia del óptimo de temperatura
- ECH3: Textura del suelo
- ECH4: Profundidad del suelo
- ECH5: Pendiente
- ECH6: Distancia del río en área inundable

Café

- EC1: Déficit de precipitación anual
- EC2: Déficit de precipitación mensual
- EC3: Distancia del río en área inundable
- EC4: Textura del suelo
- EC5: Profundidad del suelo

Plátano

- EP1: Déficit de precipitación anual
- EP2: Déficit de precipitación mensual

EP3: Distancia del río en área inundable

EP4: Textura del suelo

EP5: Profundidad del suelo

Un indicador de gestión ambiental y los indicadores socioeconómicos relativos al sector agrícola son comunes a todos los SPA y son constituidos por las siguientes medidas:

Sensibilidad (S)

S1: Índice de Sensibilidad a la Desertificación

S2: Porcentaje de personas del sector agrícola con nivel económico bajo o muy bajo

S3: Porcentaje de personas del sector agrícola de 65 años o más

Capacidad adaptativa (CA)

CA1: Porcentaje de personas del sector agrícola en el rango de edad 25-44 años

CA2: Porcentaje de personas del sector agrícola con nivel socioeconómico medio o superior

CA3: Porcentaje de personas del sector agrícola con título académico

Los indicadores socioeconómicos son usados a la escala de distrito municipal, la cual constituye una resolución adecuada para la priorización de los dos sectores más críticos, entre los seis estudiados. Para el análisis de vulnerabilidad de estos últimos, con el objetivo de realizar una caracterización apropiada a un nivel de resolución espacial más alto, se considera importante contar con datos a nivel de parcela, incluyendo su georreferenciación, que deberán estar acompañados por informaciones socioeconómicas por lo menos a nivel de barrio-paraje.

En el Anexo 1 se proporciona una ficha técnica para cada uno de los indicadores usados, en la cual se especifican los siguientes elementos: definición del indicador; modalidad de cálculo; año o período de referencia; tipo de dato; periodicidad de medición; nivel de desagregación; fuente de los datos usados para el cálculo.

El análisis está estructurado en los siguientes pasos (Izzo et al., 2012):

1. Normalización de los indicadores

El procedimiento responde al objetivo de medir todos los indicadores con base en la misma escala, entre 0 y 100.

Para lograrlo, para cada uno de los indicadores, a cada valor se resta el mínimo de la serie de valores completa y se divide el resultado por la diferencia entre los valores máximo y mínimo de la misma serie.

$$N_i = 100 \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Para fines de favorecer la comparación entre los seis SPA, los indicadores comunes han sido estandarizados respecto a los valores mínimos y máximo del conjunto de regiones analizadas.

2. Combinación de los indicadores normalizados mediante media aritmética

Los índices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa son calculados combinando los indicadores correspondientes a cada una de las dimensiones mediante media aritmética. De esta manera, se asigna a todos los indicadores el mismo peso.

3. Cálculo del Índice de Vulnerabilidad

El Índice de Vulnerabilidad es calculado como función de los índices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Para reflejar la contribución directa de exposición y sensibilidad e inversa de la capacidad adaptativa, en el cálculo se aplica el modelo multiplicativo simple, en el cual se asigna el mismo peso a cada una de las dimensiones.

$$V = \frac{E \times S}{CA}$$

Dicha elección es la más oportuna a la hora de analizar el territorio en búsqueda de criticidades, cuando no haya evidencias que justifiquen la asignación de pesos diferentes a una o más de las dimensiones.

Los seis SPA son analizados a partir de su ubicación geográfica en cada una de las regiones estudiadas, la cual es obtenida a partir del Mapa de Cobertura y Uso de Suelo más reciente disponible en el país (Ministerio Ambiente, 2012²⁶). En el mismo quedan detalladas de manera específicas las áreas cubiertas por café, cacao y arroz, lo cual permite ubicar de manera clara tres de los seis SPA. Para el banano y el plátano se hace referencia a la categoría “musáceas”, que abarca ambos. Dicha decisión no implica un error significativo, puesto que cada una de las dos regiones analizadas para ese cultivo presenta una dominancia, superior al 90%, de banano (noroeste) o plátano (sur).

Con relación a la habichuela se hace referencia a las categorías “Agricultura/Pasto”, que incluye la agricultura de subsistencia, y “Agricultura Intensiva”, de la cual se ha excluido las musáceas. En efecto, para ese cultivo se pueden distinguir dos áreas típicas de producción: una intensiva, en el valle, donde, debido a las temperaturas más altas, se realiza una sola cosecha al año, y otra extensiva y de subsistencia, en las zonas montañosas, donde son posibles dos cosechas anuales. Debido a la estacionalidad de su producción, los terrenos no están cubiertos por el cultivo durante todo el año, ni todos los años, puesto que la habichuela forma parte de un sistema de cultivos rotatorio. Por lo tanto, las áreas identificadas son todas aquellas ocupadas o potencialmente ocupadas por ese cultivo. Dentro de esa zona son, luego, destacados los parajes donde mayormente se concentra la producción y el cultivo está típicamente presente todos los años.

El Índice de Vulnerabilidad es representado en los mapas de cada uno de los sectores con una escala de colores cuyos rangos corresponden a los cinco cuantiles de la distribución de frecuencia propia de cada sector.

²⁶ Ministerio Ambiente. 2012. Mapa de Cobertura y Uso de Suelo de la República Dominicana. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Santo Domingo.

La comparación intersectorial de las vulnerabilidades relativas de cada uno de los seis SPA es llevada a cabo representando los Índices de Vulnerabilidad de cada uno de los sistemas en la misma escala, común a todos los sistemas.

Modelos de proyección climática

El Caribe es una de las regiones del planeta para la cual se prevén los mayores impactos asociados al cambio climático, debido a variaciones significativas de las principales variables meteorológicas. Los estudios más recientes conducidos sobre el tema destacan que, incrementos de la temperatura global, se traducirían, entre otros, en un incremento de las olas de calor, un aumento más pronunciado de la temperatura respecto al promedio global (Hall et al., 2013²⁷; Karmalkar et al., 2013²⁸), una reducción general de los acumulados de lluvia, especialmente en las épocas húmedas, (Campbell et al., 2011²⁹; Karmalkar & Bradley, 2017³⁰) una intensificación, en intensidad y frecuencia, de la sequía y una intensificación de los huracanes (IPCC, 2012³¹; Taylor et al., 2018³²).

Otros impactos, como la intrusión de aguas salinas en los acuíferos costeros, no han sido incluidos en el análisis ya que ninguno de los SPA considerados se ubica en zonas costeras potencialmente afectadas.

Las proyecciones actualmente disponibles están basadas en Modelos Generales de Circulación (GCM), así como de Modelos Climáticos Regionales (RCM) y datos del Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados (CMIP) (Taylor et al., 2012³³). Sin embargo, los estudios realizados hasta el momento evidencian las limitaciones existentes, especialmente ligadas a la carencia de observaciones de alta resolución y a las diferencias existentes entre las simulaciones procedentes de modelos distintos, lo cual destaca la necesidad de llevar a cabo más análisis comparativos para poder aclarar la significancia de las diferencias observadas, así como mejorar la confianza de las proyecciones obtenidas (Karmalkar et al., 2013).

²⁷ Hall, T.C., Sealy, A.M., Stephenson, T.S., Kusunoki, S., Taylor, M.A., Chen, A.A., Kitoh, A. 2013: Future climate of the Caribbean from a super-high-resolution atmospheric general circulation model. *Theoretical and Applied Climatology*, 113, 271-287. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0779-7>.

²⁸ Karmalkar, A.V., Taylor, M.A., Campbell, J., Stephenson, T., New, M., Centella, A., Benzanilla, A., Charlery, J. 2013. A review of observed and projected changes in climate for the islands in the Caribbean. *Atmósfera*, 26, 283-309. [https://doi.org/10.1016/S0187-6236\(13\)71076-2](https://doi.org/10.1016/S0187-6236(13)71076-2).

²⁹ Campbell, J.D., Taylor, M.A., Stephenson, T.S., Watson, R.A., Whyte, F.S. 2011. Future climate of the Caribbean from a regional climate model. *International Journal of Climatology*, 31, 1866-1878. <https://doi.org/10.1002/joc.2200>.

³⁰ Karmalkar, A.V., Bradley, R.S. 2017. Consequences of global warming of 1.5°C and 2°C for regional temperature and precipitation changes in the contiguous United States. *PLoS ONE*, 12, e0168697. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168697>.

³¹ IPCC. 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. C. B. Field et al., Eds., Cambridge University Press. Cambridge.

³² Taylor, M.A., Clarke, L.A., Centella, A., Benzanilla, A., Stephenson, T.S., Jones, J.J., Campbell, J.D., Vichot, A., Charlery, J. 2018. Future Caribbean climates in a world of rising temperatures: the 1.5 vs 2.0 dilemma. *Journal of Climate*, 31, 2907-2926. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0074.1>

³³ Taylor K. E., R. J. Stouffer, and G. A. Meehl, 2012: An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *B Am Meteorol Soc*, 93,485-498. [10.1175/bams-d-11-00094.1](https://doi.org/10.1175/bams-d-11-00094.1)

Para la República Dominicana, las proyecciones realizadas hasta el momento son coherentes con el panorama de la región (Pérez & Jury, 2013; Ministerio Ambiente, 2018³⁴). Se prevé, en general, una reducción de los aportes de lluvia y un incremento de las temperaturas. Sin embargo, espacialización de dichas tendencias puede diferir sensiblemente según los modelos y metodologías utilizadas. Es especialmente en el caso de las precipitaciones, las cuales quedan influenciadas de manera significativa por la compleja orografía de la isla (Izzo et al., 2010³⁵).

En este estudio, para analizar la evolución futura de la vulnerabilidad de los seis SPA, las proyecciones utilizadas por el CMIP5 se obtienen a través del Portal de Conocimiento sobre Cambio Climático desarrollado por el Grupo del Banco Mundial (CCKP³⁶). El CCKP apoya el análisis de los impactos climáticos utilizando conjuntos de modelos múltiples, ya que representan el alcance y la distribución de los resultados proyectados más plausibles al representar los cambios esperados.

Basándose en los recursos disponibles, los cálculos se realizaron a partir de la producción mensual de 16 modelos. Para presentar las condiciones climáticas actuales, el CCKP utiliza los conjuntos de datos observacionales disponibles a nivel mundial derivados de la Unidad de Investigación Climática (CRU) de la Universidad de East Anglia (Harris et al., 2014³⁷; Mitchell et al., 2005³⁸). Estos conjuntos de datos son ampliamente aceptados para la investigación climática. El período de referencia 1986-2005 se calibra con observaciones locales a través de series cronológicas históricas de temperatura y precipitación, para simular con mayor precisión una realidad local.

Sucesivamente, dichas proyecciones son interpretadas para evaluar posibles cambios en las zonas óptimas de los cultivos, así como los impactos potenciales sobre cada uno de los SPA en los Horizontes 2030, 2050 y 2070.

Aspectos limitantes del análisis de vulnerabilidad futura

La evaluación de la vulnerabilidad basada en indicadores depende de la calidad y frecuencia temporal de los mismos. Según lo especificado anteriormente, el presente estudio proporciona una imagen promedio de la vulnerabilidad del país. En efecto, para producir una caracterización lo suficientemente amplia de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de los 6 SPA analizados, no se pudo contar con la contemporaneidad de las informaciones, siendo de por lo menos 20 años el período en el cual están distribuidos los datos relativos a los diferentes indicadores utilizados.

³⁴ Ministerio Ambiente. 2018. Tercera Comunicación Nacional de República Dominicana para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Consejo Nacional de Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL). Santo Domingo.

³⁵ Izzo, M., Aucelli, P.P.C., Maratea, A., Méndez, R., Pérez, C., Rosskopf, C.M., Segura, H. 2010. A new climatic map of the Dominican Republic based on the Thornthwaite classification. *Physical Geography*, 32(5), 455-472. DOI: 10.2747/0272-3646.31.5.455

³⁶<https://climateknowledgeportal.worldbank.org>

³⁷ Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J. and Lister, D.H. (2014), Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology* 34, 623-642 doi:10.1002/joc.3711

³⁸ Mitchell, T.D. and Jones, P.D., 2005: An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *International Journal of Climatology* 25, 693-712 doi:10.1002/joc.1181

Además, la mayor parte de esos indicadores no cuentan con series que se extiendan en el pasado, lo cual hace complicada la identificación de tendencias históricas que puedan ser proyectadas para trazar, de manera cuantitativa y especialmente detallada, la vulnerabilidad futura de los 6 SPA.

Debido a esta situación, a partir de los resultados del análisis de vulnerabilidad actual y de las proyecciones climáticas disponibles, para cada SPA, el estudio proporciona unas conclusiones cualitativas sobre los aspectos a los cuales prestar más atención en el futuro en tema de vulnerabilidad al cambio climático. Estos aspectos serán en particular profundizados en el marco de la Actividad 2.2 en los 2 SPA priorizados.

Análisis participativo de impactos esperados

El análisis detallado de los impactos socioeconómicos esperados de los cambios climáticos supone una metodología y un esfuerzo de recolección de datos que superan el marco del estudio presentado en el presente informe. Este tipo de análisis detallado será objeto de un estudio específico que será llevado a cabo en la tercera etapa del proyecto sobre los 2 SPA que resultarán priorizados para el desarrollo de un plan de acción de adaptación.

Sin embargo, la identificación de los impactos a esperar en los seis SPA, a partir de los elementos de vulnerabilidad identificados y las proyecciones climáticas esperadas, es un aspecto importante, cuyo análisis preliminar en esta fase fue realizado aprovechando el conocimiento de los actores directamente vinculados a cada SPA. Para obtener insumos apropiados sobre el tema, que permitiesen una caracterización cualitativa de los impactos que podrían estar asociados al cambio climático, fueron organizados y llevados a cabo seis talleres regionales de consulta, uno para cada SPA analizado.

Estos talleres se realizaron durante la semana del 20 al 25 de enero de 2020. En cada uno de ellos, se invitaron a los principales actores locales en representación de:

- Los productores, tanto individuos como cooperativas y asociaciones del sector.
- Los servicios de asistencia técnica y extensionismo: universidades locales, representantes del Ministerio de Agricultura y del INDRHI, instituciones técnicas dedicadas.
- Entorno empresarial: empresas de transformación, aseguradoras, intermedios de comercialización, instituciones financieras.

En cada taller, se presentaron los resultados alcanzados hasta el momento en el marco del presente estudio: caracterización del SPA y análisis preliminar de vulnerabilidad. Sucesivamente, se organizaron trabajos grupales con el fin de caracterizar:

1. Los impactos directos del cambio climático sobre la actividad de los participantes;
2. Los impactos indirectos de estos cambios sobre el entorno socioeconómico;
3. La identificación de los grupos más afectados;
4. Las posibilidades internas para mitigar estos impactos;
5. Las fuentes externas de apoyo para la mitigación de los impactos.

Los resultados correspondientes fueron sistematizados y sintetizados para su inclusión en el presente informe.

Estructura del informe

El informe, junto con la introducción y la presente sección metodológica, consta de seis secciones independientes, una para cada SPA, en las cuales son contenidos los resultados del análisis de vulnerabilidad.

Cada una de las secciones relativas a los SPA consta de una parte introductoria, en la cual se presenta una breve síntesis de las informaciones contenidas en la sección *1.1 – Entorno Biofísico* del *Entregable 1*, específica para cada SPA, complementadas con datos estadísticos adicionales, destacando aquellas informaciones que sean más relevantes para el análisis de vulnerabilidad. Además, en la misma se detallan los rangos óptimos para cada uno de los cultivos.

De manera parecida, cada sección consta de unos párrafos que sintetizan las informaciones que sean relevantes para el análisis de vulnerabilidad contenidas en los capítulos *1.3 – Factores de Producción*, *1.4 – Postproducción*, y *1.5 – Impactos Sociales* del *Entregable 1*, las cuales son enriquecidas con datos territoriales más específicos, en función de las estadísticas disponibles.

Para cada SPA la sección sigue con el análisis de vulnerabilidad pasada y actual y las proyecciones relativas a la vulnerabilidad futura. Se termina con una reseña de los factores de vulnerabilidad encontrados, incluyendo los resultados de los 6 talleres regionales realizados.

RESULTADOS: VULNERABILIDAD DE LOS 6 SPA

1. EL BANANO EN EL NOROESTE

1.1 Rangos óptimos del cultivo

En el presente capítulo se describen las condiciones óptimas y limitantes para el cultivo, definidas en base a estudios llevados a cabo para el área de la región centroamericana y caribeña (Soto, 1992³⁹; IDIAF, 2004a⁴⁰; INTAGRI, 2019⁴¹).

1.1.1 Caracterización del cultivo

El banano constituye, desde el punto de vista económico, uno de los cultivos principales de la región Noroeste (provincias Monte Cristi, Dajabón, Santiago Rodríguez y Valverde), la cual contribuye a más del 75% de la superficie sembrada y de la producción nacional, destinada prevalentemente a la exportación en el mercado internacional orgánico, concentrando el 67% de los productores y 19 de las 21 asociaciones de categoría existentes en el país.

El banano o guineo es una planta que pertenece a la familia *Musaceae*, cultivada en la franja tropical y subtropical hasta los 30° de latitud norte y sur, siendo la zona latitudinal óptima entre 15° norte y 15° sur. El producto aprovechado es el fruto, que se caracteriza por ser carnoso y suave, y se consume prevalentemente cuando alcanza la maduración, siendo usado en el país también verde, mediante cocción previa.

1.1.2 Topografía

La altitud máxima recomendada para este cultivo es de 2000 metros sobre el nivel del mar, aunque la mayoría de las plantaciones comerciales se localice entre 400 y 600 msnm. Es importante señalar que la altitud puede retrasar un mes el ciclo vegetativo por cada 100 metros adicionales, sin necesariamente afectar la productividad. En términos de pendiente, el banano prefiere terrenos llanos.

1.1.3 Suelos

El banano tiene una gran tolerancia a la acidez del suelo, pudiéndose desarrollar sin dificultad en terrenos con pH entre 4.5 y 8, siendo el óptimo 6.5. pH superiores a 8 pueden reducir la asimilación de magnesio.

³⁹ Soto, M. 1992. Banano: cultivo y comercialización. San José, Costa Rica.

⁴⁰ IDIAF. 2004a. Musáceas: resultados de investigación. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias, Santo Domingo.

⁴¹ INTAGRI. 2019. Requerimientos de clima y suelo para el cultivo de banano. Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, México.

Elementos importantes para el crecimiento y la productividad de las plantaciones son la profundidad, que no debería ser inferior a 1.2 metros, y la textura, que debe garantizar un buen drenaje, variando de franco arenosa a franco limosa. El cultivo requiere también altos contenidos de nutrientes de manera balanceada, especialmente potasio, que soporten las extracciones de cosecha y las pérdidas por lixiviación.

1.1.4 Clima

Los parámetros climáticos son entre los más críticos para el desarrollo del banano, siendo la temperatura, las precipitaciones y su distribución los más relevantes. En efecto, la temperatura constituye el principal factor regulador de la fenología del cultivo, siendo el rango entre 20 y 30°C de la temperatura promedio anual el óptimo, en términos de rendimientos y ciclos cortos de producción. Con temperaturas inferiores a los 15°C se detiene el crecimiento de las plantas.

El banano es bastante exigente por lo que se refiere a la disponibilidad de agua, tanto en términos de cantidad como de uniformidad de su distribución. El desarrollo apropiado del cultivo requiere entre 120 y 150 mm de lluvia mensual o 44 mm semanales. La carencia o insuficiencia de agua en cualquiera de las fases de producción puede afectar la productividad, causando la reducción en el número y/o el tamaño de los frutos.

La combinación de termometría y pluviometría es también importante, puesto que influyen la humedad ambiental. En efecto, si, por un lado, es perjudicial la sequía, por el otro, valores altos de humedad relativa (superiores al 80%) favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas y plagas, que afectan la producción.

El viento, tanto en forma de ráfagas (intensidades elevadas por períodos cortos) como de tornados y ciclones, puede perjudicar de manera significativa la producción, llegando a la destrucción completa de las plantaciones. Las afectaciones más directamente relacionadas con este factor son: volcamiento de plantas, pérdida de fruta por caída, caída de pseudotallo por rotura, defoliación, daños de lámina foliar, entre otros.

El límite superior del óptimo de viento es 30 km/h, aunque la mayoría de los clones cultivados toleran vientos con velocidad de hasta 40 km/h. Velocidades entre 40 y 55 km/h producen daños moderados, mientras que vientos más fuertes pueden ocasionar la destrucción total de la planta. El banano requiere, finalmente, condiciones de buena luminosidad durante todo el año, colocándose el óptimo entre 1,000 y 1,500 horas anuales de luz.

A continuación, se presenta una síntesis de los rangos óptimos y límite para el cultivo (Figura 4).

VARIABLE	RANGOS
Latitud	Óptimo: 15° norte ÷ 15° sur Buenos rendimientos hasta 30° norte y sur
Altitud	Óptimo: hasta 600 msnm Límite superior: 2,000 msnm
Temperatura	Óptimo: Temperatura promedio anual entre 20 y 30°C Límite inferior para T promedio anual: 15°C

VARIABLE	RANGOS
Lluvia	Óptimo: 120 ÷ 150 mm mensuales Límite inferior: 1,440 mm anuales
Humedad relativa	Límite superior: 80%
Viento	Límite superior: 30 km/h
Suelo	Óptimo: Suelos con textura franco-arenosa de muy finos a finos, hasta franco-arcillosa. Profundidad superior a 1.2 m. Alto poder de retención de agua y buen drenaje.
Luminosidad	Óptimo: 1,000 ÷ 1,500 h/año

Figura 4: Rangos óptimos y límites para la producción del banano (Autores, 2019)

1.2 Distribución actual

1.2.1 Latitud y Topografía

En la región Noroeste el área de producción del banano, ocupando una superficie de 119 km², se encuentra ubicada a lo largo del río Yaque del Norte entre las latitudes 19°20' y 19°60' norte (Figura 5). Aunque fuera del rango propiamente óptimo para el cultivo, dicha condición no se considera limitante para su productividad.

Las fincas están localizadas en un rango altitudinal entre 2 y 193 msnm, no constituyendo la altura un factor limitante para el cultivo.

Los terrenos cultivados con banano en la región presentan una pendiente entre 0 y 30%, siendo más del 80% de ellos ubicados en pendientes inferiores al 5%. Por lo tanto, esta variable no constituye un factor crítico para el cultivo en la región.

Las plantaciones están distribuidas en una franja de unos 85 kilómetros a lo largo del río, con una típica orientación de sureste a noroeste, hasta llegar a menos de cinco kilómetros de la desembocadura de la fuente de agua al Océano Atlántico. Las fincas están, por lo general, ubicadas dentro de los primeros 4 kilómetros de distancia del cauce del río, extendiéndose solamente en la porción suroriental hasta los 12 kilómetros desde dicha fuente de agua (Figura 5).

Esta condición hace que el 85% de las fincas se encuentre en zonas potencialmente expuestas a inundaciones periódicas, asociadas a eventos de precipitación abundante e/o intensa que ocurran cuenca arriba (Figura 6).

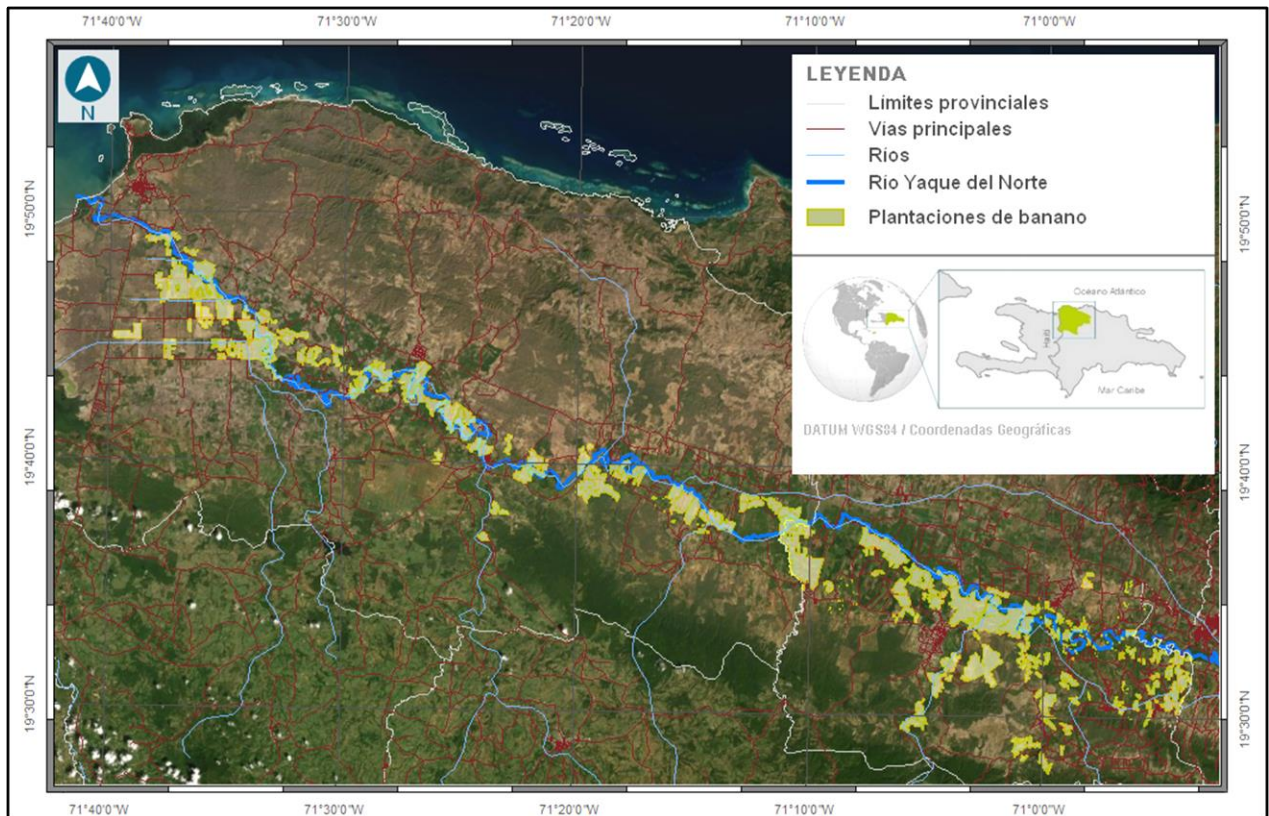


Figura 5: Ubicación de las áreas cultivadas con banano en la región Noroeste (Autores, 2019).

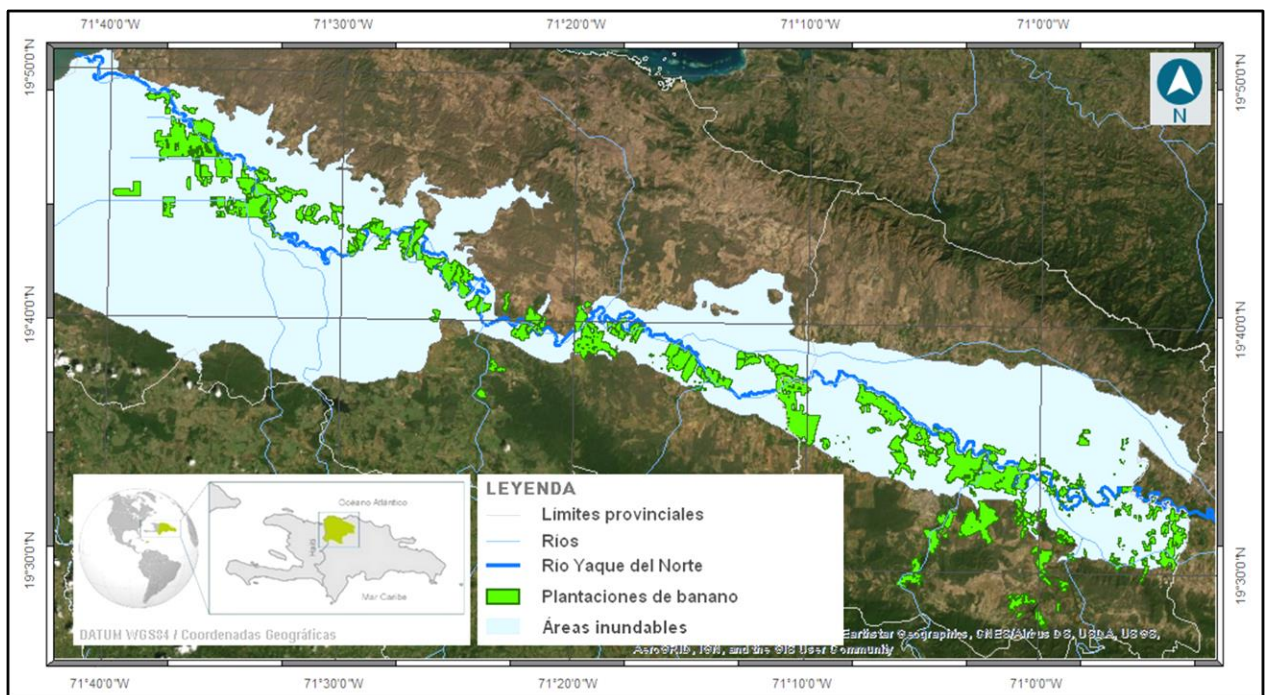


Figura 6: Mapa de las áreas potencialmente inundables en la región Noroeste (Autores, 2019).

1.2.2 Suelos

Las plantaciones bananeras están establecidas en suelos aluviales recientes, ubicados a lo largo del Río Yaque del Norte y de algunos de sus afluentes principales, especialmente en la porción oriental de la región. Por su origen, dichos suelos tienen profundidad de media a alta (hasta 1.2 metros) y texturas

franco-arenosa y arenosa, las cuales son especialmente apropiadas para el cultivo del banano, que necesita buen drenaje (Figura 7).

El 73.2% de las fincas cuenta con suelos de profundidad media (entre 0.5 y 0.8 metros), mientras que solamente un 1.0% está establecido en suelos profundos. El 25.8% restante, concentrado prevalentemente en las porciones centro-oriental y oriental, se encuentra en suelos poco profundos (Figura 7).

Analizando la distribución espacial de las áreas cultivadas, puede observarse que las plantaciones han sido establecidas en su mayoría (62.9%) en suelos con textura franco-arenosa y en un porcentaje limitado (25.4%) en suelos arenosos, prevalentemente concentrados en las porciones centro-oriental y oriental, confirmando que para el cultivo el buen drenaje de los suelos es una característica esencial (Figura 7).

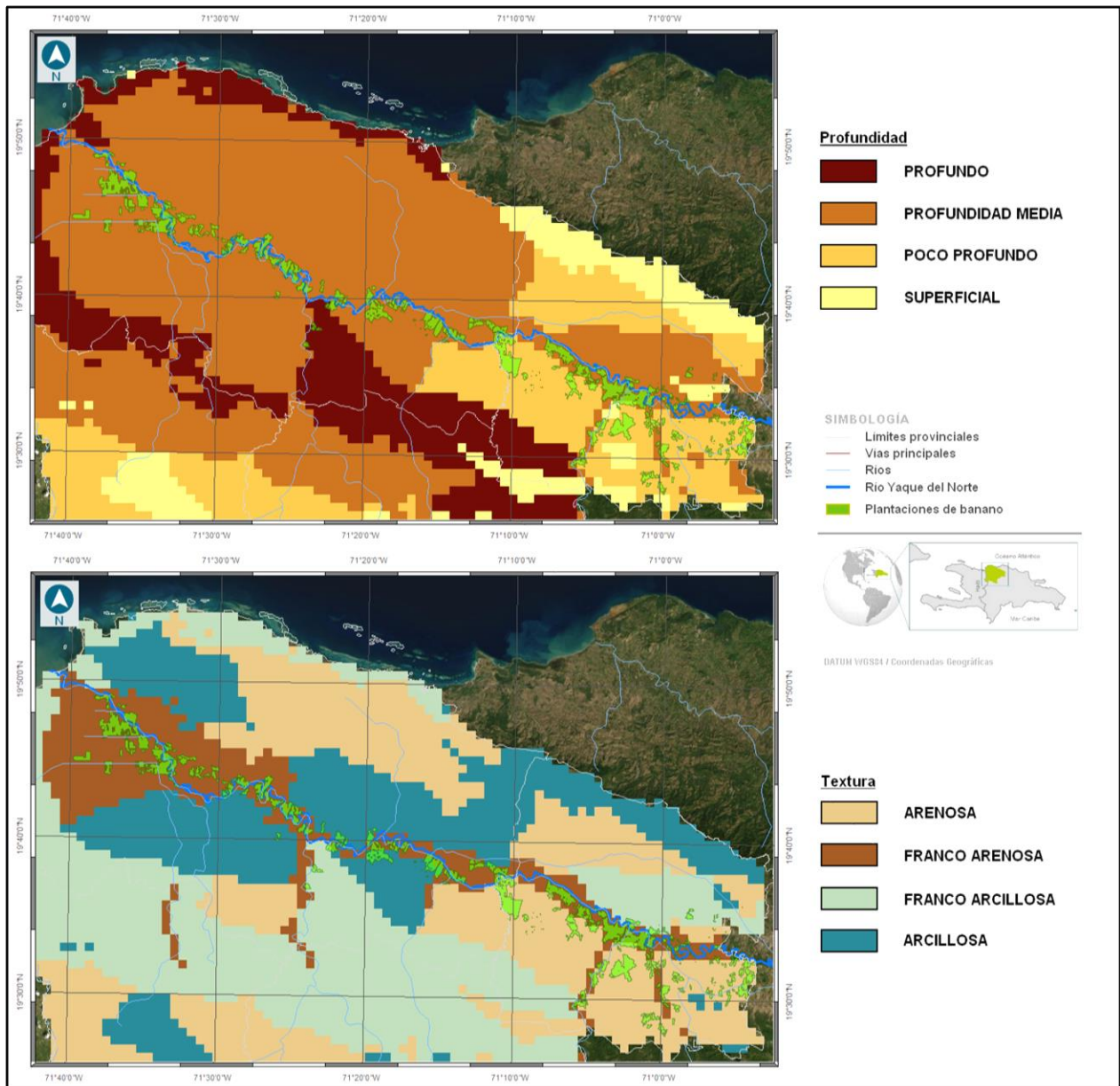


Figura 7: Mapa de profundidad (arriba) y textura (abajo) de suelos en la región Noroeste (Autores, 2019).

1.2.3 Clima

Las plantaciones de banano quedan ubicadas casi en su totalidad en áreas de clima semiárido, siendo solamente algunas de ellas, correspondientes al 0.05% del total, localizadas en zonas de clima seco-subhúmedo. En efecto, la mayor parte de las fincas (85.7%) cuenta con un aporte pluviométrico anual de entre 600 y 800 mm. Los 14.3% restantes, ubicados en la porción oriental de la región, reciben hasta 1,000 mm al año de lluvia. (Figura 8). Dichas condiciones climáticas evidencian que todas las fincas bananeras están establecidas fuera del óptimo climático para el cultivo, por lo que se refiere a los aportes pluviométricos. Por lo tanto, el cultivo en la

zona es posible solamente en la modalidad bajo riego.

Respecto a la temperatura, todas las fincas se encuentran dentro del rango óptimo superior, siendo ubicadas en zonas con temperatura promedio anual entre 24 y 28°C (Figura 8).

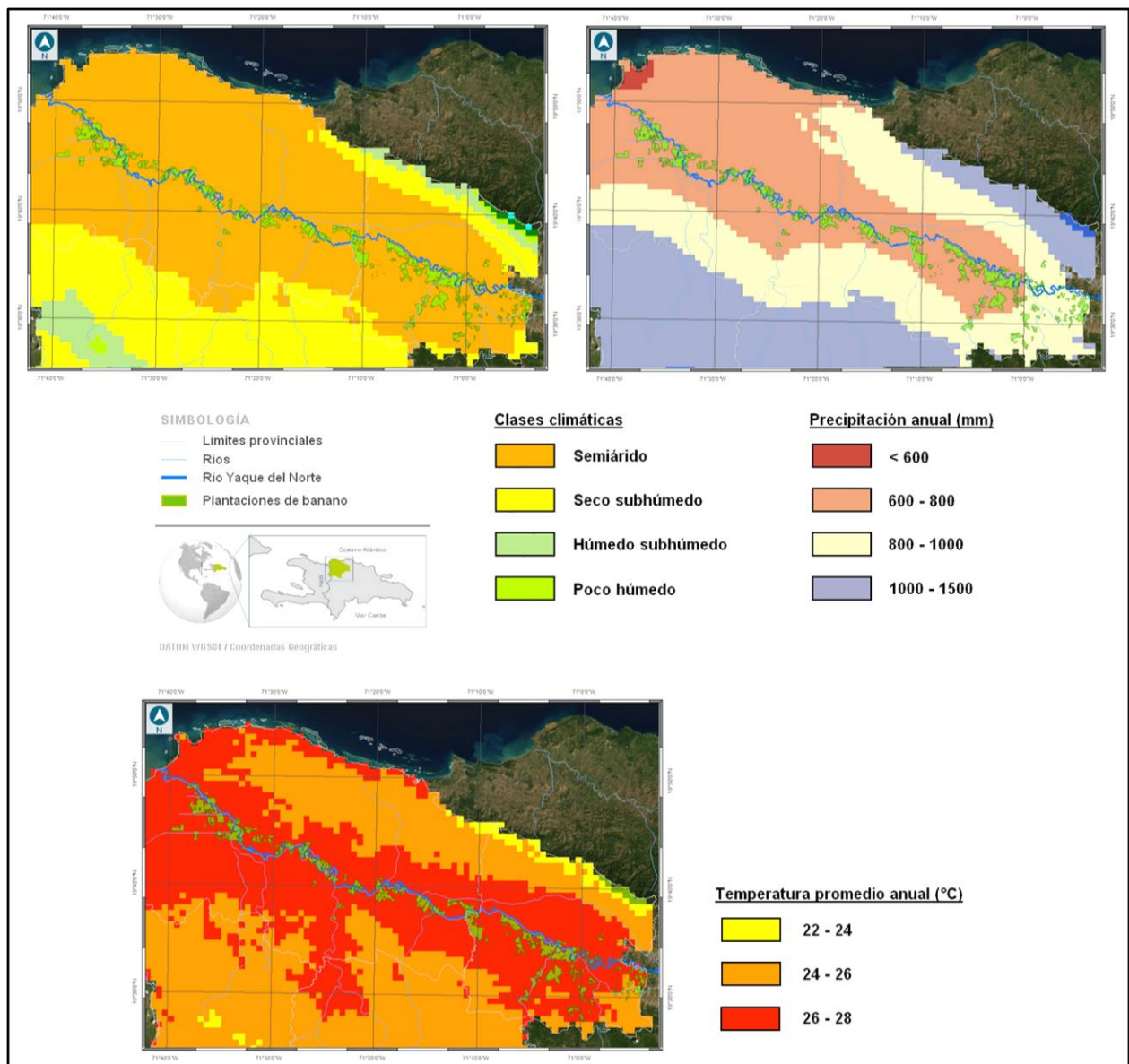


Figura 8: Mapas climático (superior izquierdo), de precipitación promedio anual (superior derecho) y temperatura promedio anual (inferior) de la región Noroeste (Autores, 2019).

1.2.4 Síntesis de la situación territorial actual

Los resultados descritos arriba permiten destacar los siguientes elementos de vulnerabilidad:

1. El agua constituye un factor limitante, que expone la producción bananera de la región a fenómenos de sequía recurrente, de intensidad variable. Las condiciones climáticas propias de la zona hacen que el cultivo sea posible solamente bajo riego, lo cual en algunas áreas está causando fenómenos de salinización de los suelos por sobreexplotación de acuíferos.

A la vez, hay que destacar que el establecimiento de plantaciones en zonas con déficit de precipitación hace que las fincas bananeras instaladas en la región Noroeste estén menos expuestas a las enfermedades fúngicas, como la sigatoka negra, presentando mayores oportunidades para la producción orgánica y una ventaja competitiva en el mercado internacional.

2. Las plantaciones ubicadas en las porciones centro-oriental y oriental de la región Noroeste son más susceptibles a ser afectadas por la sequía, puesto que cuentan con suelos menos profundos y con textura arenosa, condiciones que las hacen menos resistentes a períodos secos prolongados y más demandantes de agua.
3. Las fincas bananeras están ubicadas en su mayoría dentro del área potencialmente inundable por las crecidas del Río Yaque del Norte, entre otras fuentes de agua, lo que expone la producción a recibir daños asociados a inundaciones.

1.3 Características sociales, económicas y demográficas del sistema productivo

1.3.1 Características de producción

La producción bananera en la región Noroeste se lleva a cabo prevalentemente por productores de pequeños a medianos, siendo el tamaño promedio de finca de unas 6.3 hectáreas. El 80% de las plantaciones es orgánico, lo cual constituye un elemento que favorece la capacidad adaptativa de los productores locales, puesto que:

- Conlleva la implementación de prácticas de conservación de suelo, que reducen la incidencia del riesgo de degradación;
- Implica menor dependencia a productos fitosanitarios;
- Permite el acceso a mejores condiciones de mercado para el producto final.

Respecto a las labores asociadas al SPA del banano, se destaca la alta dependencia de mano de obra extranjera, prevalentemente haitiana, la cual alcanza el 64% del total de trabajadores. La prevalencia de empleos masculinos en el sector se coloca al 87%.

1.3.2 Características socioeconómicas y sociodemográficas

La región Noroeste cuenta con una población de poco superior a las 390 mil personas, el 52.3% de la cual constituida por hombres.

Se caracteriza por un alto porcentaje (59.7%) de hogares con nivel socioeconómico bajo o muy bajo (ONE, 2010⁴²), valor que queda confirmado en el Índice de Desarrollo Humano (IDH), que para las cuatro provincias de la región es definido como medio bajo (PNUD, 2013⁴³).

En la región, el 15.4% de la población tiene trabajo o empleo en el sector agrícola, siendo Monte Cristi la provincia que alcanza el porcentaje más alto, con 19.5%, y Valverde la que presenta el porcentaje mínimo (11.3%) (ONE, 2010).

⁴² ONE. 2010. IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010.

⁴³ PNUD. 2013. Mapa de desarrollo humano de la República Dominicana. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Santo Domingo.

En todas las provincias es todavía muy alto (superior al 60%) el porcentaje de población que cuenta solamente con un nivel escolar de primaria-básica o inferior. El nivel académico es alcanzado por el 10.8% de la población de la región, siendo Monte Cristi la provincia con el porcentaje mínimo (8.1%) (ONE, 2010).

1.4 Análisis de vulnerabilidad histórica y actual

1.4.1 Variabilidad climática observada

La zona de producción bananera se caracteriza por un patrón no uniforme de las tendencias históricas de las precipitaciones (Pérez & Jury, 2013; Izzo et al., en fase de publicación), siendo solamente Monte Cristi el sitio que muestra una reducción significativa de los aportes anuales de lluvia en el período 1939-2007, especialmente vinculado a una reducción de las precipitaciones en los meses de octubre y diciembre (Figura 3). Algunos meses evidencian un incremento de los aportes pluviométricos (Figura 3): agosto en Monte Cristi y Villa Vásquez; enero en Mao; abril en Santiago. Esta última estación muestra un decremento significativo de las lluvias en los meses de febrero y mayo (Figura 3).

Para las temperaturas, de manera coherente con todo el territorio nacional se han detectado incrementos significativos (Pérez & Jury, 2013; Izzo et al., en fase de publicación).

1.4.2 Exposición

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Exposición, y sus respectivos indicadores (Figura 9), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

Los resultados evidencian que las plantaciones de banano presentan, por lo general, niveles de exposición críticos, siendo el 83% de ellas expuestas a un nivel alto o muy alto a peligros potenciales. El 17% restante muestra niveles de exposición intermedios. Dicha criticidad responde, por un lado, a características climáticas típicamente de secas a muy secas de la región, las cuales determinan déficits pluviométricos respecto al óptimo para el cultivo durante todo el año. Por el otro, los altos niveles de exposición están asociados al peligro de inundación, puesto que las plantaciones están establecidas en la planicie aluvial de la cuenca baja del Río Yaque del Norte, siendo el 85% de ellas ubicadas en áreas potencialmente inundables por sus crecidas.

Las fincas con niveles menores de exposición están ubicadas prevalentemente en la porción suroriental, donde los factores favorables son la ubicación en área no inundable y la textura franco-arenosa de los suelos.

En el otro extremo, las fincas con los mayores niveles de exposición, correspondientes al 6.9% del total, están ubicadas en la porción central de la región, donde a los factores desfavorables ya mencionados se suma una textura arcillosa del suelo, que favorece el encharcamiento.

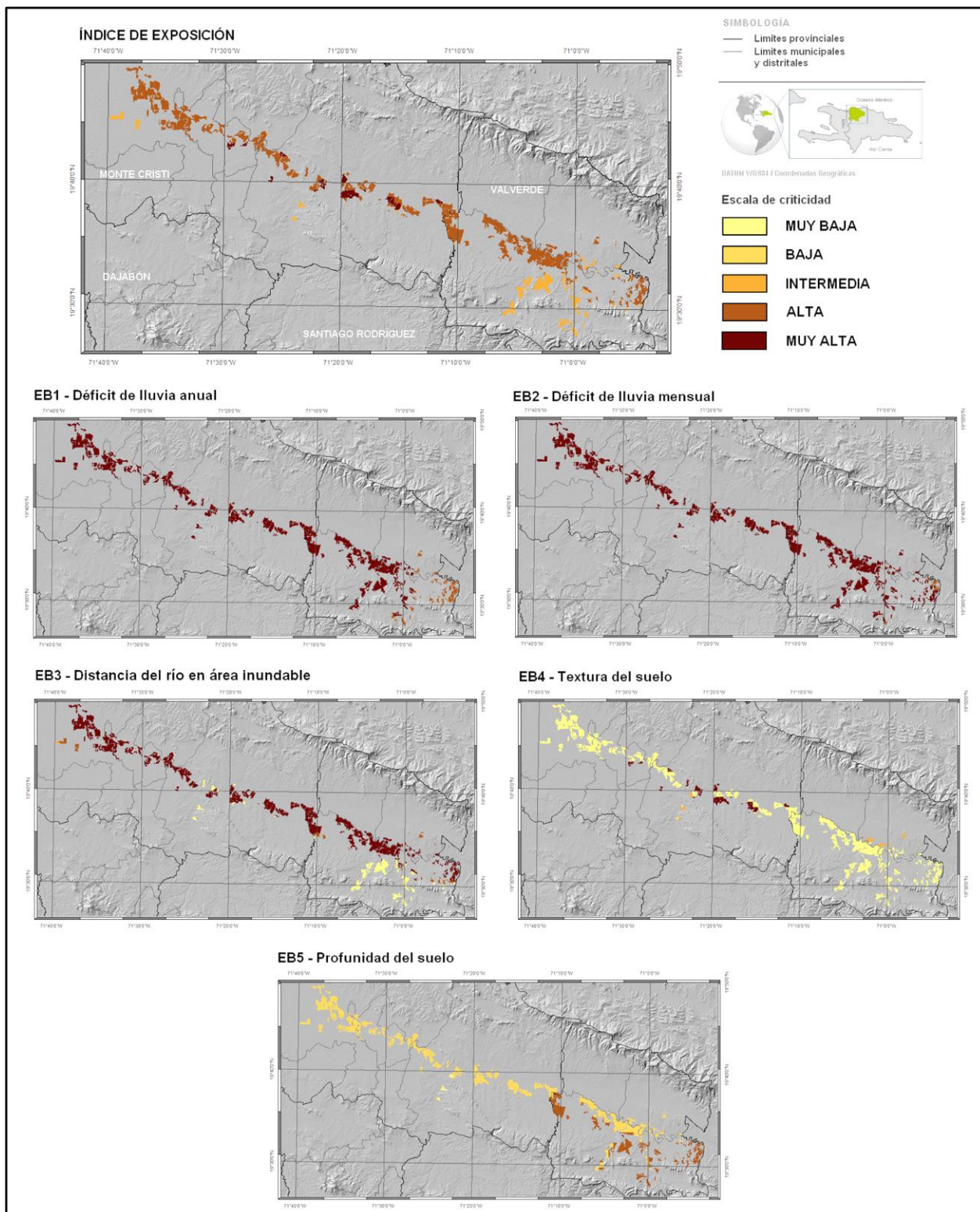


Figura 9: Mapa del Índice de Exposición y sus respectivos indicadores para el SPA del banano (Autores, 2019).

1.4.3 Sensibilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores (Figura 10), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

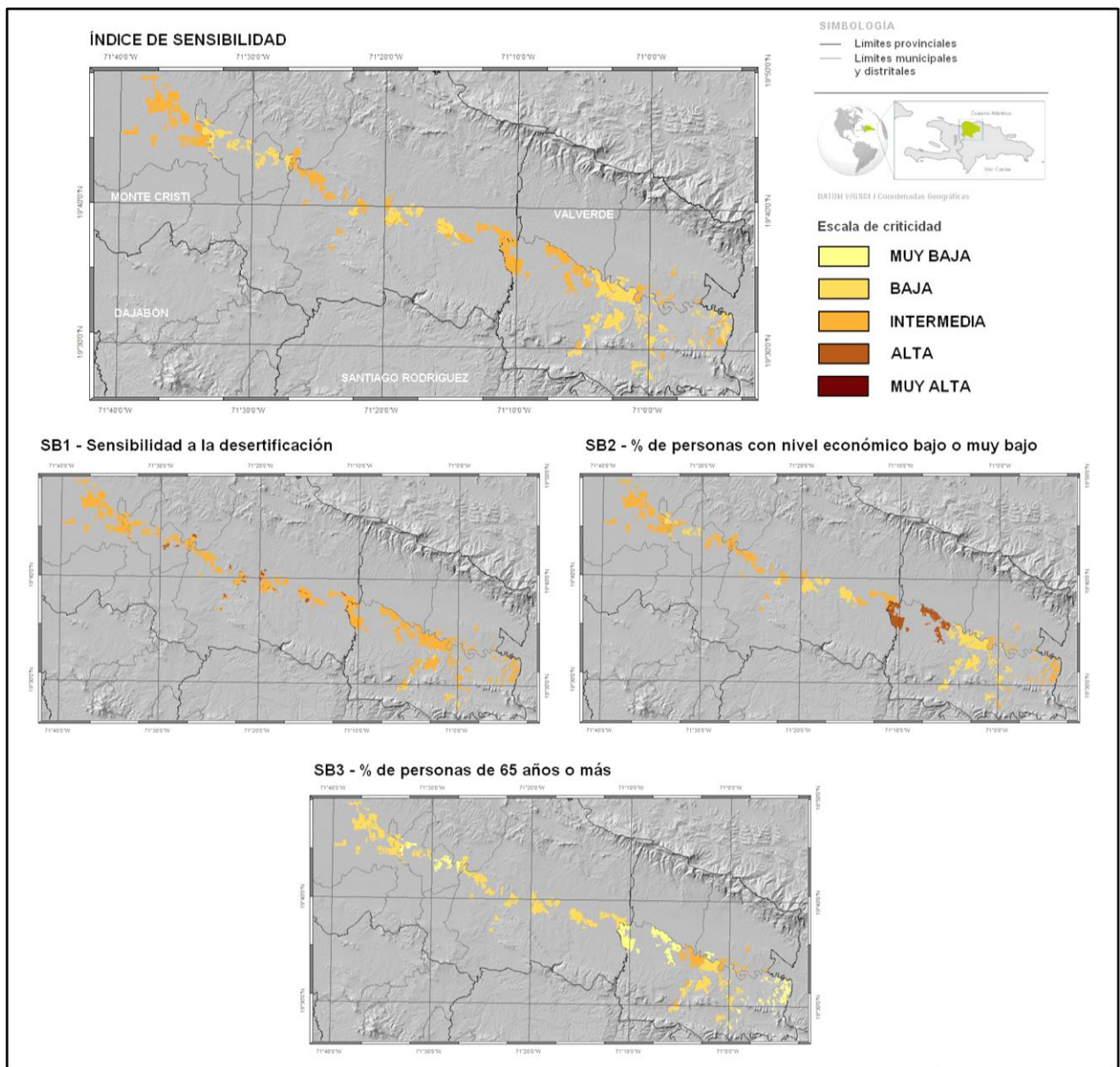


Figura 10: Mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores para el SPA del banano (Autores, 2019).

La distribución espacial del Índice de Sensibilidad revela que, en base a los indicadores analizados, la mayor parte de las plantaciones (55.4%) presenta niveles intermedios de criticidad, mientras que el restante 44.6% muestra sensibilidad baja. Uno de los elementos que tiene la incidencia mayor es la sensibilidad a la desertificación, que alcanza un nivel alto en un 3.5% de las fincas, ubicadas prevalentemente en algunas zonas de Castañuelas, Villa Vásquez, Villa Elisa, Cana Chapetón, Hatillo Palma y Guayubín. A este se suma el porcentaje de familias, cuyos recursos están ligados al sector agrícola, con nivel económico bajo, las cuales ascienden al 5.1% y se encuentran todas ubicadas en el distrito municipal de Jaibón.

Las zonas con nivel económico más bajo son aquella que, por otro lado, tienen el porcentaje menor de personas de 65 años o más que se dedican a la agricultura, el cual, por lo general, es bajo en la región.

1.4.4 Capacidad adaptativa

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores (Figura 11), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

La capacidad adaptativa es generalmente de baja (43.6%) a intermedia (49.5%), siendo solamente un 6.9% de las plantaciones las que presentan niveles altos. Aunque las fincas críticas quedan distribuidas de manera bastante uniforme en la región, es posible identificar algunas áreas de concentración en el extremo noroeste, en el municipio de Monte Cristi, y en la porción suroriental, en Guatapanal y Esperanza. Otras zonas a las cuales es importante prestar atención se encuentran en Guayubín, Villa Elisa y Hatillo Palma.

Los factores más críticos en definir la baja capacidad adaptativa de dichas áreas son el nivel económico bajo o muy bajo de las familias cuyos ingresos dependen del sector agrícola, que corresponden al 68%, y el bajo porcentaje de personas del sector agrícola que cuenta en la zona con título académico (menos del 7%).

Un elemento que constituye un punto de fuerza es el porcentaje alto de personas en edad productiva (de 25 a 45 años) que trabajan en el sector, las cuales son un capital humano sumamente importante en el cual invertir para incrementar la capacidad adaptativa de la región y de la producción bananera.

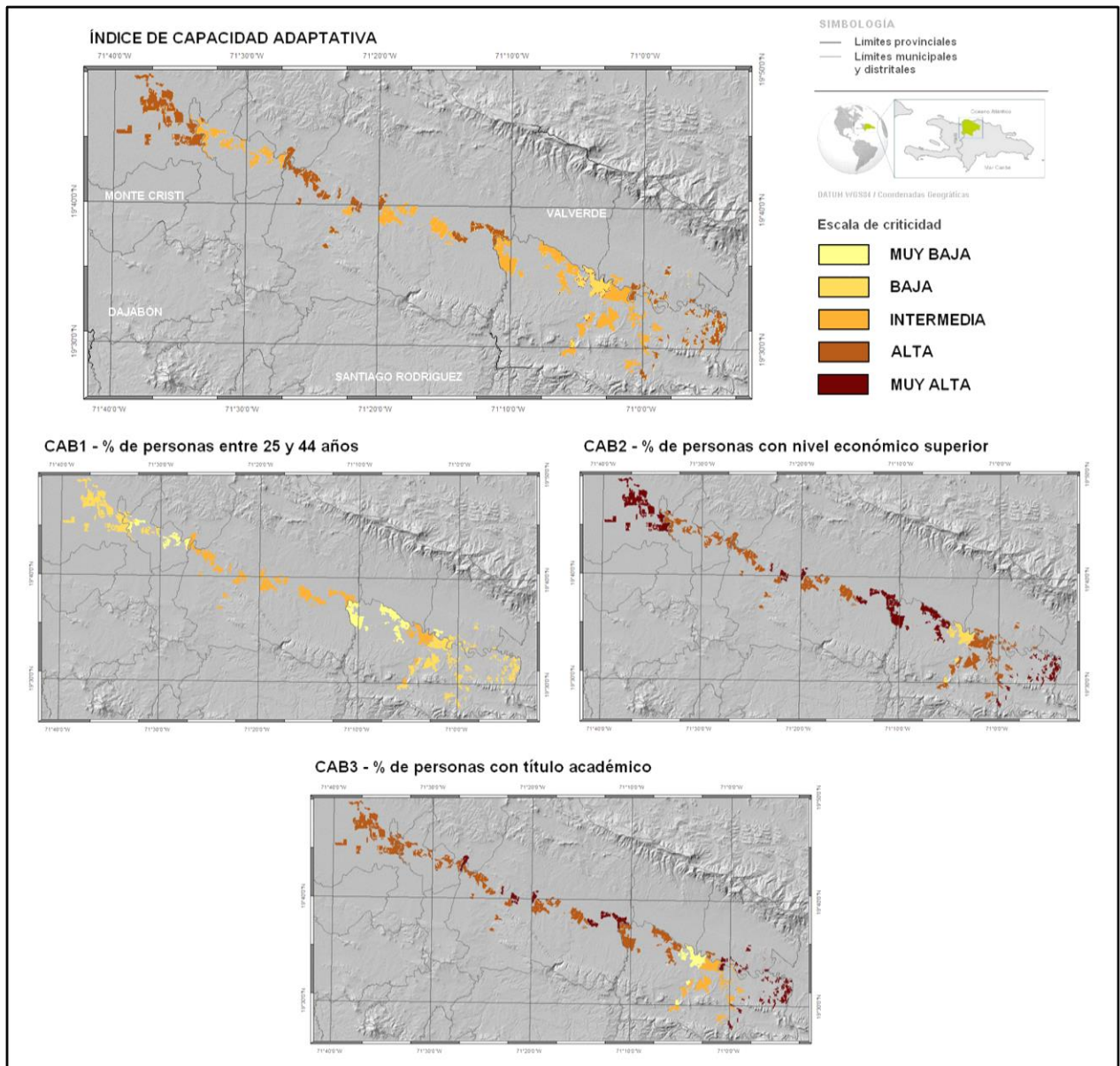


Figura 11: Mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores para el SPA del banano (Autores, 2019).

1.4.5 Índice de vulnerabilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Vulnerabilidad, obtenido como combinación de los índices de las respectivas dimensiones de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (Figura 12).

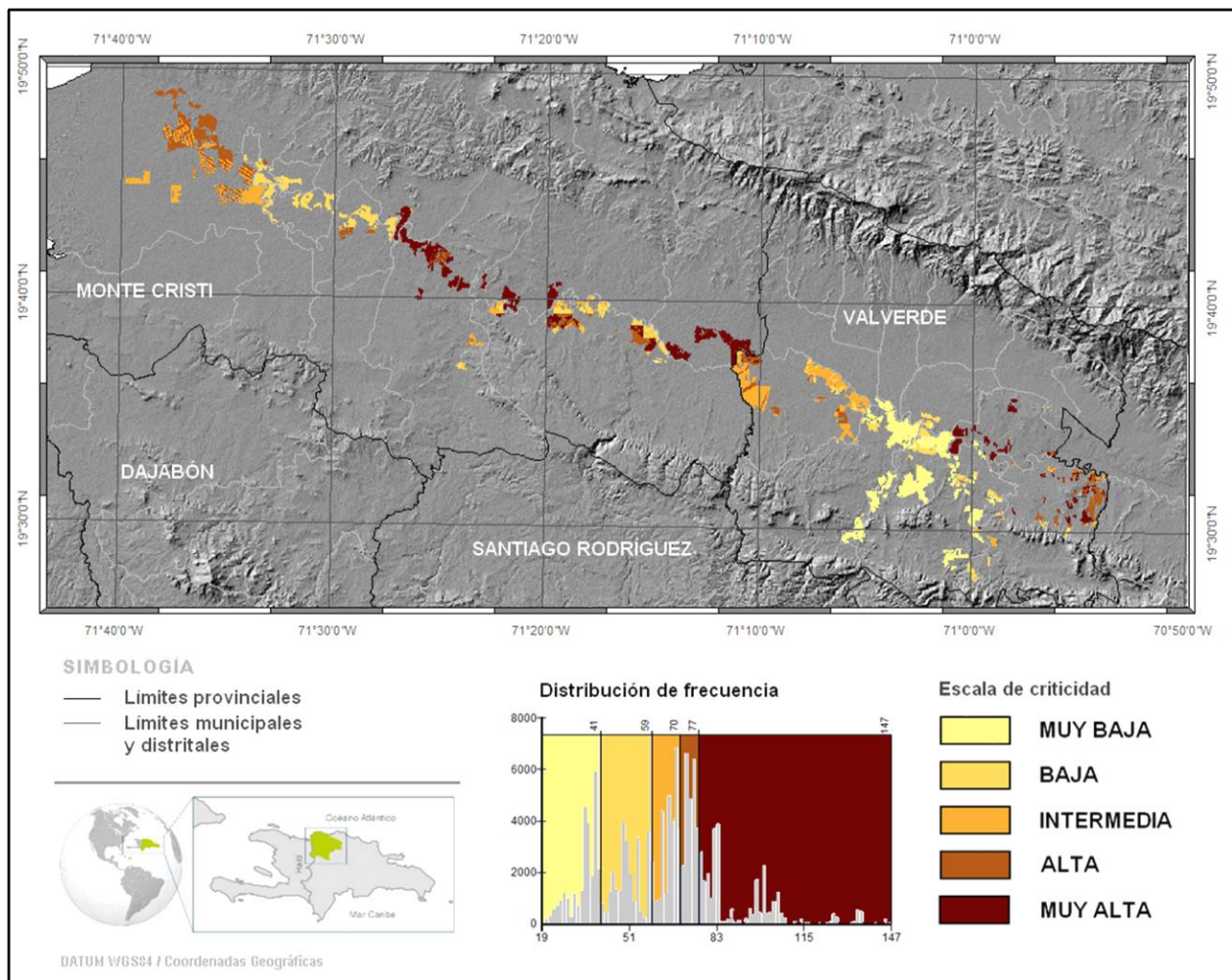


Figura 12: Mapa del Índice de Vulnerabilidad para el SPA del banano (Autores, 2019).

En términos relativos, dentro de la región Noroeste, las plantaciones de banano que presentan los valores más altos de vulnerabilidad se encuentran concentradas en la porción central y, en porcentaje menor, en el extremo oriental.

Las áreas a las cuales prestar más atención están ubicadas prevalentemente en los municipios y/o distritos municipales de Guayubín, Villa Elisa, Hatillo Palma, Esperanza y Guatapanal, donde la combinación de los factores analizados arriba produce situaciones de criticidad que ameritan soluciones apropiadas, para fines de reducir los riesgos de daños y/o pérdidas significativas asociadas a la variabilidad climática. Las áreas menos problemáticas están ubicadas en los municipios de Mao y Amina, donde el nivel económico y académico de las personas que dependen del sector agrícola es significativamente más alto que en otras zonas de la región.

1.4.6 Impactos de la variabilidad climática observada

La caracterización fina y sistemática de los impactos de la variabilidad climática ya observados en el sector bananero del Noroeste requeriría de series estadísticas continuas y con niveles de desagregación suficientes (p. ej. por género, nivel socioeconómico, etc.) para poder aislar los daños ocurridos específicamente en la producción de banano y los efectos subsecuentes sobre determinados segmentos de la población.

En la actualidad, estas estadísticas no son disponibles. Sin embargo, existen registros de daños ocurridos por eventos climáticos extremos, que vienen confirmar la relevancia de los hallazgos del estudio de vulnerabilidad realizado. Se pueden citar, por ejemplo:

- La Tormenta Tropical Noel (2007). De acuerdo con el informe 2008 de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el 50% por ciento de las pérdidas vinculadas a esta tormenta (RD\$3.4 mil millones) corresponde al sector agrícola, y la mitad de ellas correspondían a los cultivos de banano y plátano;
- Las sequías extremas del 2015 en el Noroeste, que causó pérdidas por alrededor de RD\$349 millones en la producción de arroz y bananos, afectando a unos 9,000 productores de estos rubros;
- Las lluvias prolongadas provocadas por un frente frío norte entre los meses noviembre de 2016 y abril de 2017, las cuales generaron daños en el sector agropecuario estimados en unos RD\$3,894.54 millones (US\$81.61 millones) equivalente a 9.5% de la pérdida total.
- Los huracanes Irma y María durante el año 2017 impactaron el sector agropecuario con pérdidas directas estimadas en unos RD\$1,098.60 millones, de los cuales casi 28% corresponden a afectaciones de las plantaciones de musáceas en la región Noroeste.

1.4.7 Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual

La síntesis del análisis histórico y actual del cultivo en la región Noroeste permite destacar algunos elementos clave para la definición de líneas de acción que puedan incrementar la capacidad adaptativa y resiliencia del sistema productivo en la zona:

- Las fincas bananeras presentan altos niveles de exposición tanto a fenómenos de sequía como de inundaciones asociadas a eventos pluviométricos, especialmente en caso de precipitaciones abundantes e/o intensas que ocurran en cuenca media y alta.
- La producción en la región es posible solamente bajo riego, lo cual hace que el sector sea críticamente vulnerable en caso de sequía prolongada, puesto que el uso del agua es compartido con otros sectores productivos, como el arrozero, que tienen en algunos casos prioridad en el aprovechamiento del recurso.
- Según lo destacado arriba, las condiciones de humedad ambiental reducida son, por otro lado, favorables por su efecto de reducción de la incidencia de las enfermedades fúngicas y, por ende, de mayor competitividad en el mercado de los productos orgánicos. En este sentido, el desarrollo de estrategias adecuadas de adaptación a la sequía y manejo apropiado del recurso hídrico en la región es un supuesto importante para seguir impulsando un sector con alto potencial económico.
- El bajo nivel económico y académico todavía constituyen una limitación significativa en muchas áreas de la región, donde el sector agrícola carece, por lo general, de herramientas para el desarrollo de soluciones que incrementen su adaptación y resiliencia a la variabilidad climática.

1.5 Análisis de la vulnerabilidad futura

Los cambios proyectados en esta región para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 son calculados a partir de la media de conjunto de 16 modelos de circulación global (GCM, por sus siglas en inglés) para la

media anual y mensual, tanto de las temperatura máxima y mínima (evolución en °C) como de las precipitaciones (como porcentaje y milímetros de cambio), en tres Horizontes temporales: 2030, 2050 y 2070, respecto al período de referencia 1986-2005.

1.5.1 Variaciones anuales de la media de conjunto

Las variaciones anuales de la media de conjunto de 16 modelos GCM para las temperaturas máxima y mínima y las precipitaciones son presentados en la Figura 13 (en azul para el escenario RCP 4.5 y en naranja para el RCP 8.5). Se muestra un rango de incertidumbre para cada una de las tendencias, mediante el cómputo de los percentiles 10° y 90° (colores azul claro y rosado claro respectivamente en la Figura 13).

Variabilidad inter-modelos – escenario climático RCP 4.5

Globalmente, las proyecciones relativas a las temperaturas medias máxima y mínima en la región Noroeste muestran un incremento en el tiempo en comparación con el período de referencia, presentando el mismo orden de magnitud sin importar el Horizonte considerado.

- Horizonte 2030: incremento de +0.8°C;
- Horizonte 2050: incremento de +1.2°C;
- Horizonte 2070: incremento de +1.5°C.

Considerando el rango de incertidumbre, para los Horizontes del 2030 al 2070 se observan los siguientes cambios:

- Incremento de la temperatura entre +0.5 y +1°C para el 10° percentil;
- Incremento de la temperatura entre +1.3 y +2.3°C para el 90° percentil.

Se prevé una reducción de -2.5% del acumulado promedio anual respecto al período de referencia, en todos los Horizontes. Este déficit podría alcanzar el -20% para el 10° percentil. Por otro lado, se observa un incremento del +10% para el 90° percentil.

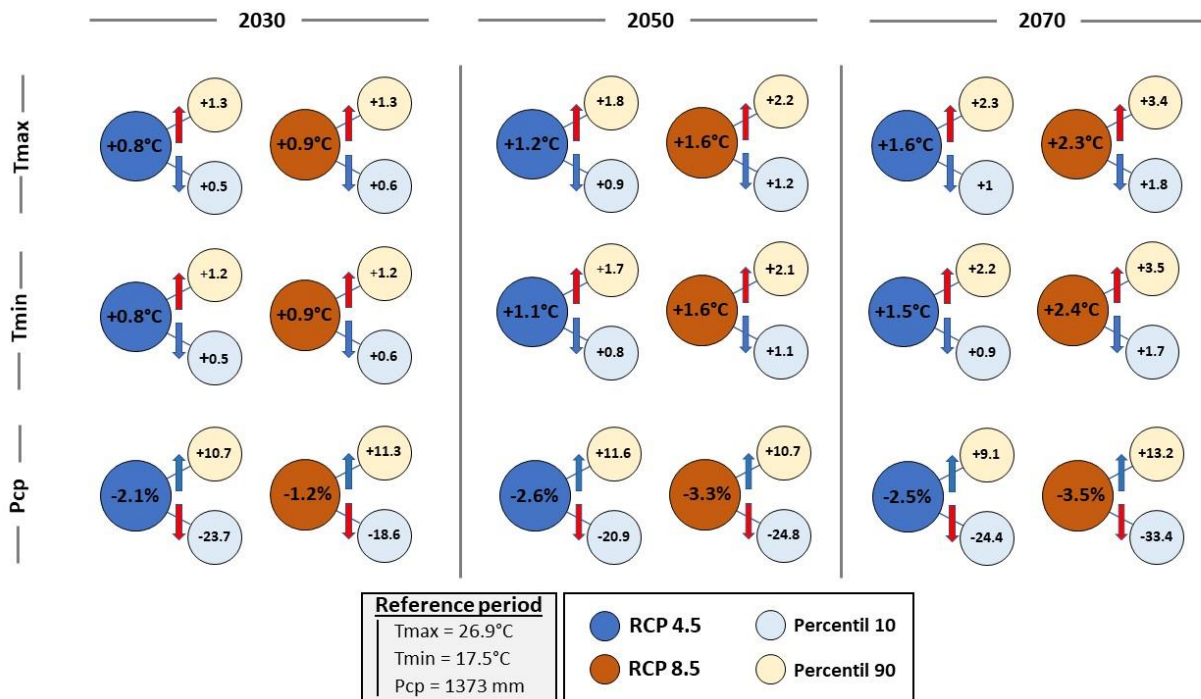


Figura 13: Cambios anuales promedio de temperaturas máxima (Tmax), mínima (Tmin) y precipitación anual total (Pcp) para el SPA del banano en el Noroeste en 2030, 2050 y 2070.

Variabilidad para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5

De manera parecida al escenario RCP 4.5, los incrementos de las temperaturas mínima y máxima previstos para el RCP 8.5 presentan el mismo orden de magnitud para todos los Horizontes temporales considerados. Comparando las tendencias de las temperaturas para ambos escenarios, se puede observar lo siguiente:

- Horizonte 2030: un incremento parecido de +0.9°C respecto al período de referencia;
- Horizonte 2050: un incremento mayor, de +0.4°C, en el peor de los escenarios;
- Horizonte 2070: un clima más cálido con un incremento superior a +0.8°C.

En el caso del RCP 8.5, el déficit de precipitación es más pronunciado, de alrededor de -1%, en 2050 y 2070 respecto al decremento de las precipitaciones para el RCP 4.5. El rango de los percentiles 10° y 90° es parecido al del RCP 4.5, excepto en 2070, cuando el déficit alcanza el -33% respecto al -24%.

1.5.2 Variaciones estacionales de la media de conjunto

Las Figura 14 a Figura 17 muestran la variabilidad estacional de las anomalías de las temperaturas máxima y mínima y de las precipitaciones respecto al período de referencia, para los Horizontes 2030, 2050 y 2070, relativamente a los escenarios climáticos RCP 4.5 y RCP 8.5. Según lo especificado arriba, se proporciona el rango de incertidumbre para las estimaciones de los percentiles 10° y 90°.

Temperatura

Para cada Horizonte y escenario, las anomalías de las temperaturas máxima (Figura 14) y mínima (Figura 15) son bastante próximas a la tendencia media anual para todos los meses.

Además, el rango de incertidumbre es regular durante todo el año, siendo la media de conjunto más próxima al 10° percentil. Sin embargo, una variación ligeramente mayor en el rango de incertidumbre

puede ser observada en agosto y septiembre, donde las anomalías de las temperaturas mínima y máxima alcanzan +2.5 y casi 4.0°C en el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente.

Precipitaciones

Globalmente, un decremento en las precipitaciones ocurre en los períodos junio-julio-agosto (JJA) y septiembre-octubre (SO) respecto al período de referencia, para todos los Horizontes y escenarios (Figura 16, Figura 17):

- Horizonte 2030: los decrementos de la precipitación promedio son de alrededor del -4.0% en JJA para ambos escenarios y de cerca del -4% en SO para el RCP 4.5 y -1.5% para el RCP 8.5.
- Horizonte 2050: las anomalías de la media de conjunto de las precipitaciones alcanzan un mínimo en julio, siendo de alrededor de -8% y -11% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. Además, el decremento de las precipitaciones se coloca alrededor del -7% en JJA para ambos escenarios, mientras que se espera que sea peor para el RCP 8.5 en SO, con una reducción de cerca del -8% respecto al -4.5% estimado para el RCP 4.5.
- Horizonte 2070: los decrementos promedio en JJA son de alrededor del -7% y -9% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. La diferencia principal entre los dos escenarios depende de una reducción mayor en el mes de agosto, -13%, para el RCP 8.5 respecto al -5.5% para el RCP 4.5. Además, no se esperan cambios grandes en ambos escenarios para el período SO, donde se prevé un decremento de un -5%.

El 10° percentil muestra dos mínimos en los déficits estimados para todos los escenarios:

- El primero se presenta en junio para los Horizontes 2030 y 2050, moviéndose a julio para el Horizonte 2070;
- El segundo está previsto para octubre en todos los Horizontes.

Finalmente, se puede observar que el 90° percentil muestra un incremento de precipitaciones la mayor parte del tiempo, excepto en julio, donde alcanza el valor cero en ambos escenarios y todos los Horizontes. Esto significa que todos los modelos son coherentes en proyectar una reducción de las precipitaciones en el mes de julio.

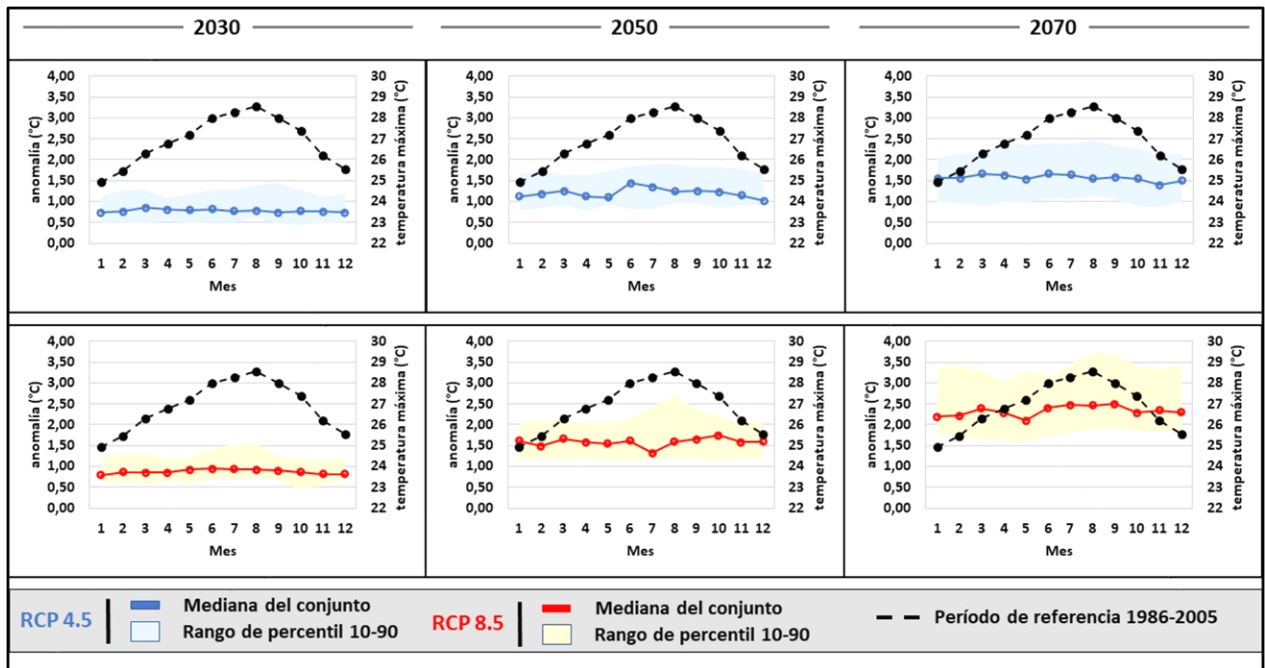


Figura 14: Variaciones mensuales promedio en la temperatura máxima en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para la región Noroeste.

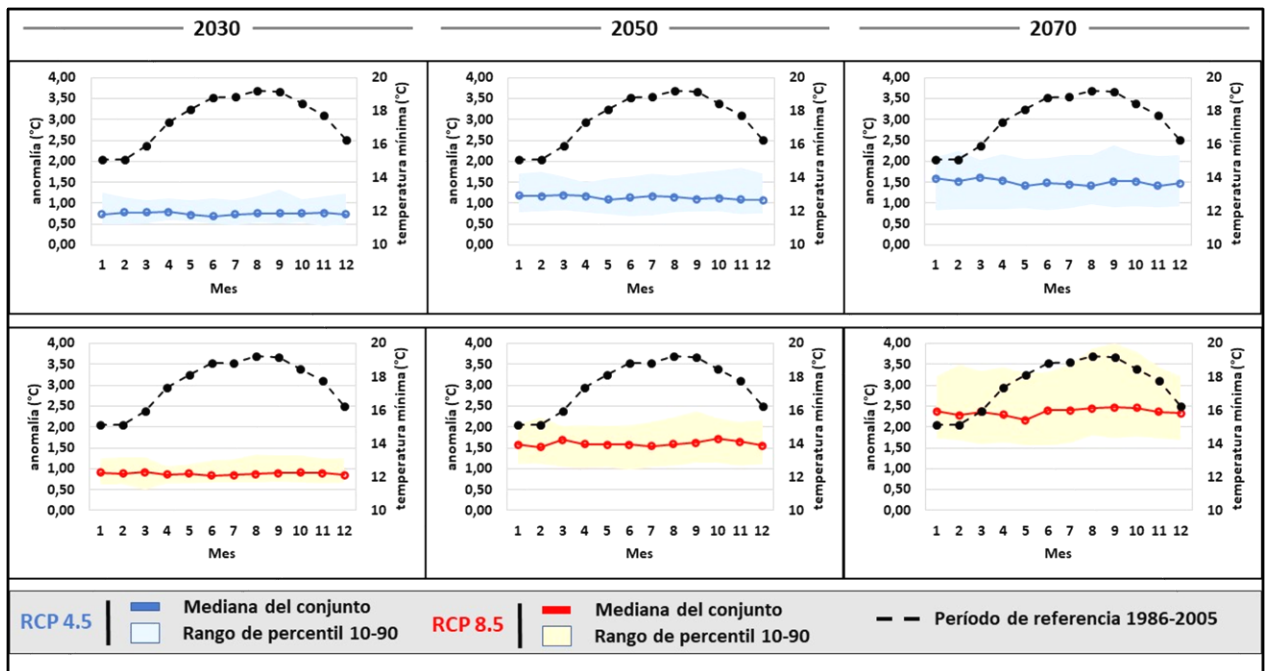


Figura 15: Variaciones mensuales promedio en la temperatura mínima en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para la región Noroeste.

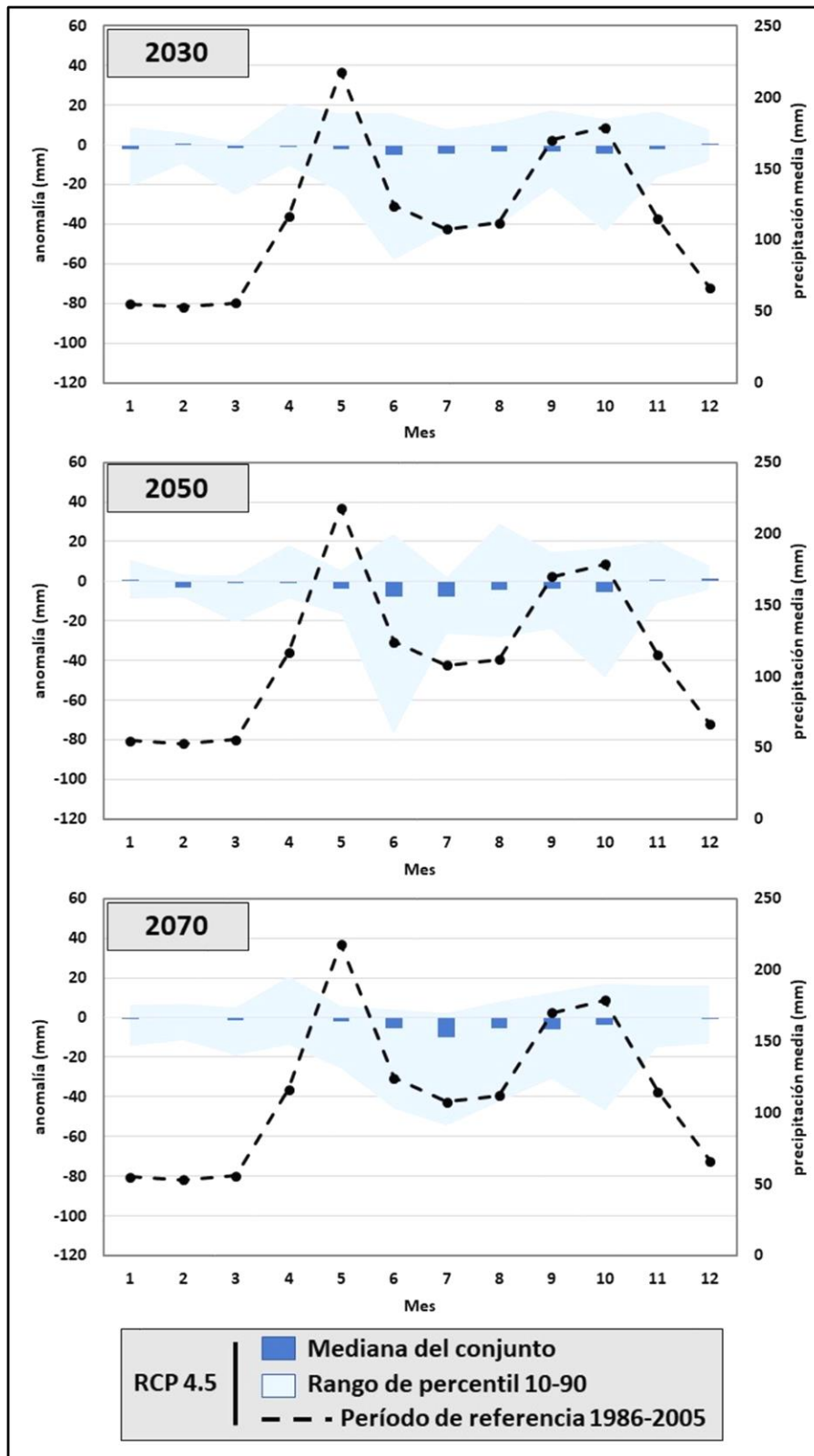


Figura 16: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 4.5 en la región Noroeste.

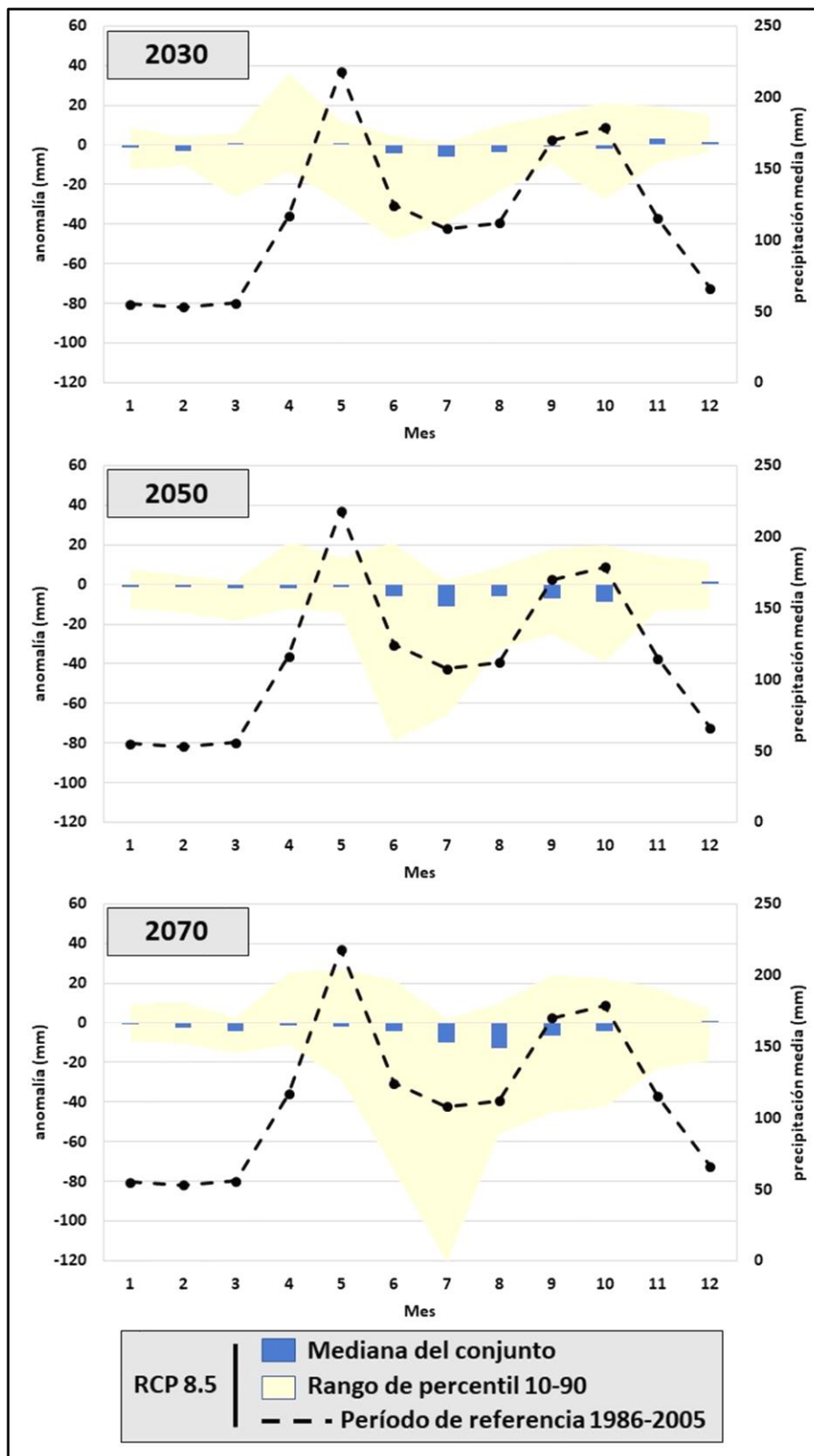


Figura 17: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 8.5 en la región Noroeste.

1.5.3 Conclusiones principales de las proyecciones climáticas

Las proyecciones realizadas destacan que en el futuro la región Noroeste estará expuesta a condiciones climáticas generalmente más secas y cálidas, así como a precipitaciones extremas más frecuentes, para todos los Horizontes temporales y escenarios considerados.

La intensidad de estos cambios incrementará con el tiempo, y de manera más rápida en el caso del escenario RCP 8.5 que corresponde hoy en día a la trayectoria de cambio climático más probable.

En términos de vulnerabilidad, la variabilidad climática proyectada sólo presenta informaciones sobre la evolución de los indicadores constitutivos del índice de exposición para el SPA considerado, los índices de sensibilidad y de capacidad adaptativa siendo constituidos por indicadores de índole socioeconómico.

Para el SPA del Banano en el Noroeste entonces, se espera un aumento de la criticidad de los indicadores de exposición siguientes:

- Déficit de lluvia anual
- Déficit de lluvia mensual

A este nivel del análisis, no es posible proyectar con certeza un incremento de las áreas inundables. Sin embargo, parece claro que, con el aumento de la frecuencia de lluvias intensas, el indicador de exposición “distancia al río en área inundable” podrá tener mayor peso en la determinación de la vulnerabilidad de las fincas bananeras.

El manejo apropiado de los recursos hídrico en las cuencas hidrográficas será fundamental para la sobrevivencia del sector bananero en el Noroeste.

1.6 Síntesis: vulnerabilidad histórica, actual y futura del SPA Banano en el Noroeste al cambio climático

El principal elemento de vulnerabilidad para el SPA Banano se relaciona directamente con la gestión del agua. Aunque las condiciones generalmente más áridas del Cibao Noroeste presentan la ventaja notable de prevenir la incidencia de la sigatoka negra, principal enfermedad del banano, esta misma situación hace indispensable el uso de agua de riego para alcanzar una producción suficiente.

De este punto de vista, la reducción de los acumulados pluviométricos anuales y mensuales proyectados a futuro genera una fuerte preocupación. En la actualidad, la demanda total de agua por los diferentes usuarios (incluyendo regantes bananeros y arroceros) alcanza el 97% de los recursos hídricos disponibles en la cuenca del río Yaque del Norte⁴⁴ y se estima que sólo 8% de los productores bananeros cuentan con infraestructura de riego completas y eficientes. Cabe destacar también que el uso repetido del riego puede generar una salinización de los suelos y reducir fuertemente su fertilidad.

⁴⁴ IZZO, M., RATHE, L., ARIAS RODRIGUEZ, D. 2012. Informe Final Puntos Críticos para la Vulnerabilidad a la Variabilidad y Cambio Climático en la República Dominicana y su Adaptación al mismo. Programa para la Protección Ambiental, The Nature Conservancy. Santo Domingo. República Dominicana. 16p.

Por otro lado, el cultivo del banano es particularmente vulnerable a inundaciones. Se considera que una inundación de 72 horas es suficiente para destruir una plantación de banano, por consecuencia de la muerte de las raíces por asfixia. En la región Noroeste, 85% de las fincas bananeras están ubicadas en zonas inundables, que concentran los terrenos de mayor fertilidad. Esta situación ha provocado pérdidas importantes para el sector en años recientes, y existe un riesgo considerable de que se hagan más frecuentes los episodios de inundación con el aumento de los eventos de precipitación extrema proyectados.

Los principales impactos anticipados de la variabilidad climática sobre el SPA banano en el Noroeste están resumidos en el cuadro siguiente (Figura 18):

Riesgo climático	Impactos directos	Impactos indirectos	Posibles medidas de adaptación
Alza de temperaturas	Déficit hídrico y disminución de la emisión foliar. Se detiene el desarrollo de la planta.	Reducción de los rendimientos, incapacidad a cumplir con compromisos de mercado.	N/A
Reducción en el cúmulo de lluvias			Rehabilitación y construcción de presas y sistemas de riego eficientes.
Cambio en la periodicidad de lluvias	Favorece brotes de áfidos y trips (sequía) o de sigatoka negra y fusariosis (humedad excesiva).	Inestabilidad en la producción, pérdidas de calidad. Reducción de los volúmenes de calidad exportable.	
Incidencia de plagas y enfermedades	Pérdida de productividad y calidad de frutas.		
Inundaciones	Muerte de la plantación si excede 72 horas (asfixia de las raíces).	Pérdida completa o parcial de la producción	Establecimiento de sistemas de drenaje eficiente, obras de protección, planes de manejo de cuencas y presas
Ventarrones	Destrucción parcial o total de las plantaciones.		Barreras vivas, apuntalamiento de plantas, reforestación de áreas marginales y fomento de la biodiversidad en las plantaciones.
Salinización de suelos y pérdida de fertilidad	Reducción de área cultivable.		Restauración de suelos,

Figura 18: Síntesis de impactos de la variabilidad climática del SPA banano en el Noroeste. Perspectiva del productor (Autores, 2020).

Los impactos socioeconómicos de la vulnerabilidad del SPA al cambio climático pueden ser de diversas índoles. Desde un punto de vista macroeconómico, se destaca la importancia de las exportaciones de banano desde el Noroeste para la generación de divisas a escala nacional. También se resalta la importancia del cultivo para la economía y el empleo a nivel regional.

Aunque la producción de banano esté principalmente dirigida para la exportación, el consumo nacional es de importancia. Según los resultados de los talleres participativos realizados, en 2016 por ejemplo, la sequía generó un déficit de producción de plátano – una de las principales fuentes de carbohidratos en la dieta dominicana. El alza de precios subsecuentes explicó que parte de la demanda se trasladó sobre el banano. El consumo nacional de banano representó el 64,5% de la producción de este año, lo que evidencia el rol de este cultivo para la seguridad alimentaria a nivel nacional.

La vulnerabilidad de la producción ante eventos extremos también puede poner en riesgo la capacidad de la República Dominicana a mantener su posición como uno de los principales exportadores de este producto a nivel internacional: una producción irregular o una mayor proporción de bananos de calidad no exportable, podrían inducir la incapacidad de los productores nacionales a cumplir con sus compromisos comerciales. Esto podría tener un impacto particularmente sensible para el personal femenino empleado en las empacadoras, dependientes del mercado de exportación.

2. EL ARROZ EN LA LÍNEA OESTE EN EL NOROESTE

2.1 Rangos óptimos para el cultivo

En el presente capítulo se describen las condiciones óptimas y limitantes para el cultivo, definidas en base a estudios llevados a cabo para el país, América Central y el Caribe (DICTA, 2003⁴⁵; Moquete, 2010⁴⁶; Ruiz Corral et al., 2013⁴⁷).

2.1.1 Características del cultivo

La región Noroeste (provincias Valverde, Monte Cristi, Santiago Rodríguez, Dajabón) contribuye de manera significativa a la producción de arroz a nivel nacional, teniendo en promedio el 27% de la superficie sembrada del país, con 613 km² destinados al cultivo.

El arroz (*Oryza sativa*), es una gramínea y uno de los pocos cereales que se destina casi exclusivamente a la alimentación humana, proveyendo más de la mitad del alimento diario para un tercio de la población mundial. Luego de su introducción en el país a finales del siglo XV, el arroz se convirtió progresivamente en la base de la dieta dominicana.

Es una planta que tiene gran difusión en el mundo, lográndose buenas producciones en una amplia franja de latitudes, desde 35° sur hasta los 50° norte, cultivándose en la modalidad bajo inundación y en secano.

2.1.2 Topografía

El arroz presenta una muy buena adaptación a la altura, pudiéndose cultivar sin dificultad desde el nivel del mar hasta los 2,500 de altitud. Con relación a la pendiente, para el cultivo, especialmente en la modalidad bajo inundación, es necesario contar con terrenos planos. En la modalidad en secano, es posible cultivar en pendiente. Sin embargo, en este caso, pendientes superiores al 5% favorecen la erosión y pérdida de suelo, perjudicando el cultivo. Además, la pendiente del terreno obstaculiza la mecanización del cultivo y, en general, eleva los costos de producción.

2.1.3 Suelo

Aunque el arroz se adapta bien a diferentes tipos de suelos, desde los arenosos hasta lo arcillosos, estos últimos son los más adecuados para la producción arrocería, puesto que retienen el agua y permiten las inundaciones requeridas para el cultivo. En este sentido, las áreas más apropiadas para el establecimiento de plantaciones son las amplias llanuras aluviales y los deltas de los ríos.

⁴⁵ DICTA. 2003. Manual técnico para el cultivo del arroz (*Oryza sativa*). Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Comayagua, Honduras.

⁴⁶ Moquete, C. 2010. El cultivo de arroz: Guía Técnica. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF), Santo Domingo.

⁴⁷ Ruiz Corral, J.A., Medina García, G., González Acuña, I.J., Flores López, H.E., Ramírez Ojeda, G., Ortiz Trejo, C., Byerly, Murphy, K.F., Martínez Parra, R.A. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. 2ª Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Jalisco, México.

El pH ideal para el cultivo es ligeramente ácido (6.6), puesto que en estas condiciones se maximiza la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, así como su disponibilidad, reduciéndose además la concentración de sustancias que interfieren con la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos. Suelos con pH más ácidos o alcalinos son aprovechables mediante el manejo apropiado del riego, que permite la neutralización de ambas condiciones.

2.1.4 Clima

Los factores climáticos que inciden de manera más preponderante sobre el desarrollo del cultivo son la radiación solar y la temperatura. Una baja radiación solar durante la fase vegetativa no afecta el rendimiento. Sin embargo, la exposición a una radiación insuficiente durante la fase productiva reduce de manera significativa el número de espiguillas y, por ende, la productividad. Además, puede incrementar el daño ocasionado por plagas y enfermedades. Se ha determinado que los rendimientos mayores se alcanzan cuando el cultivo recibe más de 400 cal/cm², correspondientes a unas ocho horas diarias de exposición a la luz solar. Respecto a la temperatura, se considera que el rango óptimo es entre los 25 y 32°C. Temperaturas críticas se colocan por debajo de los 20°C y por encima de los 32°C, determinando su ocurrencia diferentes tipos de daños al cultivo, dependiendo de la etapa específica del ciclo productivo en la cual haya la exposición.

Respecto a la lluvia, se considera que un acumulado anual de 1,200 mm de precipitación bien distribuidos durante el ciclo del cultivo es suficiente para obtener buenas cosechas. Cuando ocurren deficiencias de agua durante el desarrollo de las plantas, el rendimiento disminuye de manera significativa. El exceso de humedad ambiental favorece la incidencia de enfermedades foliares y el ataque de hongos. A continuación, se presenta un cuadro de síntesis de los rangos óptimos y límites para el cultivo (Figura 19).

VARIABLE	RANGOS
Latitud	Óptimo: 50° norte ÷ 35° sur
Altitud	Óptimo: hasta 2,500 msnm
Pendiente	0% (tolerable hasta 5%)
Temperatura	Óptimo: Temperatura promedio anual entre 25 y 32°C Límite inferior para la T promedio anual: 20°C Límite superior para la T promedio anual: 37°C
Lluvia	Límite inferior: 1,200 mm anuales
Suelo	Óptimo: Suelos con textura arcillosa, con alto poder de retención de agua.
Luminosidad	Óptimo: Por lo menos 8 h/día

Figura 19: Rangos óptimos y límites para la producción del arroz (Autores, 2019).

2.2 Distribución actual

En la región Noroeste, el área de producción del arroz, ocupando una superficie de 613 km², se encuentra ubicada entre las latitudes 19°00' y 19°60' norte, concentrada en dos áreas principales, a las cuales corresponden dos modalidades de cultivo. Una, prevalente, está establecida a lo largo del

río Yaque del Norte y se desarrolla bajo inundación y la otra, típicamente familiar y de subsistencia, queda ubicada en las zonas de colina y montaña de la vertiente norte de la Cordillera Central (Figura 20).

Las fincas están localizadas en un rango altitudinal entre 0 y 1671 msnm, no constituyendo la altura un factor limitante para el cultivo.

Los terrenos cultivados con arroz en la región presentan una pendiente entre 0 y 89%, siendo más del 81.6% de ellos ubicados en pendientes inferiores al 5%.

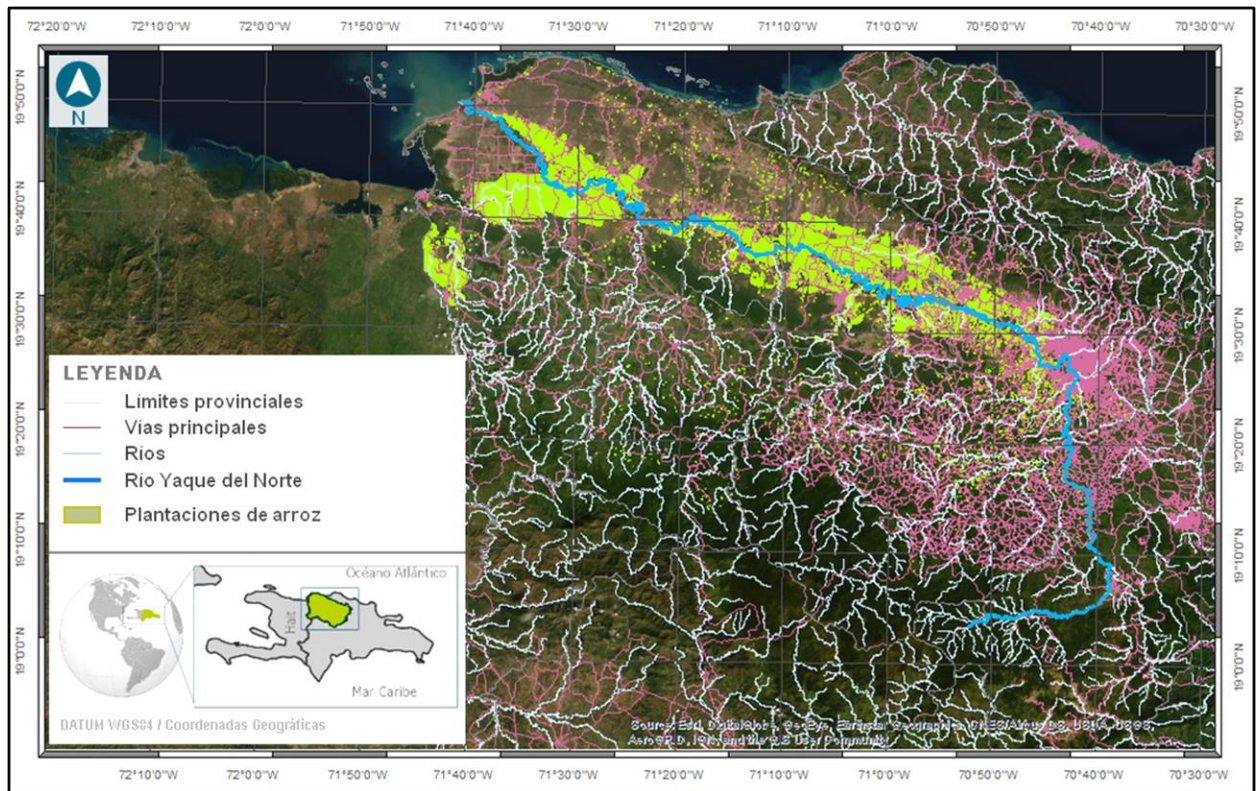


Figura 20: Ubicación de las áreas cultivadas con arroz en la región Noroeste (Autores, 2019).

Las plantaciones principales están distribuidas en una franja de unos 110 kilómetros a lo largo del río Yaque del Norte, con una típica orientación de sureste a noroeste, hasta llegar a menos de cinco kilómetros de la desembocadura de la fuente de agua al Océano Atlántico. Las fincas están, por lo general, ubicadas dentro de los primeros 7 kilómetros de distancia del cauce del río, extendiéndose en algunos puntos hasta los 12 kilómetros desde dicha fuente de agua (Figura 20).

Esta condición hace que el 79% de las fincas se encuentre en zonas potencialmente expuestas a inundaciones periódicas, asociadas a eventos de precipitación abundante e/o intensa que ocurran cuenca arriba (Figura 21).

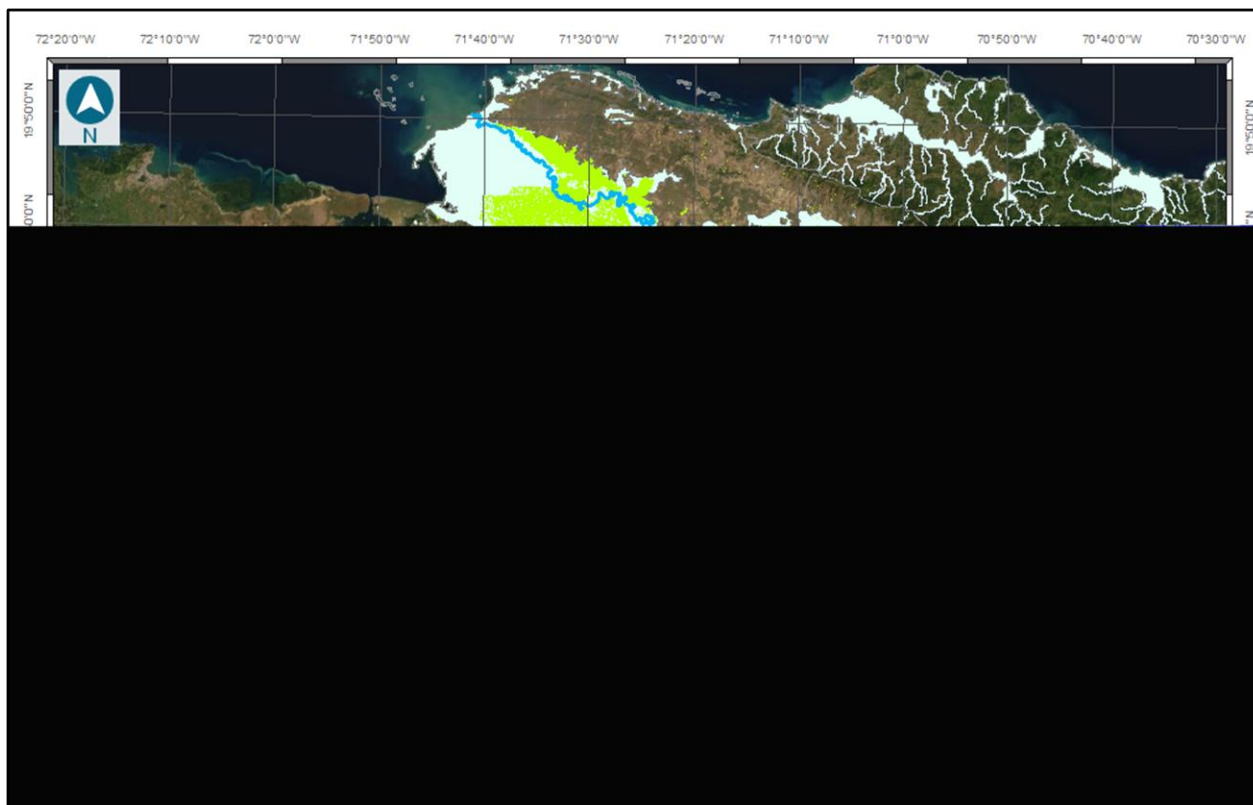


Figura 21: Mapa de las áreas potencialmente inundables en la región Noroeste (Autores, 2019).

2.2.1 Suelo

Las plantaciones de arroz están ubicadas en su mayoría en suelos aluviales recientes, ubicados a lo largo del Río Yaque del Norte. Por su origen, dichos suelos tienen profundidad de media a alta (hasta 1.2 metros) y texturas prevalentemente franco-arenosa y arenosa.

Los terrenos cultivados con arroz están establecidos en terrenos óptimos (suelos arcillosos o franco-arcillosos) en un 38% de las áreas, típicamente concentradas en dos núcleos, uno en el extremo noroccidental de la región, en izquierda hidrográfica del río Yaque del Norte, y otro en la porción centro oriental, en derecha hidrográfica del mismo río (Figura 22). Las demás plantaciones quedan ubicadas en terrenos con sedimento de textura gruesa, arenosa (28.3%) y franco-arenosa (33.6%) (Figura 22).

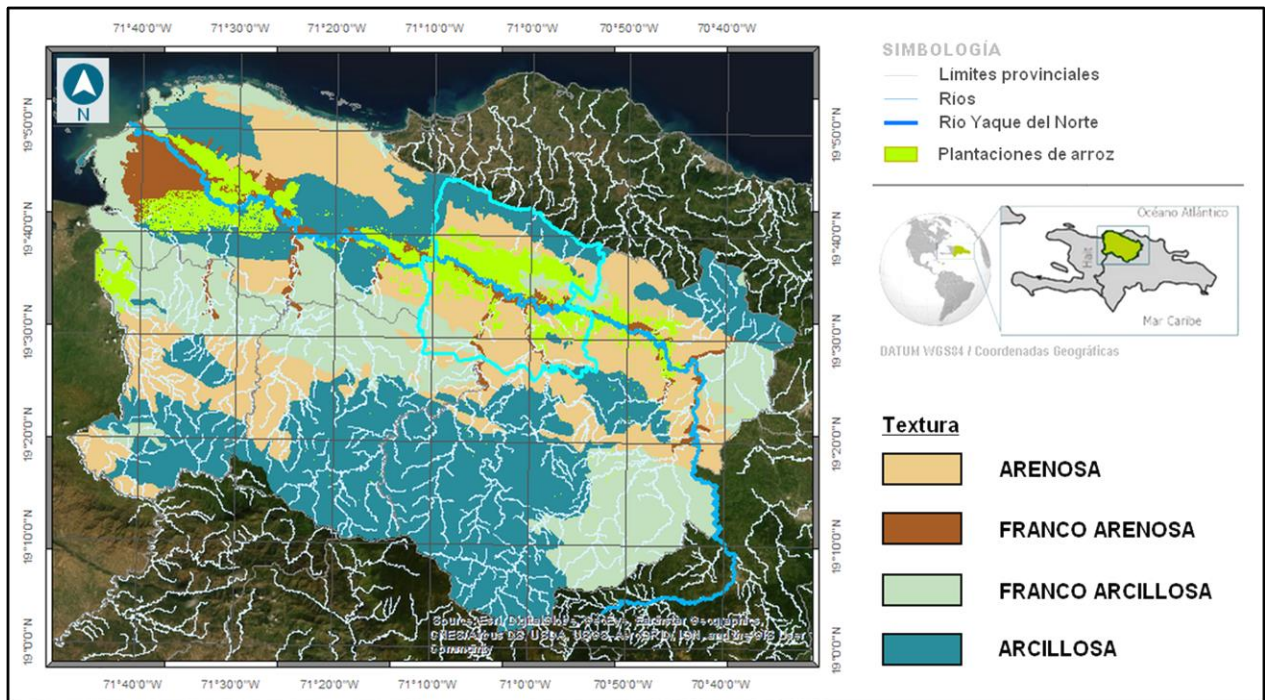


Figura 22: Mapa de textura de suelos en la región Noroeste (Autores, 2019).

2.2.2 Clima

El núcleo más relevante de las plantaciones de arroz, típicamente las que son cultivadas en la modalidad bajo inundación, queda ubicado en áreas de clima semiárido, coincidente con el fondo del valle en la cuenca baja del río Yaqué del Norte. Un porcentaje menor de fincas, concentradas prevalentemente en el extremo oriental de la región, cuentan con un clima seco subhúmedo, mientras que un número reducido (no superior al 5% del total) se encuentra en climas progresivamente más húmedos, en la medida en que las fincas se extienden en las vertientes de la Cordillera Central, donde las plantaciones se reducen de tamaño y el tipo de agricultura se convierte en modalidad de secano y prevalentemente de subsistencia (Figura 23). (Autores, 2019).

Dichas condiciones climáticas quedan reflejadas en los aportes pluviométricos, que solamente para el 4.3% de las fincas se encuentran dentro del rango óptimo para el cultivo (más de 1,200 mm) (Figura 23).

Estas condiciones evidencian que la producción arroceras es posible casi exclusivamente en la modalidad bajo riego. Además, se destaca que hasta las fincas que, establecidas en área de colina o montaña, cuentan con un acumulado anual de lluvia apropiado, están expuestas de manera significativa a los impactos ocasionados por la variabilidad del régimen pluviométrico.

Respecto a la temperatura, la casi totalidad de las fincas (más del 98%) se encuentra dentro del rango óptimo, siendo ubicadas en zonas con temperatura promedio anual entre 25 y 32°C (Figura 23). El porcentaje restante, correspondiente a las plantaciones establecidas en zonas de montaña, está expuesto a temperatura promedio anuales inferiores a los 25°C.

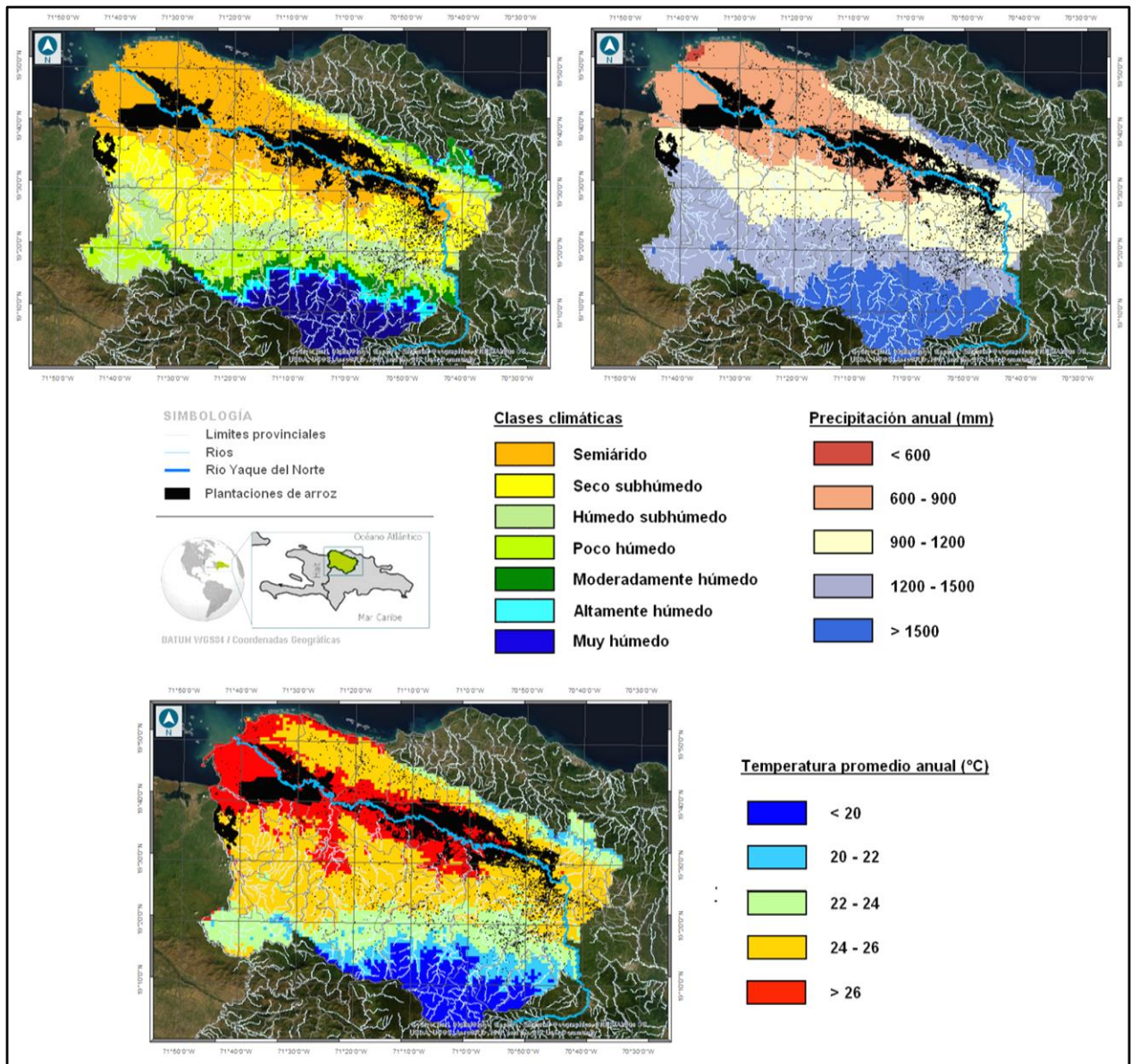


Figura 23: Mapas climático (superior izquierdo), de precipitación promedio anual (superior derecho) y temperatura promedio anual (inferior) de la región Noroeste (Autores, 2019).

2.2.3 Síntesis de la situación territorial actual

Los resultados descritos arriba permiten destacar los siguientes elementos de vulnerabilidad:

1. El agua constituye un factor limitante, que expone la producción arroceras de la región a déficit hídrico la mayor parte del año. Las condiciones climáticas propias de la zona hacen que el cultivo sea posible solamente en la modalidad bajo riego, mientras que en las zonas de montaña expone las plantaciones a impactos negativos asociados a las variaciones de régimen pluviométrico que puedan ocurrir entre un año y el otro.
2. Estas últimas quedan expuestas también a fenómenos de erosión acelerada y pérdida de suelo, puesto que están establecidas en áreas con pendientes que favorecen dichas condiciones.
3. Las fincas arroceras están ubicadas en su mayoría dentro del área potencialmente inundable por las crecidas del Río Yaque del Norte, entre otras fuentes de agua, lo que

expone la producción a recibir daños asociados a inundaciones. En efecto, aunque el cultivo se lleve a cabo con la modalidad bajo inundación, cuando la acumulación de agua ocurre de manera repentina y en períodos inapropiados del ciclo de producción, se producen daños significativos, que pueden llegar hasta a la pérdida total de la cosecha.

2.3 Características sociales, económicas y demográficas del sistema productivo

2.3.1 Características de producción

La producción arrocerá en la región Noroeste se distingue por dos modalidades principales de cultivo. En el fondo del valle, a lo largo del río Yaque del Norte y sus afluentes principales, la producción es llevada a cabo bajo inundación y se caracteriza por grandes extensiones de terreno cultivadas de manera industrial, representando más del 20% de la superficie sembrada del país y el 27% del área cosechada.

A este tipo de producción se suma una en secano, llevada a cabo en parcelas de pequeñas dimensiones, distribuidas en las vertientes de colina y montaña de la Cordillera Central, prevalentemente con características de agricultura de subsistencia.

Aunque la producción resulta ampliamente tecnificada en la parte baja, el requerimiento de mano de obra para las labores asociadas al cultivo es alto, estimándose en más de 60 mil las personas empleadas en la industria arrocerá en la región.

2.3.2 Características socioeconómicas y sociodemográficas

La región arrocerá del Noroeste, que incluye a la provincia Santiago, cuenta con una población que supera el millón y medio de habitantes, puesto que en ella se encuentra el núcleo urbano de Santiago de los Caballero, segunda ciudad del país. La densidad poblacional se reduce de manera significativa en las áreas rurales, siendo más alta en las zonas baja del valle del río Yaque del Norte y definitivamente reducida en las áreas de colina y montaña de la Cordillera Central.

La región analizada presenta una tasa promedio del 38.0% de hogares con nivel socioeconómico bajo o muy bajo, con profundas diferencias entre las provincias que la componen, siendo Santiago la que muestra la incidencia menor (17.4%) y Monte Cristi la provincia con el porcentaje más alto (50.1%) (ONE, 2010).

En la región, el 14.3% de la población tiene trabajo o empleo en el sector agrícola, siendo Monte Cristi la provincia que alcanza el porcentaje más alto, con 19.5%, y Santiago la que presenta el porcentaje mínimo (5.0%) (ONE, 2010).

En la región, el porcentaje de personas vinculadas al sector agrícola que cuenta solamente con un nivel escolar de primaria-básica o inferior presenta muchas diferencias entre una provincia y la otra, siendo todavía muy alto (49% promedio) para Monte Cristi, Dajabón y Santiago Rodríguez, y progresivamente más bajo para Mao (33.6%) y Santiago (17.4%). El dato se invierte cuando se considera el porcentaje de personas vinculadas al sector agrícola que cuentan con nivel académico. En efecto, en este caso, el porcentaje más alto se observa en Valverde (5.7%) y el más bajo en Santiago (0.5%) (ONE, 2010).

donde, debido a las mayores alternativas de empleos disponibles, las personas que tienen acceso a la formación académica prefieren áreas distintas a la agrícola.

2.4 Análisis de vulnerabilidad histórica y actual

2.4.1 Variabilidad climática observada

Para la zona de producción arroceras valen las consideraciones climáticas hechas por la zona bananera. Se caracteriza por un patrón no uniforme de las tendencias históricas de las precipitaciones (Pérez & Jury, 2013; Izzo et al., en fase de publicación), siendo solamente Monte Cristi el sitio que muestra una reducción significativa de los aportes anuales de lluvia en el período 1939-2007, especialmente vinculado a una reducción de las precipitaciones en los meses de octubre y diciembre (Figura 3). Algunos meses evidencian un incremento de los aportes pluviométricos (Figura 3): agosto en Monte Cristi y Villa Vásquez; enero en Mao; abril en Santiago. Esta última estación muestra un decremento significativo de las lluvias en los meses de febrero y mayo (Figura 3).

Para las temperaturas, de manera coherente con todo el territorio nacional se han detectado incrementos significativos (Pérez & Jury, 2013; Izzo et al., en fase de publicación).

2.4.2 Exposición

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Exposición, y sus respectivos indicadores (Figura 24), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

Los resultados evidencian que las plantaciones de banano presentan, por lo general, niveles de exposición intermedio, siendo el 47.3% el porcentaje de ellas que muestran ese nivel de exposición. El porcentaje restante muestra niveles de exposición bajos (43.5%) o muy bajos (9.2%).

Los factores más críticos resultan ser: el déficit de lluvia, al cual está expuesta la mayoría de las fincas ubicadas en la parte baja del valle del río Yaque del Norte; el peligro de inundación, que es significativo para el 77.4% de las plantaciones; y la textura de suelo, que, en general, no favorece la retención del agua y, por ende, hace que las plantaciones arroceras de la región no sean muy eficientes en el uso del recurso hídrico.

La pendiente se vuelve un factor crítico de exposición para algunas de las plantaciones de arroz en seco, establecidas en las vertientes de la Cordillera Central.

Las fincas con los niveles mayores de exposición están ubicadas prevalentemente a lo largo del río Yaque del Norte (Figura 24).

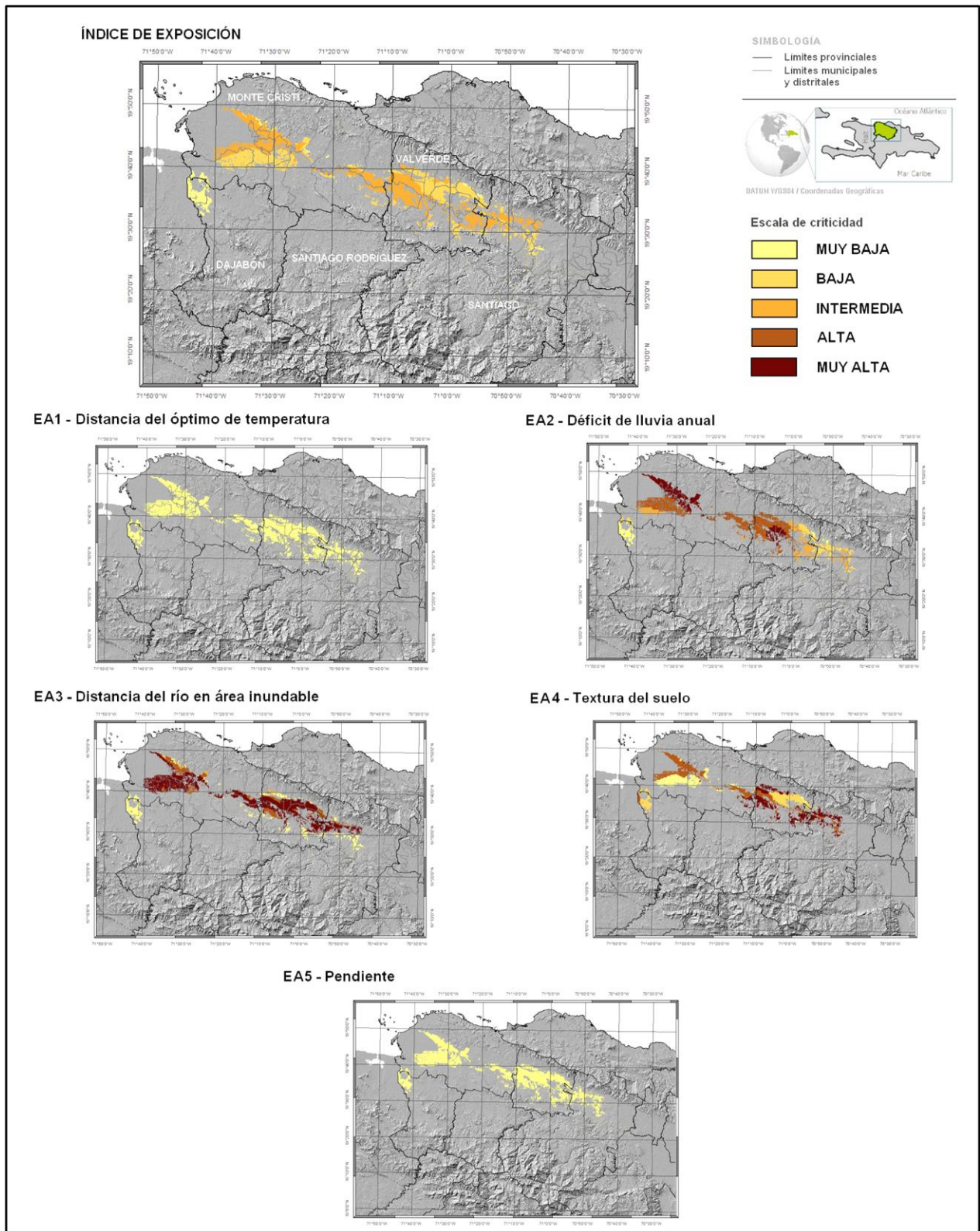


Figura 24: Mapa del Índice de Exposición y sus respectivos indicadores para el SPA del arroz (Autores, 2019).

2.4.3 Índice de sensibilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores (Figura 25), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

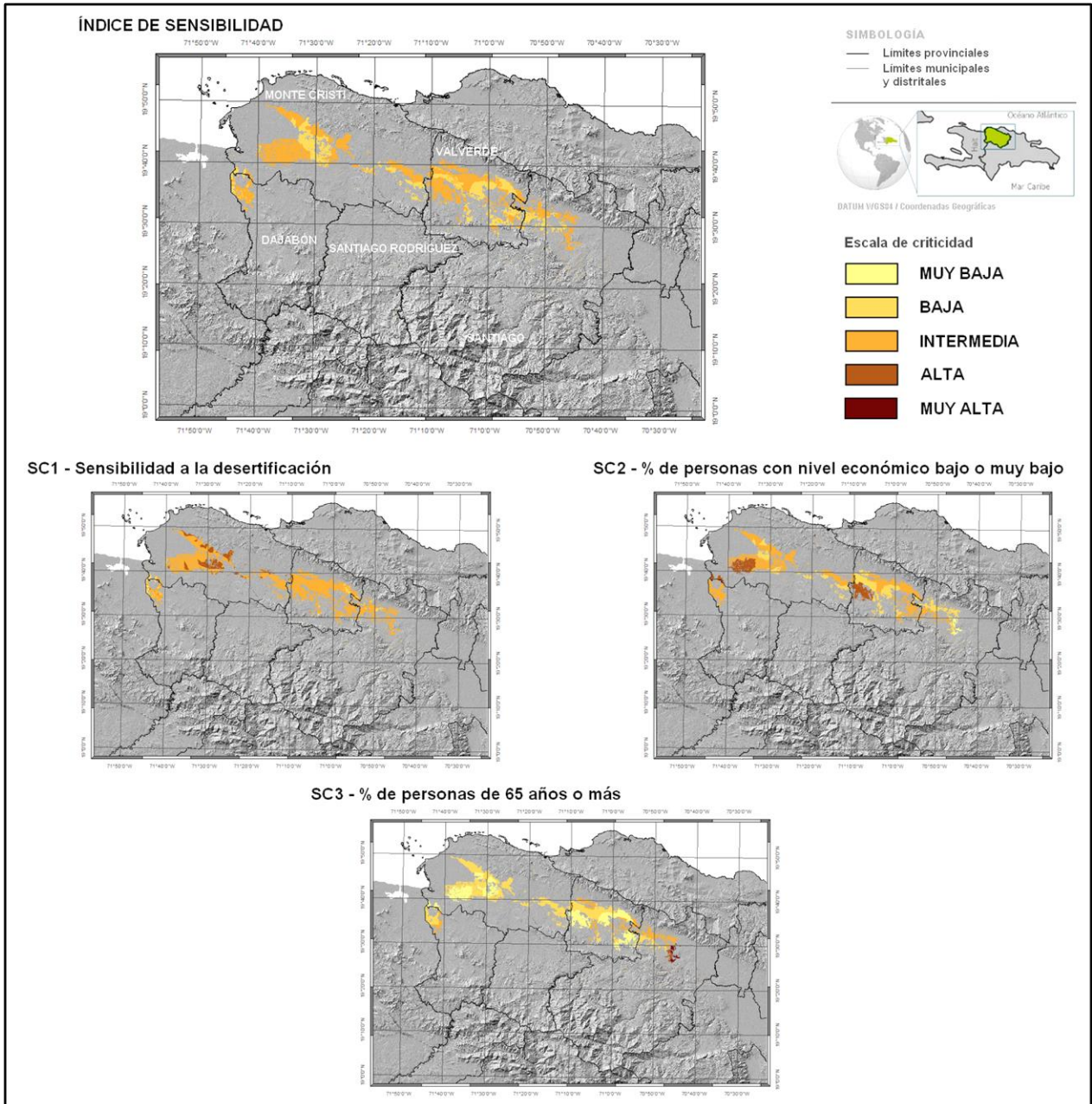


Figura 25: Mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores para el SPA del arroz (Autores, 2019).

Los valores del Índice de Sensibilidad obtenidos para el cultivo del arroz en la región noroeste muestran niveles de intermedios a bajos para toda el área. El 65% de las fincas obtiene una valoración de sensibilidad intermedia y el restante 35% una valoración baja.

El indicador de sensibilidad a la desertificación influye determinadamente en el resultado de este índice, puesto que el 84% del área cultivada con arroz presenta una sensibilidad a la desertificación

intermedia y un 10% de las fincas, ubicadas prevalentemente en la zona occidental del valle, Villa Vásquez, Las Matas de Santa Cruz, Palo Verde y Monte Cristi, manifiesta una sensibilidad a la desertificación alta.

Otro elemento de criticidad es representado por el nivel socioeconómico bajo de las familias dedicadas a la agricultura, que alcanzan el 54%. Algunos de los municipios con mayor porcentaje de personas vinculadas al sector agrícola con nivel socioeconómico bajo o muy bajo son Pepillo Salcedo y Jaibón, donde se concentra el 14% de las fincas con un valor alto para este indicador. De forma predecible, el municipio de Santiago de los Caballero y los aldeaños de la misma provincia presentan porcentajes muy reducido (2%) de familias del sector con nivel socioeconómico bajo.

De manera parecida a los demás sistemas productivos, se observa un patrón invertido en el caso del indicador relativo a la tasa de personas vinculadas al sector agrícolas con más de 65 años, cuyas tasas más altas se observan en los municipios próximos a la ciudad cabecera de la provincia Santiago.

2.4.4 Índice de capacidad adaptativa

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores (Figura 26), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

De acuerdo con la interacción de los indicadores considerados para medir la capacidad adaptativa, la producción de arroz en la región Cibao noroeste presenta bajos niveles de capacidad adaptativa para las dos terceras partes del área (65.7%), mientras que el tercio restante solo llega a un nivel intermedio (32.9%).

El número de personas dedicadas a la agricultura con un nivel socioeconómico bueno o muy bueno es muy bajo en los municipios que forman parte de la franja arrocera del valle. Tan solo Mao y Santiago presentan niveles altos de este grupo social dentro del sector. El 96.8% de las fincas se encuentra en municipios donde el porcentaje de personas dedicadas a la agricultura con un nivel socioeconómico alto es bajo o muy bajo.

El porcentaje de profesionales del sector agrícola con estudios universitarios es bajo o muy bajo en prácticamente todos los municipios arroceros (43.8% muy bajo y 48.5% bajo). Solo en 19 de 77 municipios se supera el 4% de profesionales agricultores con titulación universitaria. El valor más alto se encuentra en Mao con un 15.5% de los agricultores con nivel universitario.

La población dedicada al sector agrícola en su mayoría tiene entre 25 y 44 años en buena parte de los municipios, para el 65% de las zonas de cultivo del arroz el número de personas en esa franja de edades es alto o muy alto. En el municipio de Santiago, eminentemente urbano, y los municipios adyacentes, el número de agricultores jóvenes se reduce de manera significativa. Especialmente en áreas urbanas, la mayor oferta de trabajo en otros ámbitos laborales, generalmente caracterizados por salarios más altos, desincentivan a los jóvenes a dedicarse a la agricultura.

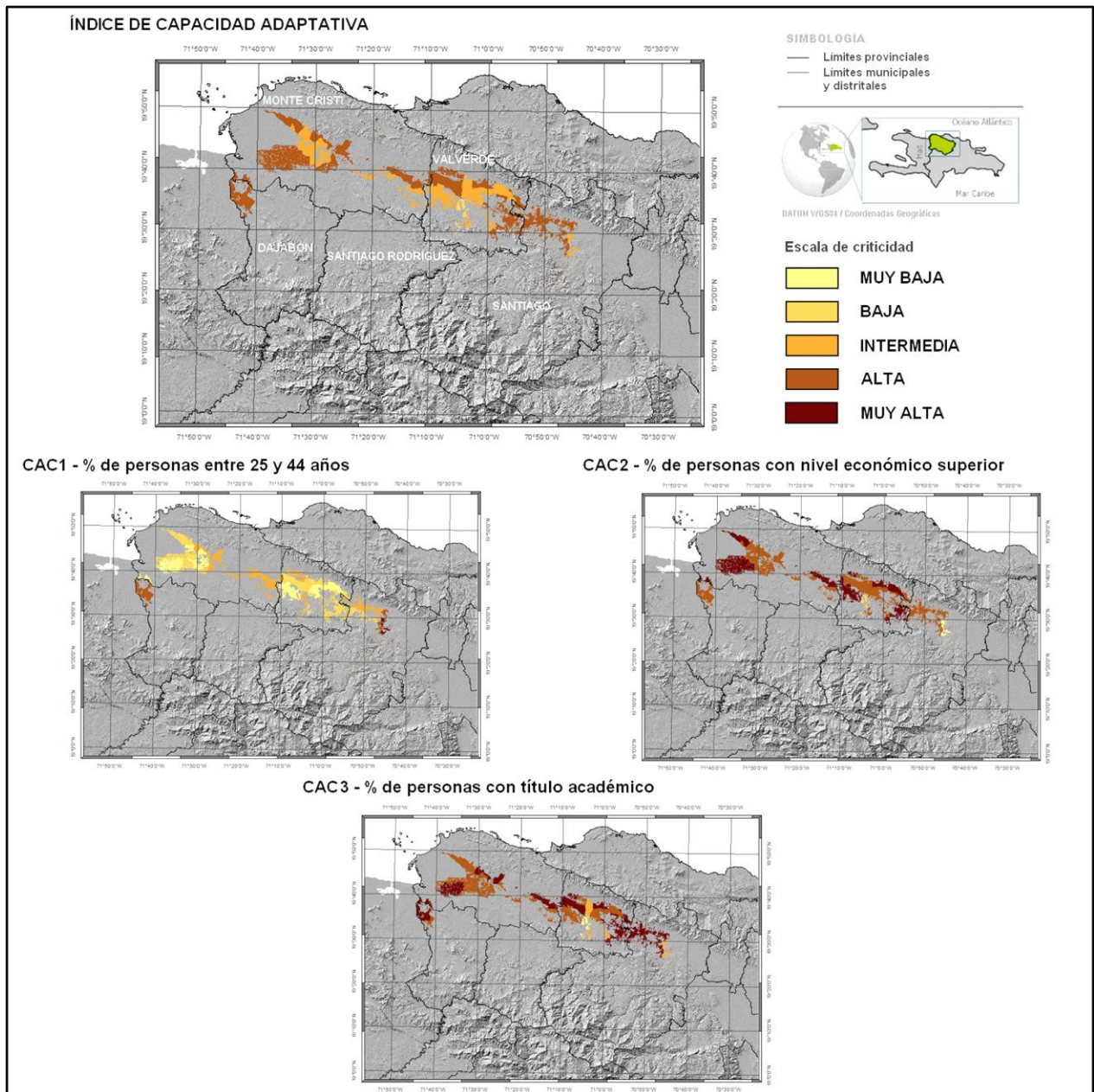


Figura 26: Mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores para el SPA del arroz (Autores, 2019).

2.4.5 Índice de vulnerabilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Vulnerabilidad, obtenido como combinación de los índices de las respectivas dimensiones de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (Figura 27).

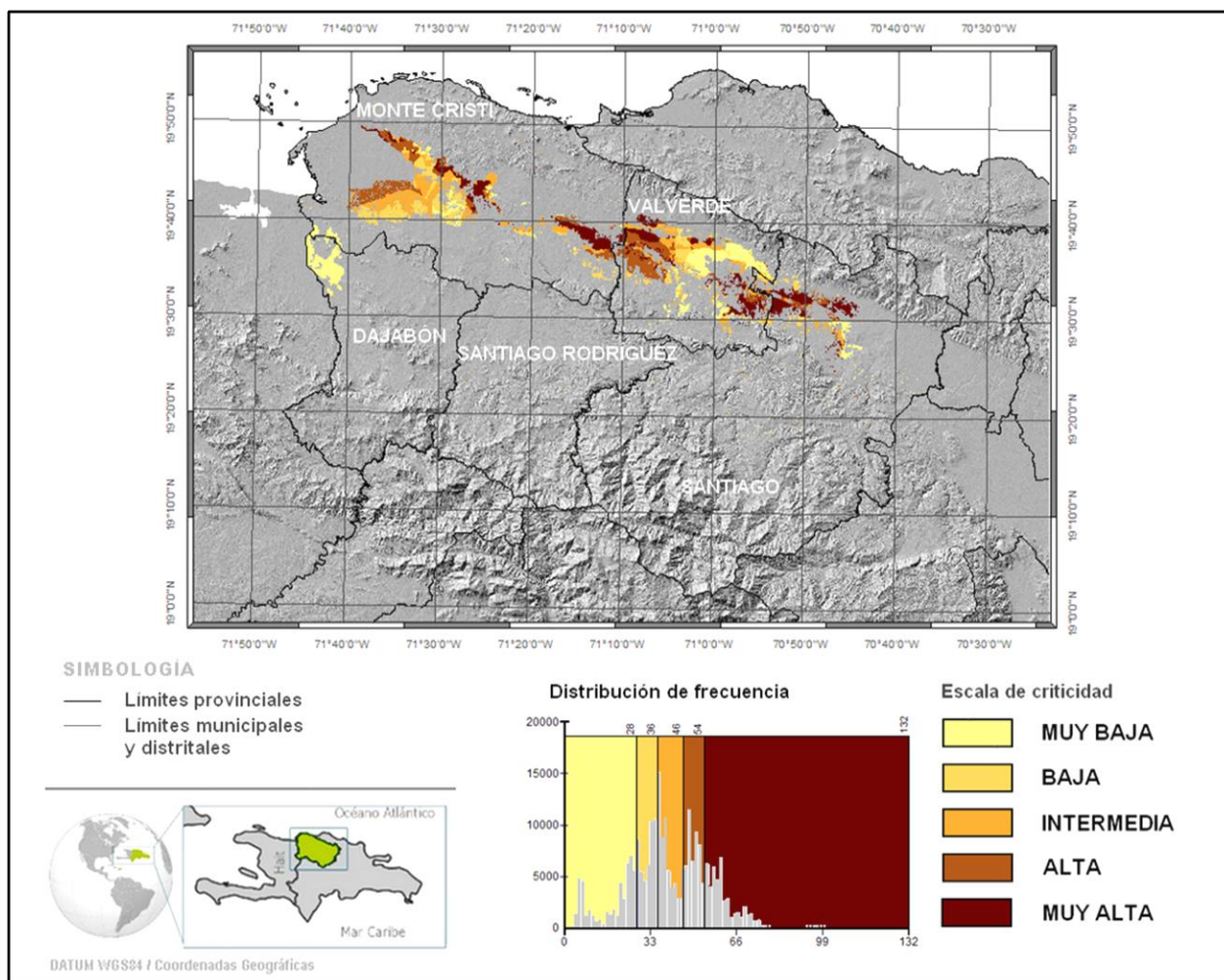


Figura 27: Mapa del Índice de Vulnerabilidad para el SPA del arroz (Autores, 2019).

2.4.6 Impactos de la variabilidad climática observada

La caracterización fina y sistemática de los impactos de la variabilidad climática ya observados en el sector arrocero del Noroeste está limitada por la ausencia de series estadísticas continuas y con niveles de desagregación suficientes (p. ej. por género, nivel socioeconómico, etc.).

En la actualidad, indicaciones de daños asociados con los cambios climáticos solo se encuentran disponibles de forma aislada, con relación a la ocurrencia de eventos extremos pasados. Entre ellos se pueden destacar:

- La sequía extrema del año 2015, que causó pérdidas por alrededor de RD\$349 millones en la producción de arroz y bananos, afectando a unos 9,000 productores de estos rubros en la región Noroeste.⁴⁸ Se estima que este evento causó la pérdida de más de 95% de las cosechas de arroz para el 75% de los productores de arroz en Montecristi.⁴⁹

⁴⁸Listin Diario. 2018 (online). <https://listindiario.com/economia/2015/08/24/385305/sequia-causa-estragos-en-la-linea-noroeste>

⁴⁹OXFAM. 2016. *Con la Seca al cuello. Evaluación del impacto de la sequía en la zona de medios de vida de cultivo del plátano, provincia de Bahoruco y en la zona de medios de vida de cultivo del arroz, provincia de Montecristi, usando la metodología HEA*. Oxfam República Dominicana. Santo Domingo. República Dominicana. 72p.

- Las lluvias prolongadas provocadas por un frente frío norte entre los meses noviembre de 2016 y abril de 2017, las cuales generaron daños en el sector agropecuario estimados en unos RD\$3,894.54 millones (US\$81.61 millones) equivalente a 9.5% de la pérdida total.
- Los huracanes Irma y María durante el año 2017 impactaron el sector agropecuario con pérdidas directas estimadas en unos RD\$9.35 para el sector arrocero.

2.4.7 Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual

El sector del arroz en la región Cibao Noroeste presenta unos valores para el índice de Vulnerabilidad heterogéneamente repartidos en el territorio.

Las áreas con mayor Índice de Vulnerabilidad son Villa Vásquez, Villa Elisa, Hatillo Palma, La Caya, Guatapanal, La Canela, Bisonó y San Francisco de la Jacagua. Estos municipios presentan áreas cultivadas de arroz con un nivel muy alto de vulnerabilidad, especialmente condicionados por el alto nivel de exposición a inundaciones y texturas de suelos más permeables. La baja capacidad adaptativa que se observa en estos municipios está principalmente relacionada al nivel socioeconómico bajo de los productores y a una presencia reducida de personas del sector con titulación académica.

En el otro extremo se destacan las fincas arroceras situadas en los municipios de Boca de Mao, Jicomé, Amina y Cañongo.

En los tres primeros, los terrenos franco-arcillosos garantizan un mejor aprovechamiento del recurso hídrico. Además, el porcentaje de personas de grupo socioeconómico bajo o muy bajo es reducido, así como el de personas de más de 65 años trabajando en el sector, mientras que cuentan con una presencia mayor de agricultores con formación académica.

En el caso de Cañongo, este distrito se encuentra fuera de las zonas inundables y presenta el nivel más bajo de déficit de lluvia. Tiene suelos son franco-arcillosos, y cuenta, por lo general, con bajo índice de desertificación.

En el caso del municipio de Santiago, la vulnerabilidad es reducida por la incidencia de los indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa, fundamentalmente de tipo socioeconómicos.

2.5 Análisis de la vulnerabilidad futura

Los cambios proyectados en esta región para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 son calculados a partir de la media de conjunto para la media anual y mensual, tanto de las temperatura máxima y mínima (evolución en °C) como de las precipitaciones (como porcentaje y milímetros de cambio), en tres Horizontes temporales: 2030, 2050 y 2070, respecto al período de referencia 1986-2005.

2.5.1 Variaciones anuales de la media de conjunto

Las variaciones anuales de la media de conjunto de 16 modelos GCM para las temperaturas máxima y mínima y las precipitaciones son presentadas en Figura 13. Se muestra un rango de incertidumbre para cada una de las tendencias (en azul para el escenario RCP 4.5 y en naranja para el RCP 8.5), mediante el cómputo de los percentiles 10° y 90° (colores azul claro y rosado claro respectivamente en la Figura 28).

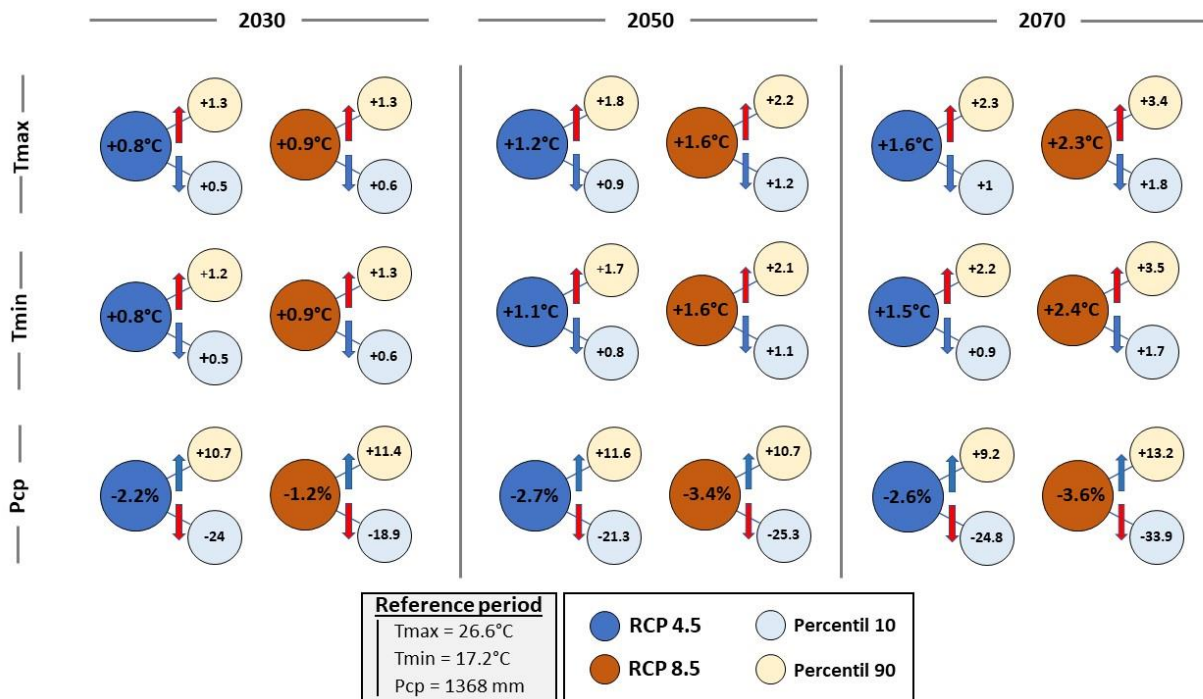


Figura 28: Cambios anuales promedio de temperaturas máximas (Tmax), mínimas (Tmin) y precipitación anual total (Pcp) para el Cibao Noroeste en 2030, 2050 y 2070.

Variabilidad inter-modelos – escenario climático RCP 4.5

Globalmente, las proyecciones relativas a las temperaturas medias máxima y mínima muestran un incremento en el tiempo en comparación con el período de referencia, presentando el mismo orden de magnitud sin importar el Horizonte considerado.

- Horizonte 2030: incremento de +0.8°C;
- Horizonte 2050: incremento de +1.2°C;
- Horizonte 2070: incremento de +1.5°C.

Considerando el rango de incertidumbre, para los Horizontes del 2030 al 2070 los siguientes cambios:

- Un incremento entre +0.5 y +1.0°C para el 10° percentil de la temperatura;
- Un incremento entre +1.3 y +2.3°C para el 90° percentil de la temperatura.

Se prevé que el acumulado medio de precipitación se reduzca en promedio de -2.5% respecto al período de referencia, para todos los Horizontes. Este déficit alcanza el -24.0% en el caso del 10° percentil, mientras que para el 90° percentil se prevé un incremento del +10.0%.

Variabilidad para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5

De manera parecida al escenario RCP 4.5, los incrementos de las temperaturas mínima y máxima previstos para el RCP 8.5 presentan el mismo orden de magnitud para todos los Horizontes temporales considerados. Comparando las tendencias de las temperaturas para ambos escenarios, se puede observar lo siguiente:

- Horizonte 2030: un incremento parecido de +0.9°C respecto al período de referencia;
- Horizonte 2050: un incremento mayor, de +0.4°C, en el peor de los escenarios;
- Horizonte 2070: un clima más cálido con un incremento superior a +0.8°C.

En el caso del RCP 8.5, el déficit de precipitación es más pronunciado, de alrededor de -1%, en 2050 y 2070 respecto al decremento de las precipitaciones para el RCP 4.5. El rango de los percentiles 10° y 90° es parecido al del RCP 4.5, excepto en 2070, cuando el déficit alcanza el -33% respecto al -24%.

2.5.2 Variaciones estacionales de la media de conjunto

A continuación, se presenta la variabilidad estacional de las anomalías de las temperaturas máximas y mínima y de las precipitaciones respecto al período de referencia, para los Horizontes 2030, 2050 y 2070, relativamente a los escenarios climáticos RCP 4.5 y RCP 8.5. Según lo especificado arriba, se proporciona el rango de incertidumbre para las estimaciones de los percentiles 10° y 90°.

Temperatura

Para cada Horizonte y escenario, las anomalías de las temperaturas máxima (Figura 29) y mínima (Figura 30) son bastante próximas a la tendencia media anual para todos los meses.

Además, el rango de incertidumbre es regular durante todo el año, siendo la media de conjunto más próxima al 10° percentil. Sin embargo, una variación ligeramente mayor en el rango de incertidumbre puede ser observada en agosto y septiembre, donde las anomalías de las temperaturas mínima y máxima alcanzan +2.5 y casi +4°C en el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente.

Precipitaciones

Globalmente, un decremento en las precipitaciones ocurre en los períodos junio-julio-agosto (JJA) y septiembre-octubre (SO) respecto al período de referencia, para todos los Horizontes y escenarios (Figura 31 Figura 32):

- Horizonte 2030: los decrementos de la precipitación promedio son de alrededor del -4.5% en JJA para ambos escenarios y de cerca del -4% en SO para el RCP 4.5 y -1.5% para el RCP 8.5.
- Horizonte 2050: las anomalías de la media de conjunto de las precipitaciones alcanzan un mínimo en julio, siendo de alrededor de -8% y -11% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. Además, el decremento de las precipitaciones se coloca alrededor del -7% en JJA para ambos escenarios, mientras que se espera que sea peor para el RCP 8.5 en SO, con una reducción de cerca del -8% respecto al -5% estimado para el RCP 4.5.
- Horizonte 2070: los decrementos promedio en JJA son de alrededor del -7% y -9% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. La diferencia principal entre los dos escenarios depende de una reducción mayor en el mes de agosto, -13%, para el RCP 8.5 respecto al -6% para el RCP 4.5. Además, no se esperan cambios grandes en ambos escenarios para el período SO, donde se prevé un decremento de un -5%.

El 10° percentil muestra dos mínimos en los déficits estimados para todos los escenarios:

- El primero se presenta en junio para los Horizontes 2030 y 2050, moviéndose a julio para el Horizonte 2070;
- El segundo está previsto para octubre en todos los Horizontes.

Finalmente, se puede observar que el 90° percentil muestra un incremento de precipitaciones la mayor parte del tiempo, excepto en julio, donde alcanza el valor cero en ambos escenarios y todos los Horizontes. Esto significa que todos los modelos son coherentes en proyectar una reducción de las precipitaciones en el mes de julio.

Los resultados de las simulaciones realizadas evidencian que en el futuro la región estará expuesta a condiciones climáticas generalmente más secas y cálidas, así como a precipitaciones extremas más frecuentes.

A partir de estos resultados, para todos los Horizontes temporales, se prevé un incremento de la vulnerabilidad de las plantaciones de arroz, asociado prevalentemente al aumento del riesgo de inundaciones. Estas últimas perjudicarán de manera particular aquellas fincas que ya al presente están sujetas al peligro de inundaciones en épocas inoportunas, debido a la cercanía a ríos y arroyos y/o a la presencia de suelos arcillosos, favorables al encharcamiento.

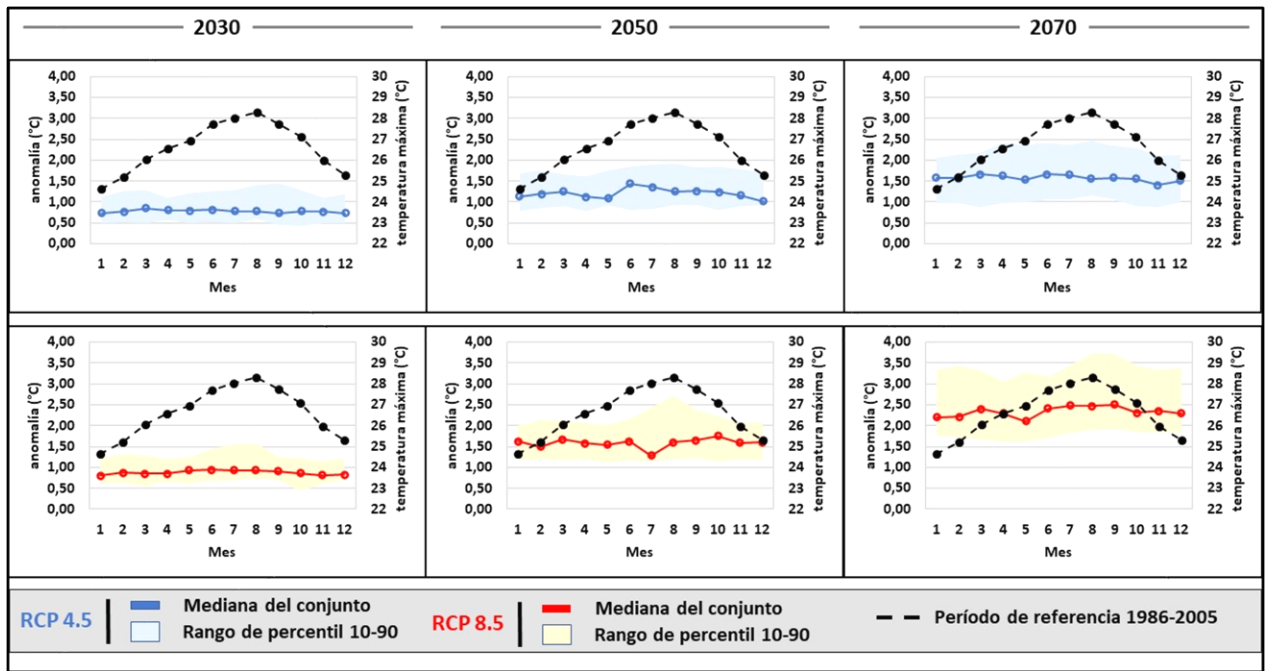


Figura 29: Variaciones mensuales promedio en las temperaturas máximas en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el Cibao Noroeste.

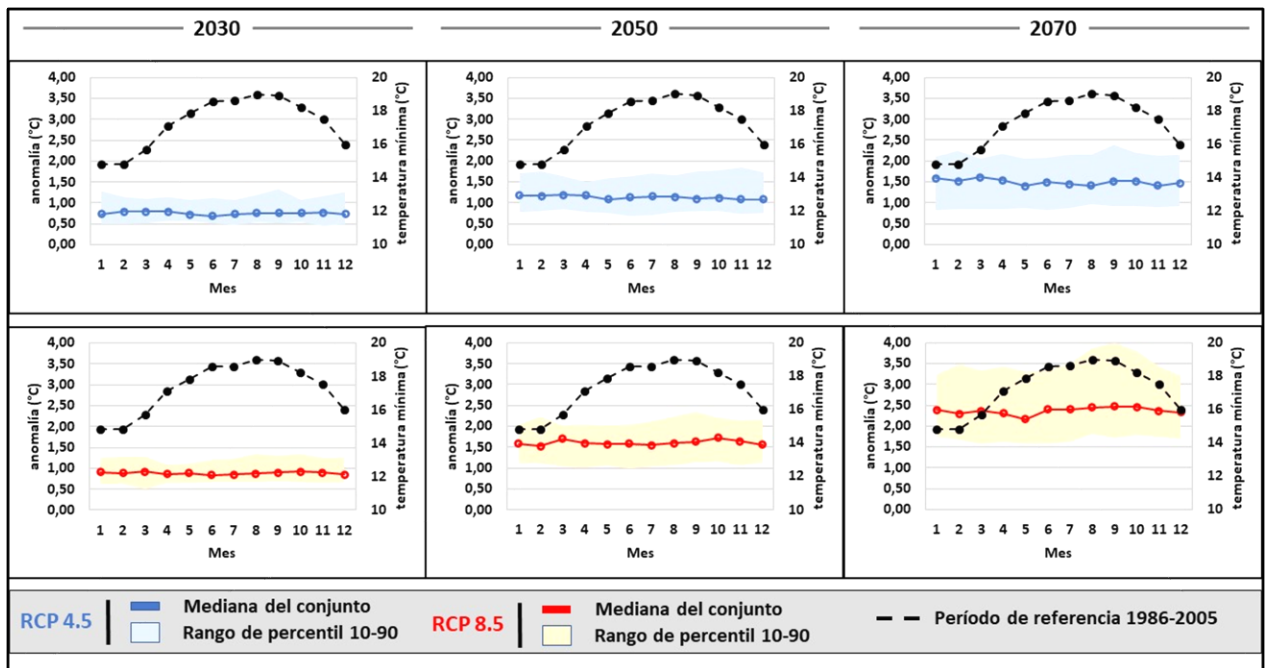


Figura 30: Variaciones mensuales promedio en las temperaturas mínimas en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia en el Cibao Noroeste.

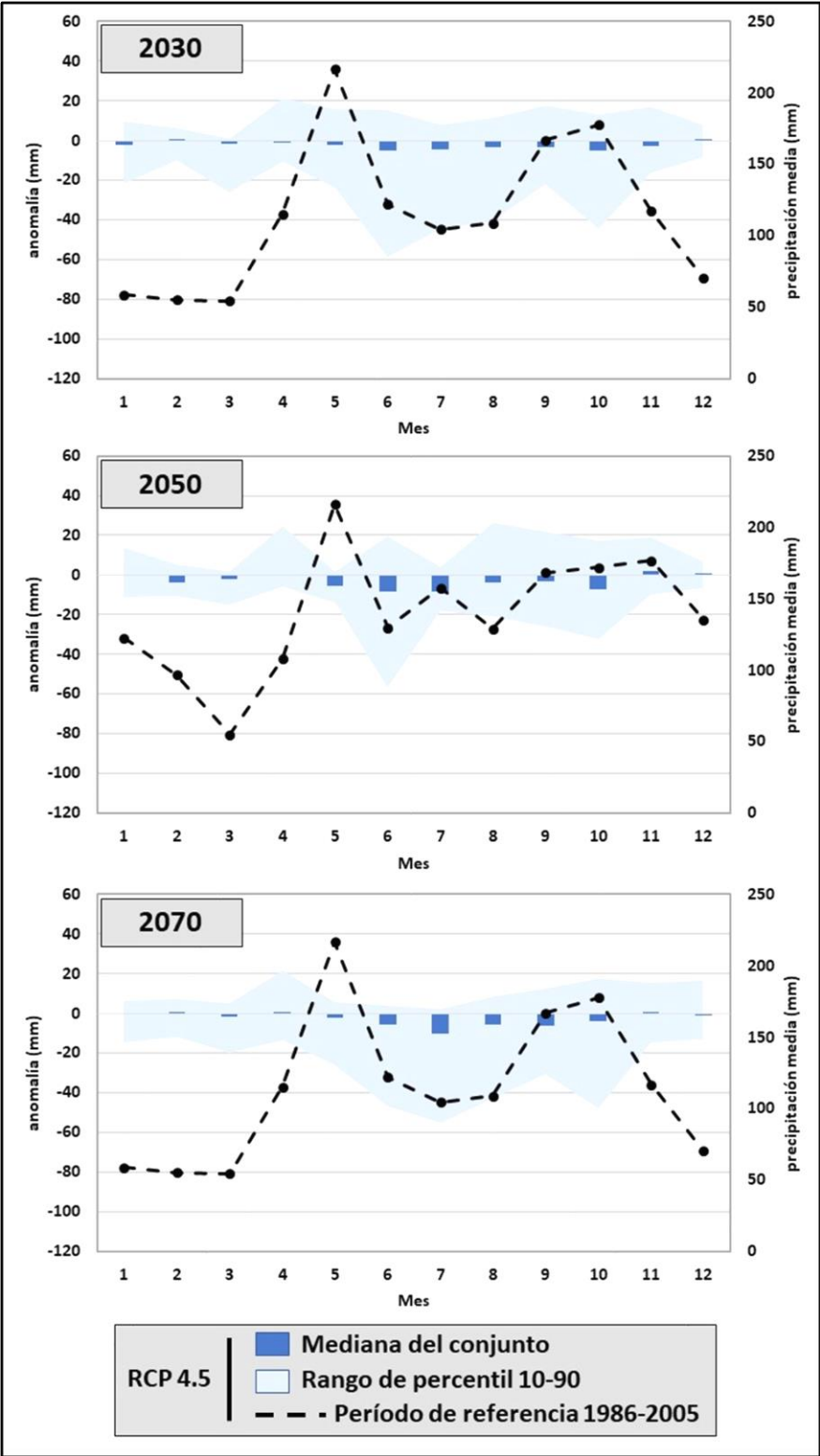


Figura 31: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 4.5 en el Cibao Noroeste.

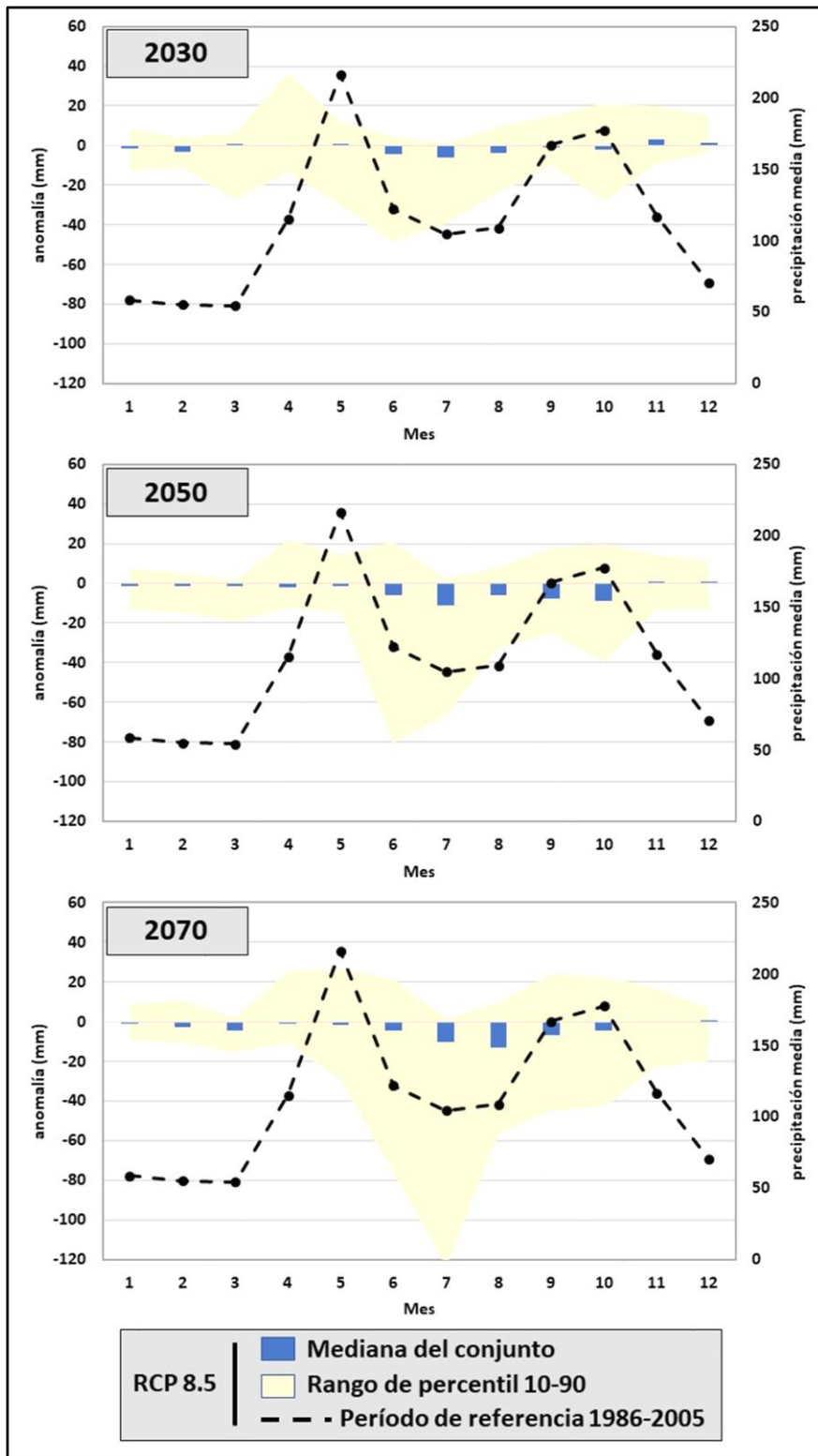


Figura 32: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 8.5 y el SPA del arroz.

2.5.3 Conclusiones principales de las proyecciones climáticas

Las proyecciones realizadas destacan que en el futuro la región Noroeste estará expuesta a condiciones climáticas generalmente más secas y cálidas, así como a precipitaciones extremas más frecuentes, para todos los Horizontes temporales y escenarios considerados.

La intensidad de estos cambios incrementará con el tiempo, y de manera más rápida en el caso del escenario RCP 8.5 que corresponde hoy en día a la trayectoria de cambio climático más probable.

En términos de vulnerabilidad, la variabilidad climática proyectada sólo presenta informaciones sobre la evolución de los indicadores constitutivos del índice de exposición para el SPA considerado, los índices de sensibilidad y de capacidad adaptativa siendo constituidos por indicadores de índole socioeconómico.

Para el SPA del Arroz en el Cibao Noroeste entonces, se espera un aumento de la criticidad del indicador “Déficit de lluvia anual”

A este nivel del análisis, no es posible proyectar con certeza un incremento de las áreas inundables. Sin embargo, parece claro que, con el aumento de la frecuencia de lluvias intensas, el indicador de exposición “distancia al río en área inundable” podrá tener mayor peso en la determinación de la vulnerabilidad de las fincas bananeras.

Al igual que para el SPA banano, el manejo apropiado de los recursos hídrico en las cuencas hidrográficas será fundamental para la sobrevivencia del sector bananero en el Noroeste.

2.6 Síntesis: vulnerabilidad histórica, actual y futura del SPA Arroz en el Noroeste al cambio climático

El SPA Arroz presenta un padrón de vulnerabilidad complejo, con una vulnerabilidad repartida de manera heterogénea ente los distintos municipios de producción. La vulnerabilidad del SPA depende en efecto de la combinación de varios factores.

En lo que respecta a la exposición, el déficit de lluvia anual, y la proporción importante de parcelas establecidas en zonas con suelos de textura gruesa son particularmente problemáticas en un contexto de tensión creciente sobre los recursos hídricos. Con más de 98% de las parcelas bajo riego, el arroz es uno de los principales consumidores de agua del Cibao Noroeste.

Con una demanda actual de agua alcanzando los 97% del recurso disponible en la cuenca del río Yaque del Norte⁵⁰, La disponibilidad futura de agua está seriamente comprometida por las proyecciones climáticas que indican una reducción significativa de los acumulados de precipitaciones anuales en todos los escenarios y a todos los Horizontes estudiados.

Con un 77% de las parcelas ubicadas en zona inundable, el Arroz es también muy expuesto a la incidencia de inundaciones. Las proyecciones climáticas realizadas indicando un incremento de las

⁵⁰ IZZO, M., RATHE, L., ARIAS RODRIGUEZ, D. 2012. Informe Final Puntos Críticos para la Vulnerabilidad a la Variabilidad y Cambio Climático en la República Dominicana y su Adaptación al mismo. Programa para la Protección Ambiental, The Nature Conservancy. Santo Domingo. República Dominicana. 16p.

frecuencias de los eventos de precipitación extrema, el manejo de las cuencas altas se vuelve una prioridad absoluta para el sector.

En lo que respecta a la sensibilidad y a la capacidad adaptativa, la sensibilidad a la desertificación de los suelos actualmente cultivados con arroz es un factor de preocupación. Más críticos aún son los niveles económicos y académicos bajos de los productores que limita su resiliencia.

Los principales impactos anticipados de la variabilidad climática sobre el SPA arroz en el Cibao Noroeste, desde el punto de vista del productor, están resumidos en el cuadro siguiente (Figura 33/Figura 18):

Riesgo climático	Impactos directos	Impactos indirectos	Posibles medidas de adaptación
Alza de temperaturas	Evaporación y estrés hídrico de la planta. Vaneamiento y reducción del macollamiento.	Pérdida completa o parcial de la producción, endeudamiento	Desarrollo de variedades resistente a la sequía
Reducción en el cúmulo de lluvias	Afectación de los niveles de las presas. Reducción de la disponibilidad de agua para el riego		Rehabilitación y construcción de presas y sistemas de riego eficientes, uso de variedades de ciclo más corto
Cambio en la periodicidad de lluvias			
Incidencia de plagas y enfermedades	Disminución de los rendimientos.	Aumento de los costos de producción (aplicación de fitosanitarios)	Reducción a dos ciclos de producción anuales (evitar un tercero).
Inundaciones	Perdida de la cosecha.	Pérdida completa o parcial de la producción, endeudamiento	Establecimiento de sistemas de drenaje eficiente, obras de protección, planes de manejo de cuencas y presas
Ventarrones	Acame de las plantas, pérdida parcial de cosecha.		N/A
Salinización de suelos y pérdida de fertilidad	Quema del arroz y disminución de los rendimientos.	Aumento de los costos de producción (enmienda y recuperación de suelos) o abandono del cultivo	Restauración de suelos,

Figura 33: Síntesis de impactos de la variabilidad climática del SPA arroz en el Cibao Noroeste. Perspectiva del productor (Autores, 2020).

Aunado a lo anterior, se destacan también los puntos siguientes:

- Los insumos necesarios para la producción (principalmente productos fitosanitarios, maquinarias agrícolas y sistemas de riego tecnificados) son importados, por lo tanto, sus precios están sujetos a las fluctuaciones en el valor de la divisa.
- El mal manejo de las aplicaciones de fitosanitarios genera fenómenos de resistencia a las sustancias activas, esto agrava la incidencia de plagas y enfermedades (independientemente de los efectos del cambio climático).
- El manejo del recurso hídrico por parte del organismo competente no se realiza de acuerdo con una planificación hidrológica de cuenca. No existe un reparto proporcional del recurso hídrico a todas las explotaciones agrícolas, siendo el arroz priorizado en el acceso al agua de riego.
- Las infraestructuras de riego (canalizaciones) y los drenajes no reciben el mantenimiento adecuado, lo que conlleva ineficiencias en el sistema.
- La financiación, los seguros agrícolas y la industria de primera transformación se encuentran en manos de pocas empresas, que manejan todos los servicios y han creado un oligopolio, lo cual conlleva una dependencia financiera del productor con dichas compañías.

3. LA HABICHUELA EN EL SUROESTE

3.1 Rangos óptimos para el cultivo

En el presente capítulo se describen las condiciones óptimas y limitantes para el cultivo, definidas en base a estudios llevados a cabo para el país y la región centroamericana (FDA, 1995⁵¹; Ruiz Corral et al., 2013).

3.1.1 Características del cultivo

La región Suroeste (provincia San Juan) contribuye de manera significativa a la producción de habichuela a nivel nacional, teniendo en promedio el 60% de la superficie sembrada y produciendo el 80% de la semilla utilizada para la siembra en el país. En la provincia San Juan, típicamente agrícola, se registran unas 28,493 hectáreas de cultivos intensivos, prevalentemente ubicados en el valle homónimo, y poco más de 100 mil hectáreas de agricultura extensiva, incluyendo formas de subsistencia, establecida en las zonas de colina y montaña circundantes. Esas áreas, por lo menos en algún momento, son destinadas a cultivar habichuela.

La habichuela (*Phaseolus vulgaris*), cuya semilla constituye uno de los elementos fundamentales de la dieta dominicana, es una planta de la familia Fabaceae, cultivada desde el Trópico hasta las zonas templadas, desde los 50° norte a los 45° sur.

3.1.2 Topografía

La habichuela presenta muy buena adaptación a la altitud, logrando cultivarse con buenos rendimientos desde el nivel del mar hasta los 2,800 metros. En el país, el 60% de la superficie anual sembrada de habichuelas (roja, negra y blanca) está concentrada en las áreas montañosas, entre los 400 y los 1,500 msnm.

En términos de pendiente, se considera óptima una inclinación del terreno no superior al 5%, puesto que valores más altos incrementan la susceptibilidad a erosión y pérdida de suelo y reducen el rendimiento.

3.1.3 Suelo

El cultivo de la habichuela puede prosperar en suelos delgados, aunque los rendimientos máximos se observan en suelos profundos.

Los suelos óptimos son los de textura franco-arcillosa y franco-arenosa, con buen drenaje y rico de materia orgánica. Los suelos pesados reducen la productividad.

En términos de pH, el rango óptimo varía de ligeramente ácido (6.0) hasta ligeramente básico (7.5). Por debajo de 5.0 el cultivo desarrolla síntomas de toxicidad de aluminio y manganeso, mientras que

⁵¹ FDA. 1995. Cultivo de habichuela. Boletín Técnico No. 2, 2ª edición. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Santo Domingo.

pH alcalinos (superiores a 8) determinan exceso de sodio y deficiencia de otros elementos esenciales para el cultivo.

3.1.4 Clima

Como para todos los cultivos, las variables climáticas, especialmente la lluvia y la temperatura, son fundamentales para la regulación del ciclo productivo de la habichuela.

Respecto a la temperatura, el rango térmico óptimo para la temperatura promedio anual es entre 18 y 24°C. Tanto las temperaturas altas como las bajas producen daños a las plantas, impactándolas a diferentes niveles y determinando una reducción del rendimiento de la plantación.

En términos de precipitaciones, el cultivo necesita de por lo menos 300 mm y hasta un máximo de 500 mm durante el ciclo productivo, el cual tiene una duración de unos cuatro meses. En la República Dominicana, hay tres épocas de producción: marzo-junio (siembra de primavera); julio-octubre (siembra de octubre); y noviembre-febrero (siembra de invierno), principal época de siembra, con más alta productividad. Tanto el déficit como el exceso de lluvia son perjudiciales para la habichuela. Este último puede ocasionar la caída de las flores y una mayor incidencia de enfermedades.

El cultivo requiere, por lo general, una atmósfera moderadamente húmeda, siendo afectado tanto por el exceso de humedad como por condiciones ambientales excesivamente secas y cálidas. La alternancia de períodos muy húmedos y períodos secos favorece la incidencia de enfermedades. La exposición a la sequía puede ocasionar daños hasta severos a la planta, la cual se vuelve susceptible a las enfermedades.

Con relación a la luminosidad, la habichuela prefiere días despejados y es, en general, una especie de días cortos, aunque existen cultivares indiferentes a la duración del día. Días largos demoran la floración y madurez: cada hora adicional de luz en el día puede retardar la maduración de 2 a 6 días.

A continuación, se presenta un cuadro de síntesis de los rangos óptimos y límite para el cultivo (Figura 34).

VARIABLE	RANGOS
Latitud	Óptimo: 50° norte ÷ 45° sur
Altitud	Óptimo: hasta 2,800 msnm
Pendiente	Óptimo: No superior al 5%
Temperatura	Óptimo: Temperatura promedio anual entre 18 y 24°C
Lluvia	Óptimo: 300 ÷ 500 mm durante el ciclo productivo
Suelo	Óptimo: Suelos con textura de franco-arenosa a franco-arcillosa. Profundidad superior a 1.2 m. Buen drenaje y abundancia de materia orgánica.
Luminosidad	Óptimo: Cielo despejado y condiciones de días cortos.

Figura 34: Rangos óptimos y límites para la producción de la habichuela (Autores, 2019).

3.2 Distribución actual

3.2.1 Latitud y topografía

El cultivo de habichuela en la provincia de San Juan ocupa los terrenos comprendidos entre las latitudes 18°20' y 19°20', encontrándose distribuidos en todo el territorio provincial (Figura 35). Forma parte del sistema de rotación de cultivos practicado en la zona, donde se utiliza la habichuela es alternada al arroz y otros cultivos muy demandantes de nitrógeno.

Las fincas se encuentran en un rango altitudinal entre los 300 y 1900 msnm, siendo las zonas altiméricamente más elevadas las ubicadas en la vertiente sur de la Sierra de Neiba, donde los conucos de subsistencia alcanzan las cotas más altas de la provincia.

En la provincia, existe una clara distinción entre el cultivo industrial de la habichuela, que ocupa las partes bajas y llanas del valle (entre 300 y 600 msnm), y el cultivo tradicional típico de las zonas montañosas. Las fincas de habichuela de fondo de valle en terreno llano (con pendiente inferior al 5%) constituyen el 41% del total.

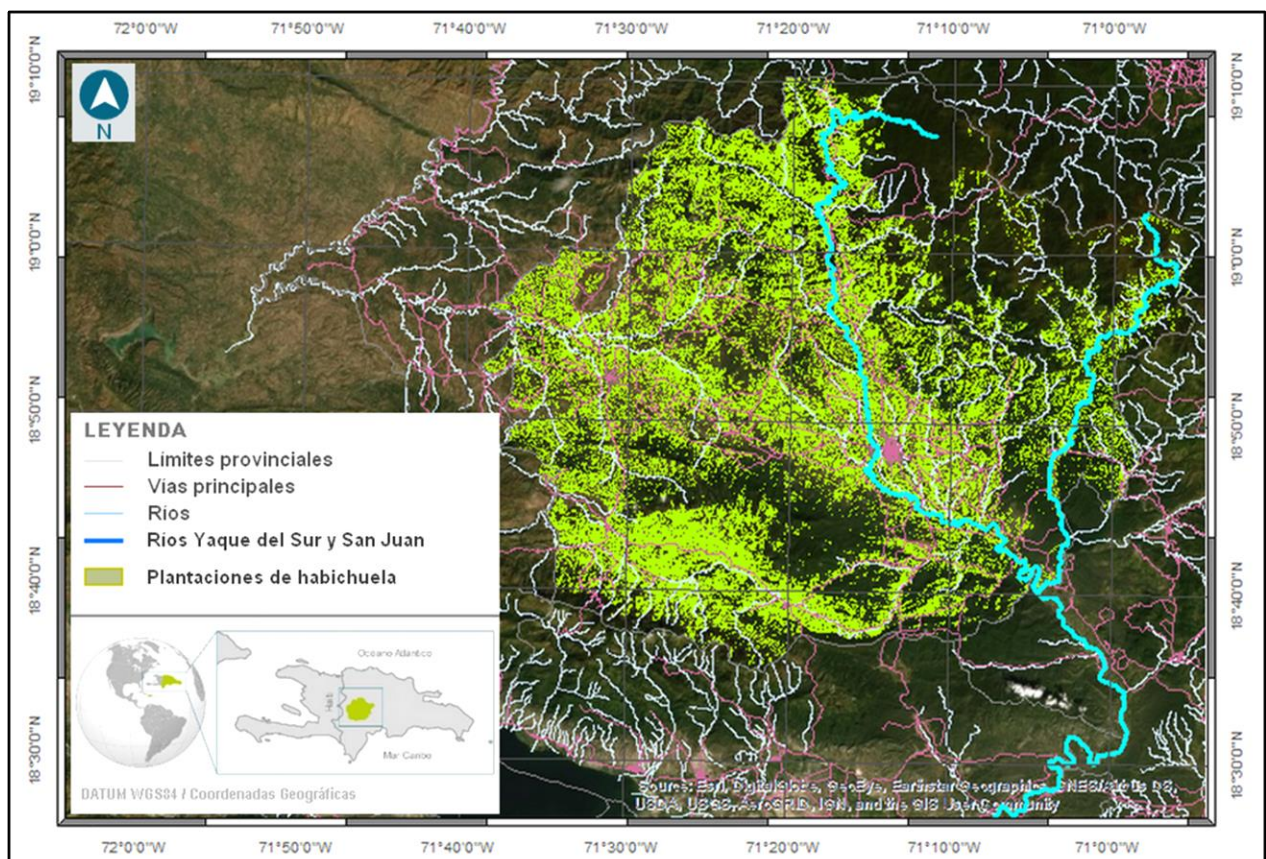


Figura 35: Ubicación de las áreas cultivadas con habichuela en la provincia San Juan (Autores, 2019).

Un 14% de las plantaciones se encuentra en áreas potencialmente inundables, las cuales corresponden a las zonas bajas del valle, próximas a los principales cursos de agua, especialmente los ríos Yaque del Sur, San Juan y Macasía. Estas fincas están expuestas a recibir daños recurrentes provocados tanto por las inundaciones como por el encharcamiento prolongado de los terrenos (Figura 36).

Las fincas situadas en las áreas llanas cuentan, por lo general, con riego, normalmente por inundación (por surcos o por caroe) y, en algunos casos, por aspersión. Los cultivos de loma, por el contrario, dependen exclusivamente de las precipitaciones, lo que obliga a los productores a ajustar de forma precisa los ciclos de cultivo al calendario climático y, por otro lado, los expone a los riesgos ligados a la variabilidad climática.

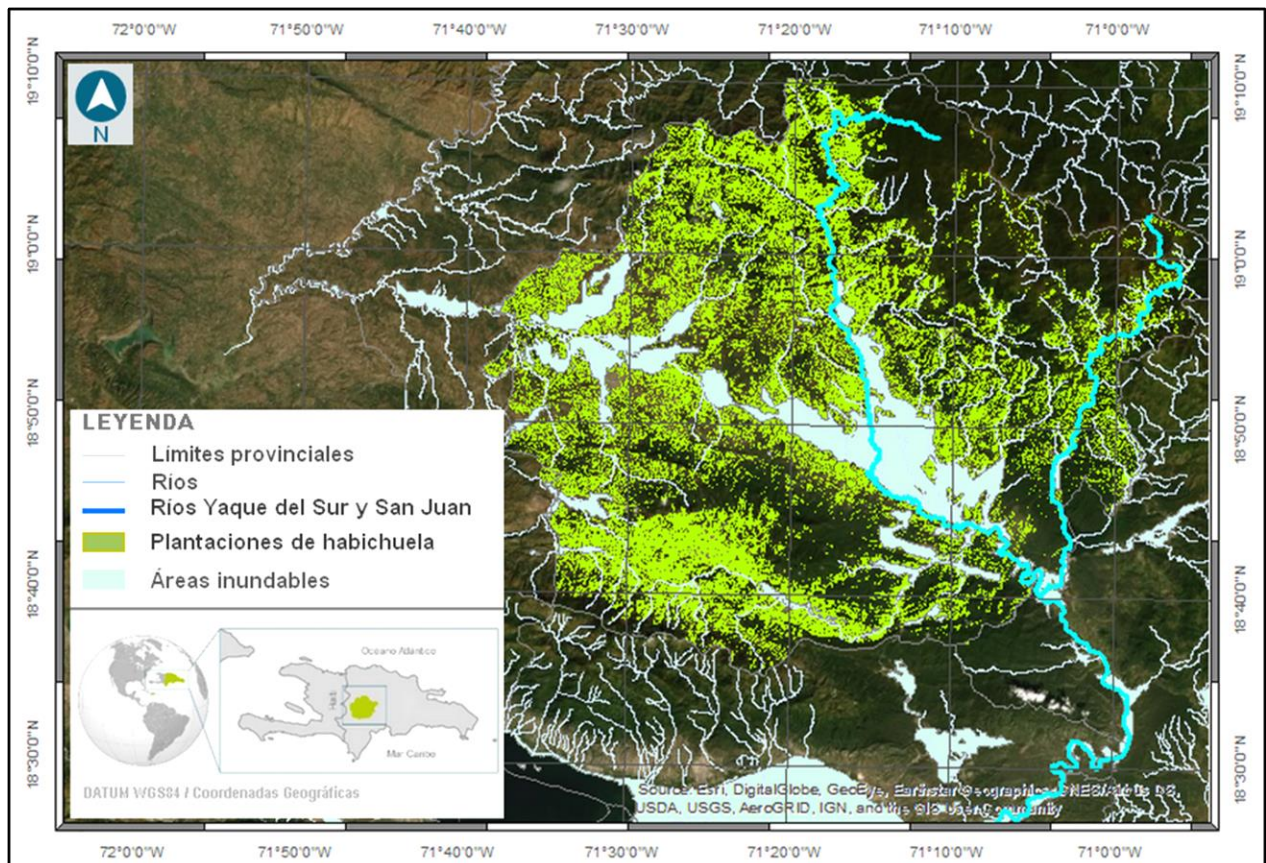


Figura 36: Mapa de las áreas potencialmente inundables en la provincia San Juan (Autores, 2019).

3.2.2 Suelo

La provincia se caracteriza por una gran diversidad de suelos, que varían desde los terrenos escabrosos de montaña y los suelos de origen ígneo y metamórfico, propios de la Cordillera Central, generalmente poco profundos, hasta los suelos recientes de las terrazas fluviales y los depósitos coluviales, típicamente de mayor profundidad (Figura 37).

El 48.1% de las fincas se encuentra en terrenos aireados, pero con buena retención de agua (franco-arcillosos o franco-arenosos). De estas, las de la vertiente hidrológica occidental son de naturaleza calcárea (cuenca del río Macasía), mientras que las de la vertiente oriental (cuenca del río San Juan) de naturaleza silíceas. El resto de las fincas, generalmente ubicadas en las laderas de las zonas montañosas, presenta suelos caracterizados por drenaje deficiente y escasa retención de agua (Figura 37).

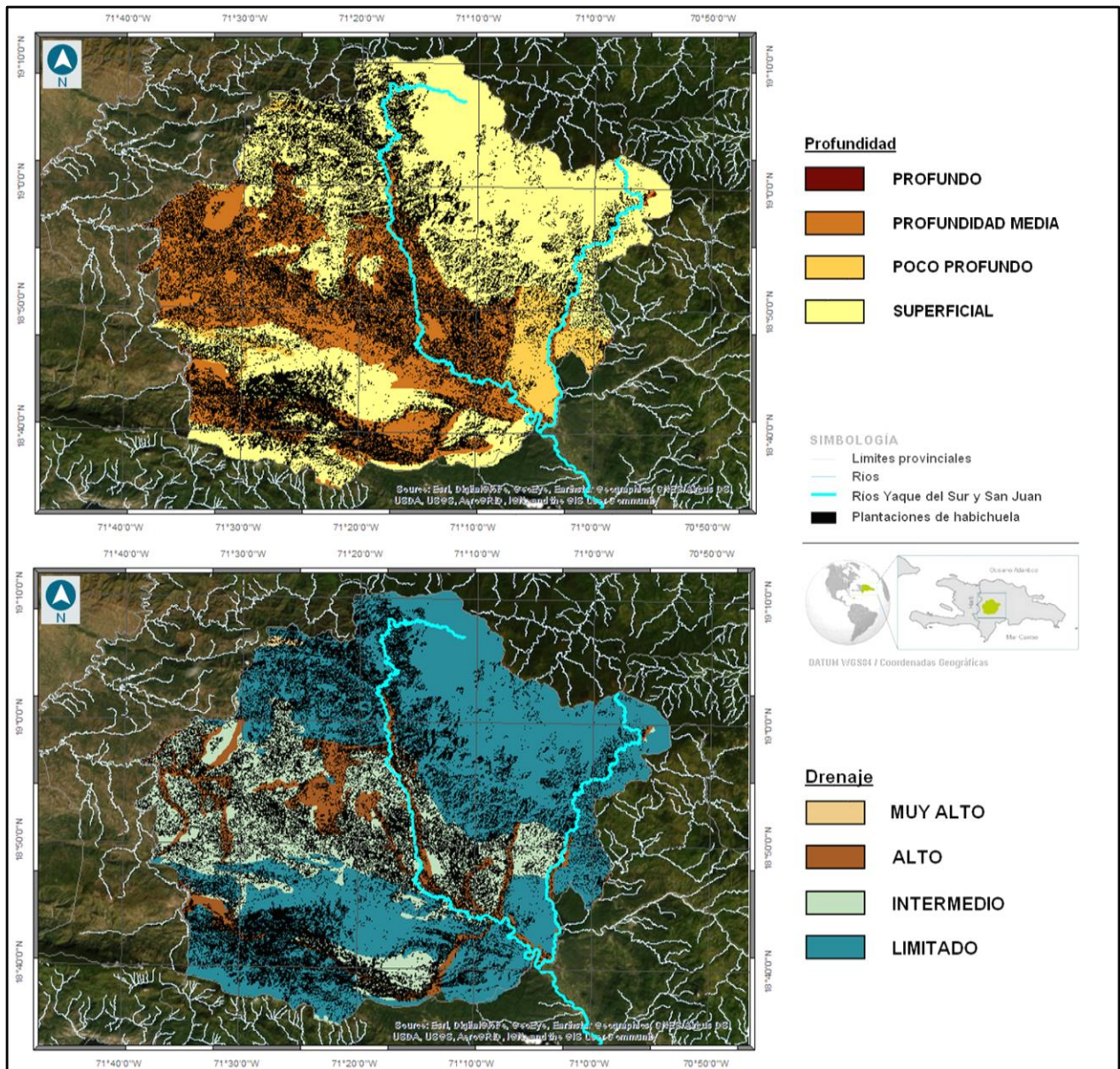


Figura 37: Mapa de profundidad (arriba) y textura (abajo) de suelos en la provincia San Juan (Autores, 2019).

3.2.3 Clima

La provincia San Juan posee una grandísima diversidad climática dentro de su territorio, encontrándose ambientes que varían desde el semiárido al perhúmedo (

Figura 38).

El 37% de las fincas se encuentra establecido en zonas con clima seco-subhúmedo y el 8% en clima semiárido. Dichas áreas coinciden, en general, con la zona de fondo de valle, normalmente por debajo de los 500 metros de altitud, con pendientes inferior al 5%. Por otro lado, el 36% de las plantaciones queda establecido en áreas con clima húmedo-subhúmedo y moderadamente húmedo, generalmente en situación de media ladera, y el 20% desde clima altamente húmedo hasta perhúmedo, en las partes más altas de las zonas montañosas (

Figura 38).

Tomando en cuenta los periodos de cada uno de los tres ciclos productivos típicos de este cultivo para la provincia de San Juan, la Siembra de Primavera (marzo-junio) y la Siembra de Otoño (julio-octubre) son las que presentan menor número de fincas por debajo del rango óptimo de precipitaciones (300 mm): solamente el 10% para el ciclo de primavera y ninguna para el ciclo de otoño. Por otro lado, para el ciclo de invierno (noviembre-febrero), solo el 3.4% de las fincas, correspondientes a las áreas altas de la Cordillera Central, recibe más de 300 mm a lo largo del ciclo.

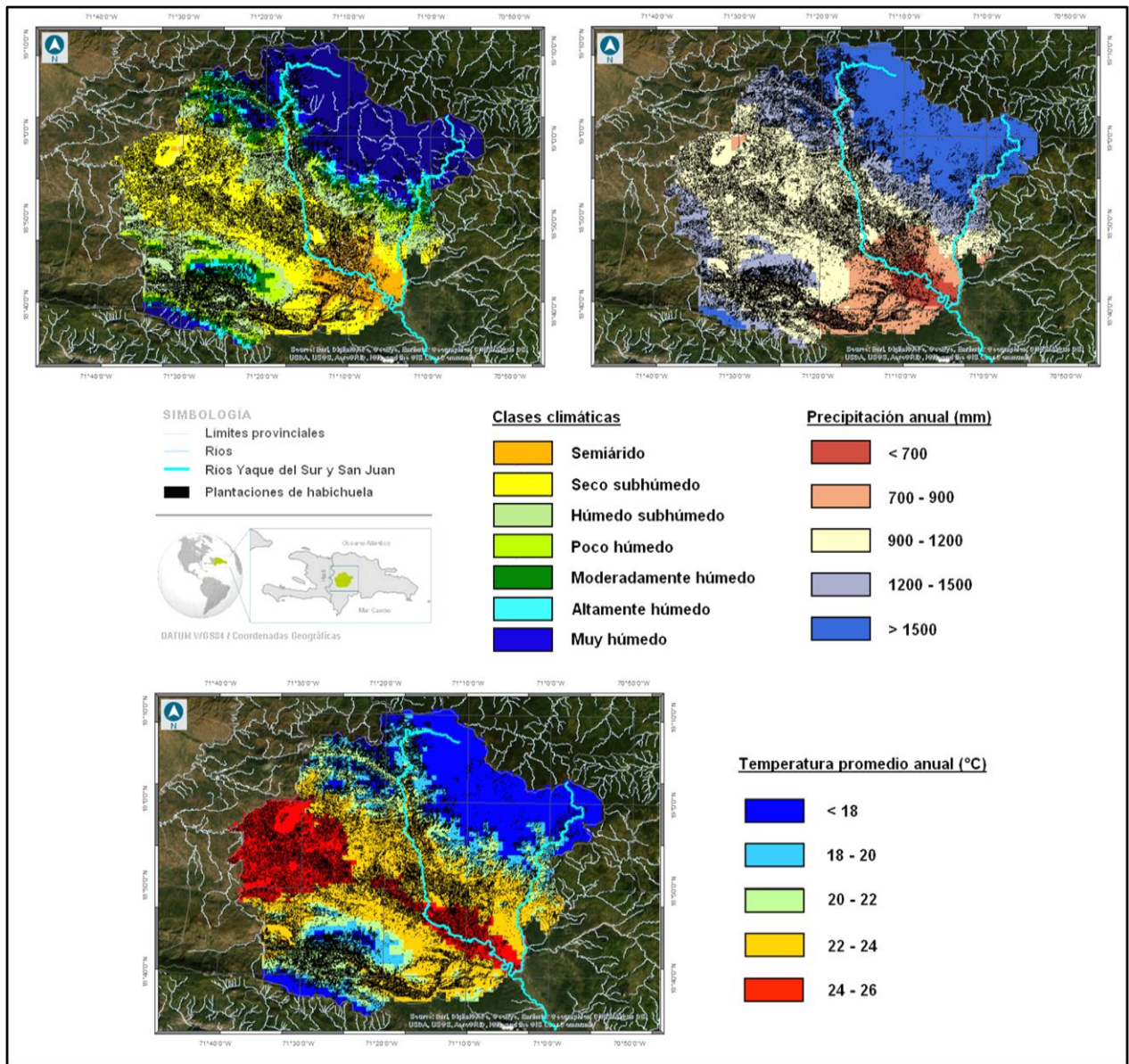


Figura 38: Mapas climático (superior izquierdo), de precipitación promedio anual (superior derecho) y temperatura promedio anual (inferior) de la provincia San Juan (Autores, 2019).

3.2.4 Síntesis de la situación territorial actual

Los resultados descritos arriba permiten destacar los siguientes elementos de vulnerabilidad:

1. Considerando el amplio rango de temperaturas en las que la habichuela ofrece buenas producciones, el régimen de temperaturas de la provincia de San Juan no supone una limitante para su cultivo.
2. Los suelos de fondo de valle tienen mejores características para el establecimiento del cultivo, tanto por textura y profundidad como por pendiente. Estas zonas son ocupadas por grandes fincas de cultivo intensivo con cierto nivel de tecnificación. Así mismo, existen numerosas áreas de cultivo de habichuela en suelos de ladera, con menor profundidad, texturas poco permeable e importante escorrentía superficial.
3. El régimen de precipitaciones resulta óptimo en los ciclos de primavera y otoño en la mayor parte del territorio. En las zonas altas de ladera, las precipitaciones quedan fuera del rango superior óptimo. En este último caso, la abundancia de precipitación constituye una limitante no tanto para el cultivo en sí, puesto que la pendiente y el tipo de suelo favorecen la escorrentía, sino por la erosión acelerada asociada con ella.
4. Por encontrarse en zonas de mayor pendiente y por presentar, en general, un tamaño de finca reducido, las plantaciones establecidas en las zonas de ladera presentan niveles muy bajos de tecnificación y carecen de sistemas de riego. Esto las hace absolutamente dependientes de la pluviometría para mantener la rentabilidad de la explotación y las expone a riesgos de daños y pérdidas asociadas a la variabilidad climática.

3.3 Características sociales, económicas y demográficas del sistema productivo

3.3.1 Características de producción

En la Provincia de San Juan más de 25,000 hectáreas son destinadas a la agricultura. De ellas, unas 9,500 hectáreas son cultivadas de habichuelas, especialmente en la época de otoño. Alrededor de 5,000 productores siembran habichuela de los diferentes tipos (roja, blanca, negra y yacomelo), involucrando unas 30 mil personas de una forma directa y cerca de cien mil indirectamente, durante el proceso productivo y de comercialización.

En la provincia, el 90% de los productores entra en la categoría de productor mediano, con un tamaño de finca de entre 4 y 10 hectáreas (INDRHI-SEA, 1997⁵²).

3.3.2 Características socioeconómicas y sociodemográficas

En la provincia de San Juan viven poco más de 232 mil personas. De las personas que se encuentran empleadas, el 25.5% ejerce su trabajo en el sector agropecuario. Solo el 5.6% de estas son mujeres.

De la población vinculada al sector agropecuario, el porcentaje con nivel económico bajo o muy bajo alcanza el 66.0%, con mayor incidencia en las áreas rurales. Los distritos municipales la condición socioeconómica más crítica son La Jagua (88.0%), Batista (88.0%) y Jorgillo (84.0%). En el extremo

⁵² INDRHI-SEA. 1997. Interpretación y codificación de encuestas (Primera parte). Subsecretaría de Investigación, Extensión y Capacitación Agropecuarias, Departamento de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación Agrícola del Suroeste, San Juan de la Maguana.

opuesto se encuentran Sabana Alta (48.0%) y San Juan (50%), cuyos porcentajes siguen siendo altos (ONE, 2010).

Dentro de la población dedicada al sector agrícola, el 80.9% posee estudios primarios o inferiores, mientras que solo el 3.2% alcanzó un título académico. El municipio donde menos trabajadores del sector agropecuario han obtenido una titulación superior es Carrera de Yeguas (0.2%) y se cuentan hasta 7 de 29 municipios donde ese porcentaje no supera el 1%. (ONE, 2010)

La tasa de trabajadores jóvenes (de 25 a 44 años) en la provincia es del 31.4%. Bohechío resulta ser el municipio cuya población del sector agropecuario está más envejecida (28% son mayores de 65 años). (ONE, 2010)

3.4 Análisis de vulnerabilidad histórica y actual

3.4.1 Variabilidad climática observada

Los datos climáticos históricos para la provincia San Juan se refieren a los levantamientos llevados a cabo en la ciudad cabecera de San Juan de la Maguana, donde está disponible una serie histórica que desde el 1939 llega, de manera relativamente continua, hasta la actualidad. Los estudios disponibles (Izzo et al., en fase de publicación), mientras no evidencia una tendencia significativa de los acumulados anuales de lluvia, evidencian un incremento de los aportes pluviométricos en el mes de marzo y una reducción en el mes de junio (Figura 3).

Para las temperaturas, de manera coherente con todo el territorio nacional se han detectado incrementos significativos (Pérez & Jury, 2013; Izzo et al., en fase de publicación).

3.4.2 Exposición

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Exposición, y sus respectivos indicadores (Figura 39), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

Los resultados evidencian que las plantaciones de habichuela en la provincia presentan, por lo general, niveles de exposición de intermedio (36.8%) a muy bajo (33.1%), siendo menos del 1% las fincas que muestran niveles altos de exposición. Las áreas más críticas están localizadas en las zonas montañosas, que se distinguen por diferentes factores de criticidad, entre los cuales: déficit de lluvia en uno o varios de los ciclos productivos; características edáficas inadecuadas para el cultivo y pendiente elevada de los terrenos. Por otro lado, las áreas de fondo de valle presentan como mayor elemento de preocupación el estar ubicadas en áreas potencialmente inundables, que constituyen el 13.5% del total. (Figura 39)

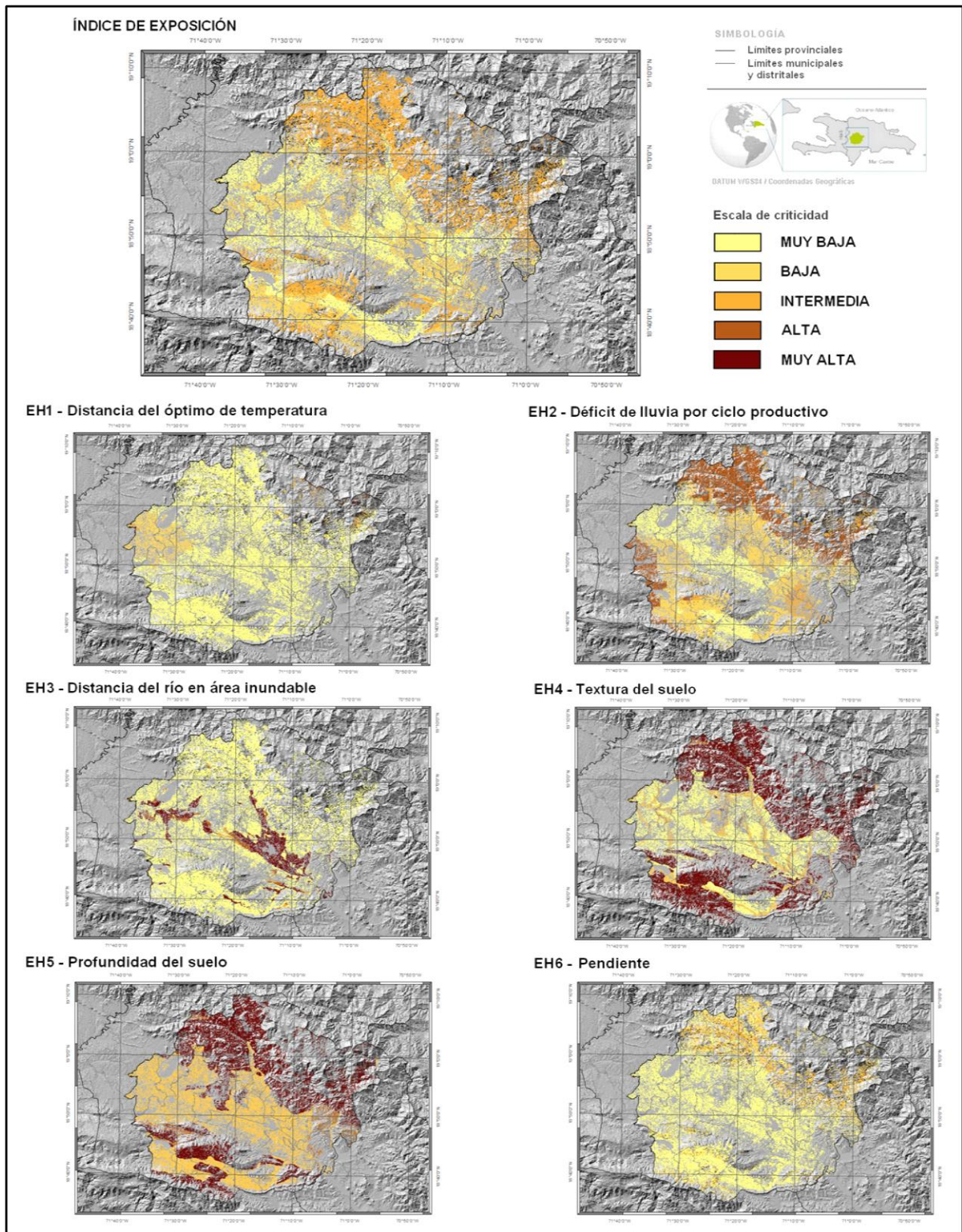


Figura 39: Mapa del Índice de Exposición y sus respectivos indicadores para el SPA de la habichuela (Autores, 2019).

3.4.3 Sensibilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores (Figura 40), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

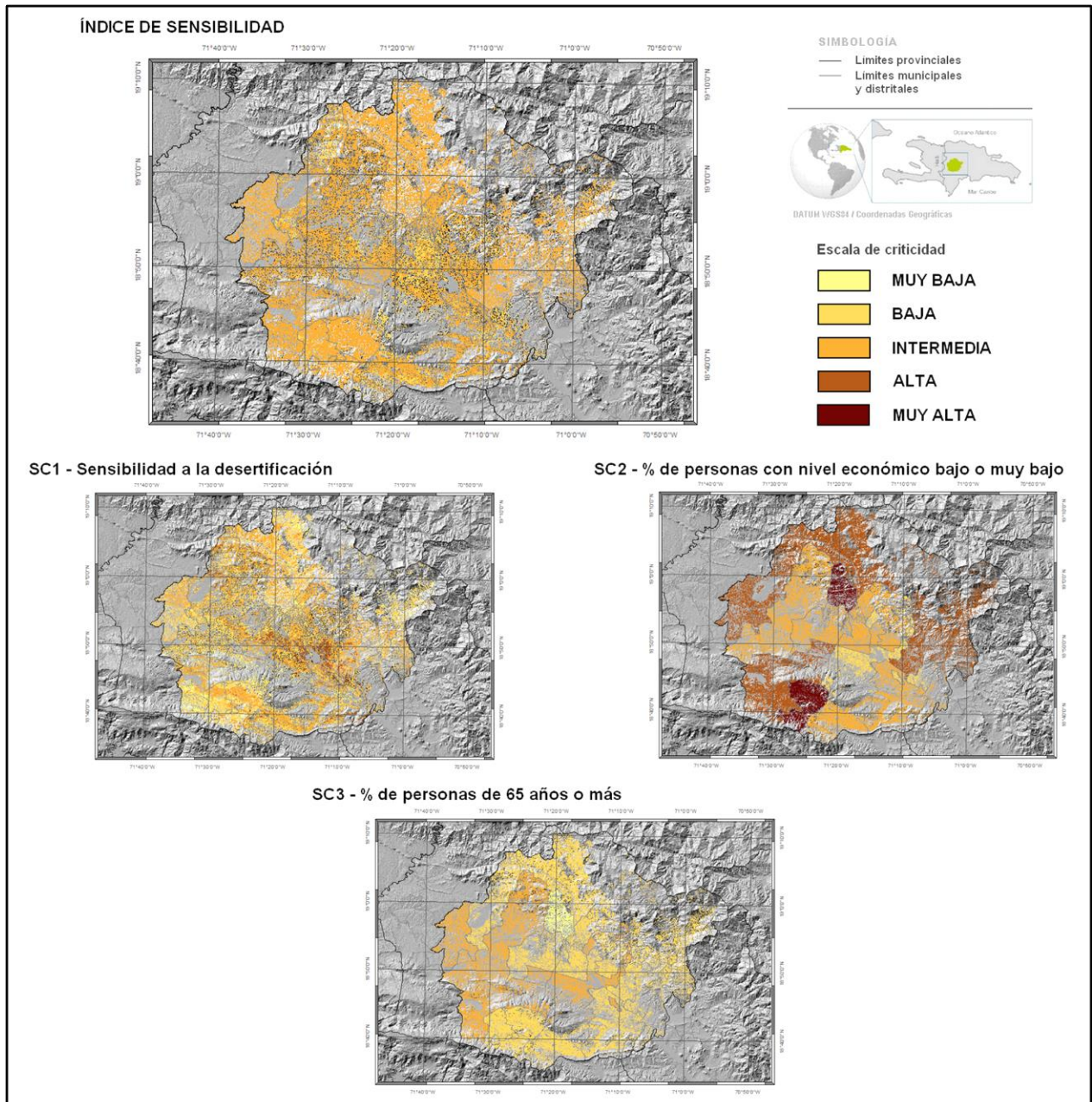


Figura 40: Mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores para el SPA de la habichuela (Autores, 2019).

La distribución espacial del Índice de Sensibilidad revela que, en base a los indicadores analizados, la mayor parte de las plantaciones (87.5%) presenta niveles intermedios de criticidad, mientras que el restante 12.5% muestra sensibilidad baja. Uno de los elementos que tiene la incidencia mayor es el porcentaje elevado de personas vinculadas al sector agrícola con nivel económico bajo o muy bajo, en la mayor parte de los distritos municipales y municipios de la provincia, especialmente en aquellos que abarcan las zonas montañosas. A este se suma el alto índice de sensibilidad a la desertificación, que

alcanza los valores más elevados en el municipio de San Juan y en los distritos municipales de Las Zanjas, Hato del Padre, El Rosario y Pedro Corto. (Figura 40)

3.4.4 Capacidad adaptativa

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores (Figura 41), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

La capacidad adaptativa es la dimensión de la vulnerabilidad verdaderamente crítica para el sector productivo analizado, en la provincia San Juan, puesto que el 53.2% de las plantaciones presentan niveles bajo y el restante 46.8% niveles muy bajos (Figura 41), siendo los factores más relevantes las tasa muy reducidas de personas vinculadas al sector agrícola con nivel socioeconómico medio o alto, así como con formación académica. Esto hace que el sector presente debilidades significativas en términos de capacidad de inversión e implementación de soluciones innovadoras.

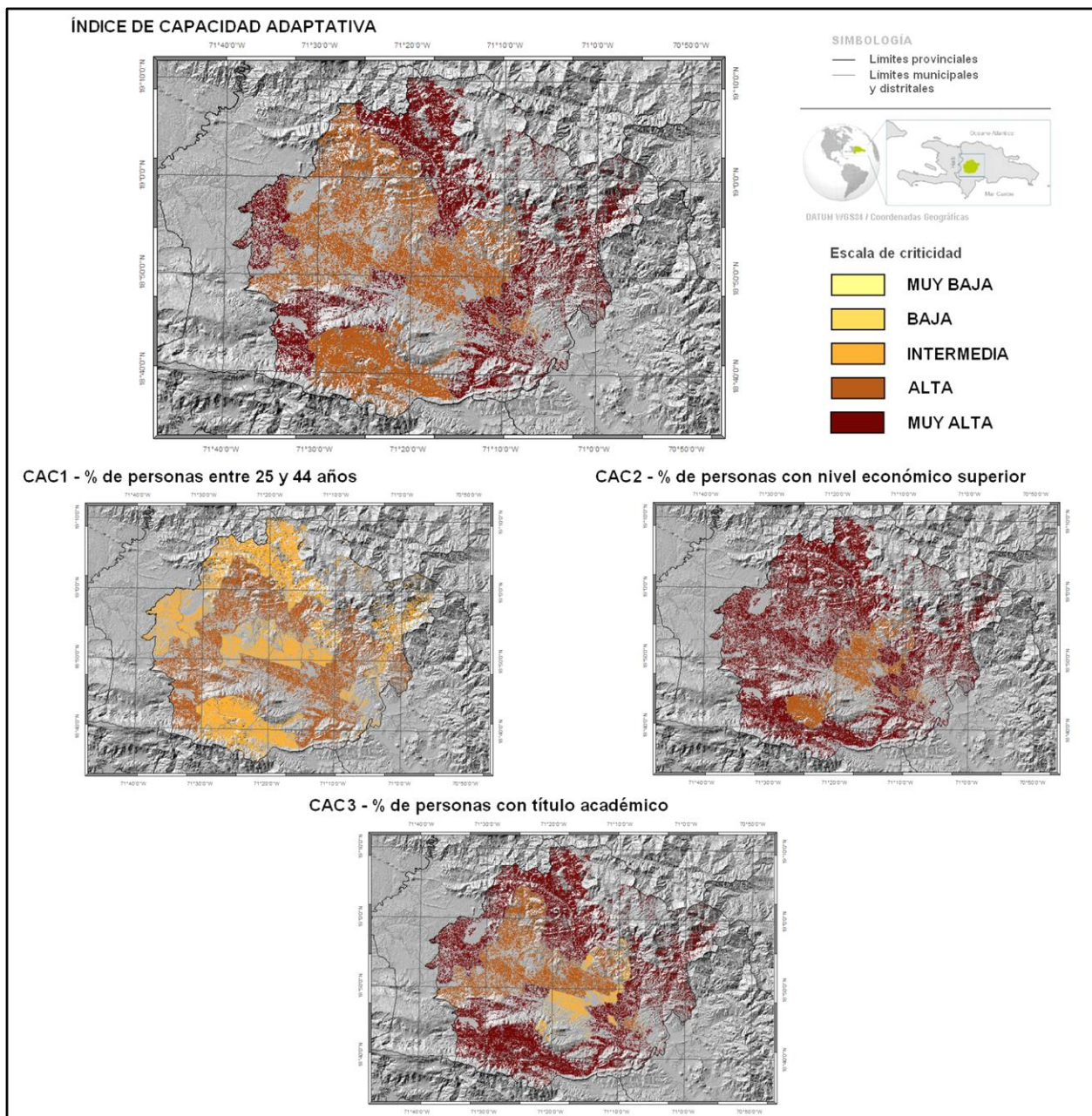


Figura 41: Mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores para el SPA de la habichuela (Autores, 2019).

3.4.5 Índice de vulnerabilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Vulnerabilidad, obtenido como combinación de los índices de las respectivas dimensiones de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (Figura 29).

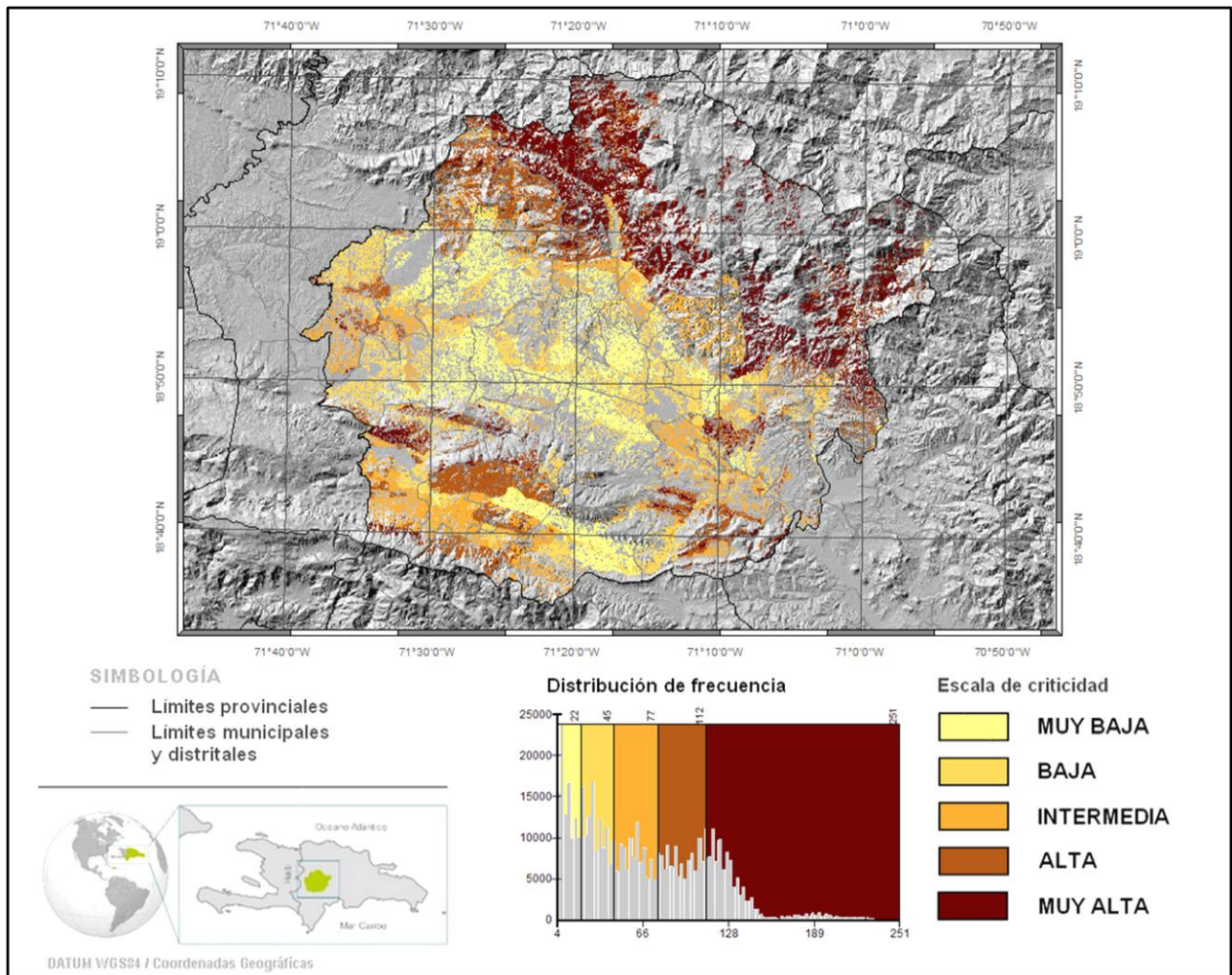


Figura 42: Mapa del Índice de Vulnerabilidad para el SPA de la habichuela (Autores, 2019).

En términos relativos, dentro de la provincia San Juan, las plantaciones de habichuela que presentan los valores más altos de vulnerabilidad se encuentran distribuidas prevalentemente en las áreas montañosas de la Sierra de Neyba al sur y de la Cordillera Central al norte, donde se alcanzan los valores más críticos (Figura 42). Es en estas zonas que se produce una combinación perjudicial de los diferentes indicadores analizados, coincidiendo altos niveles de exposición y sensibilidad y muy baja capacidad adaptativa.

Las áreas menos problemáticas están ubicadas en el fondo de valle de los ríos principales y en una zona en el sureste, coincidente con el municipio de Vallejuelo (Figura 42).

La síntesis del análisis histórica y actual del cultivo en la provincia San Juan permite destacar algunos elementos clave para la definición de líneas de acción que puedan incrementar la capacidad adaptativa y resiliencia del sistema productivo en la zona:

- Las fincas de habichuela presentan niveles intermedios de exposición, siendo los más críticos el déficit pluviométrico y las condiciones edáficas en las zonas montañosas, y la ubicación en áreas inundables en la parte baja.
- Las parcelas de las zonas montañosas, asociadas a modalidades de cultivo de subsistencia, son las más vulnerables, tanto por la alta dependencia de condiciones climáticas estables, como por el impacto generado en términos de degradación de suelo.

- El bajo nivel económico y académico, que tienen incidencia significativa en la mayor parte de los municipios y distritos de la provincia, constituye un obstáculo preponderante a la hora de idea e implementar estrategias orientadas a aumentar la resiliencia del sector productivo en la provincia.

3.4.6 Impactos de la variabilidad climática observada

Al igual que los demás SPA, la caracterización fina y sistemática de los impactos de la variabilidad climática ya observados para el SPA habichuela en la provincia de San Juan está limitada por la ausencia de series estadísticas continuas y con niveles de desagregación suficientes (p. ej. por género, nivel socioeconómico, etc.).

En la actualidad, indicaciones de daños asociados con los cambios climáticos solo se encuentran disponibles de forma aislada, con relación a la ocurrencia de eventos extremos pasados. Entre ellos se puede destacar la sequía intensa del 2015, la cual provocó en el valle agrícola de San Juan una pérdida de 3,600 tareas de cebolla, 7,000 tareas de maíz y varios miles de tareas de frutos⁵³. Este mismo año, la Aseguradora Agropecuaria Dominicana (AGRODOSA) indemnizó a 200 productores de habichuela de la provincia San Juan de la Maguana con más de cuatro millones de pesos⁵⁴.

3.4.7 Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual

En términos relativos, dentro de la provincia San Juan, las plantaciones de habichuela que presentan los valores más altos de vulnerabilidad se encuentran distribuidas prevalentemente en las áreas montañosas de la Sierra de Neyba al sur y de la Cordillera Central al norte, donde se alcanzan los valores más críticos (Figura 40). Es en estas zonas que se produce una combinación perjudicial de los diferentes indicadores analizados, coincidiendo altos niveles de exposición y sensibilidad y muy baja capacidad adaptativa.

Las áreas menos problemáticas están ubicadas en el fondo de valle de los ríos principales y en una zona en el sureste, coincidente con el municipio de Vallejuelo (Figura 41).

La síntesis del análisis histórica y actual del cultivo en la provincia San Juan permite destacar algunos elementos clave para la definición de líneas de acción que puedan incrementar la capacidad adaptativa y resiliencia del sistema productivo en la zona:

- Las fincas de habichuela presentan niveles intermedios de exposición, siendo los más críticos el déficit pluviométrico y las condiciones edáficas en las zonas montañosas, y la ubicación en áreas inundables en la parte baja.
- Las parcelas de las zonas montañosas, asociadas a modalidades de cultivo de subsistencia, son las más vulnerables, tanto por la alta dependencia de condiciones climáticas estables, como por el impacto generado en términos de degradación de suelo.

⁵³El Caribe. 2019 (online). <https://m.elcaribe.com.do/2019/03/12/panorama/dinero/dice-consecuencias-de-sequia-pueden-ser-catastroficas/>

⁵⁴El Caribe. 2015 (online). <https://m.elcaribe.com.do/2015/02/25/sin-categoria/agrodosa-indemniza-200-productores-habichuela-san-juan/>

El bajo nivel económico y académico, que tienen incidencia significativa en la mayor parte de los municipios y distritos de la provincia, constituye un obstáculo preponderante a la hora de idea e implementar estrategias orientadas a aumentar la resiliencia del sector productivo en la provincia.

3.5 Análisis de la vulnerabilidad futura

Los cambios proyectados en esta región para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 son calculados a partir de la media de conjunto para la media anual y mensual, tanto de las temperatura máxima y mínima (evolución en °C) como de las precipitaciones (como porcentaje y milímetros de cambio), en tres Horizontes temporales: 2030, 2050 y 2070, respecto al período de referencia 1986-2005.

3.5.1 Variaciones anuales de la media de conjunto

Las variaciones anuales de la media de conjunto de 16 modelos GCM para las temperaturas máxima y mínima y las precipitaciones son presentadas en Figura 43. Se muestra un rango de incertidumbre para cada una de las tendencias (en azul para el escenario RCP 4.5 y en naranja para el RCP 8.5), mediante el cómputo de los percentiles 10° y 90° (colores azul claro y rosado claro respectivamente en la Figura 43).

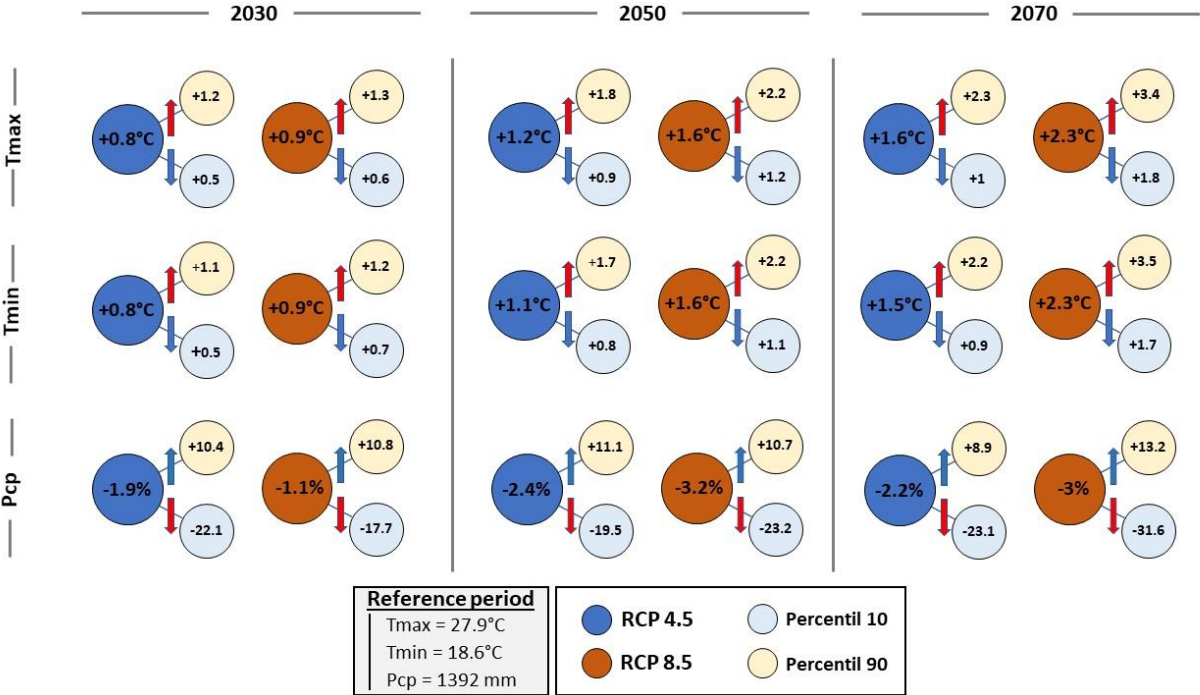


Figura 43: Cambios anuales promedio de temperaturas máximas (Tmax), mínimas (Tmin) y precipitación anual total (Pcp) para la provincia de san Juan en 2030, 2050 y 2070.

Variabilidad inter-modelos – escenario climático RCP 4.5

Globalmente, las proyecciones relativas a las temperaturas medias máxima y mínima muestran un incremento en el tiempo en comparación con el período de referencia, presentando el mismo orden de magnitud sin importar el Horizonte considerado.

- Horizonte 2030: incremento de +0.8°C;
- Horizonte 2050: incremento de +1.2°C;

- Horizonte 2070: incremento de +1.5°C;

Considerando el rango de incertidumbre, para los Horizontes del 2030 al 2070 se observan los siguientes cambios:

- Incremento de la temperatura entre +0.5 y +1°C para el 10° percentil;
- Incremento de la temperatura entre +1.2 y +2.3°C para el 90° percentil.

Se prevé una reducción de -2.2% del acumulado promedio anual respecto al período de referencia, en todos los Horizontes. Este déficit podría alcanzar el -23% para el 10° percentil. Por otro lado, se observa un incremento del +10% para el 90° percentil.

Variabilidad para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5

De manera parecida al escenario RCP 4.5, los incrementos de las temperaturas mínima y máxima previstos para el RCP 8.5 presentan el mismo orden de magnitud para todos los Horizontes temporales considerados. Comparando las tendencias de las temperaturas para ambos escenarios, se puede observar lo siguiente:

- Horizonte 2030: un incremento parecido de +0.9°C respecto al período de referencia;
- Horizonte 2050: un incremento mayor, de +0.4°C, en el peor de los escenarios;
- Horizonte 2070: un clima más cálido con un incremento superior a +0.8°C.

En el caso del RCP 8.5, el déficit de precipitación es más pronunciado, de alrededor de -1.0%, en 2050 y 2070 respecto al decremento de las precipitaciones para el RCP 4.5. El rango de los percentiles 10° y 90° es parecido al del RCP 4.5, excepto en 2070, cuando el déficit alcanza el -33.0% respecto al -24.0%.

3.5.2 Variaciones estacionales de la media de conjunto

Las Figura 14Figura 44 a Figura 47 muestran la variabilidad estacional de las anomalías de las temperaturas máxima y mínima y de las precipitaciones respecto al período de referencia, para los Horizontes 2030, 2050 y 2070, relativamente a los escenarios climáticos RCP 4.5 y RCP 8.5. Según lo especificado arriba, se proporciona el rango de incertidumbre para las estimaciones de los percentiles 10° y 90°.

Temperatura

Para cada Horizonte y escenario, las anomalías de las temperaturas máxima (Figura 44) y mínima (Figura 45) son bastante próximas a la tendencia media anual para todos los meses.

Además, el rango de incertidumbre es regular durante todo el año, siendo la media de conjunto más próxima al 10° percentil. Sin embargo, una variación ligeramente mayor en el rango de incertidumbre puede ser observada en agosto y septiembre, donde las anomalías de las temperaturas mínima y máxima alcanzan +2.5 y casi +3.5°C en el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente.

Precipitaciones

Globalmente, un decremento en las precipitaciones ocurre en los períodos junio-julio-agosto (JJA) y septiembre-octubre (SO) respecto al período de referencia, para todos los Horizontes y escenarios (Figuras Figura 46 y Figura 47):

- Horizonte 2030: los decrementos de la precipitación promedio son de alrededor del -4.0% en JJA para ambos escenarios y de cerca del -3.5% en SO para el RCP 4.5 y -1.4% para el RCP 8.5.
- Horizonte 2050: las anomalías de la media de conjunto de las precipitaciones alcanzan un mínimo en julio, siendo de alrededor de -8% y -10.5% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. Además, el decremento de las precipitaciones se coloca alrededor del -7% en JJA para ambos escenarios, mientras que se espera que sea peor para el RCP 8.5 en SO, con una reducción de cerca del -7.5% respecto al -4% estimado para el RCP 4.5.
- Horizonte 2070: los decrementos promedio en JJA son de alrededor del -6% y -8% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. La diferencia principal entre los dos escenarios depende de una reducción mayor en el mes de agosto, -10%, para el RCP 8.5 respecto al -4.5% para el RCP 4.5. Además, no se esperan cambios grandes en ambos escenarios para el período SO, donde se prevé un decremento de un -4%.

El 10° percentil muestra dos mínimos en los déficits estimados para todos los escenarios:

- El primero se presenta en junio para los Horizontes 2030 y 2050, moviéndose a julio para el Horizonte 2070;
- El segundo está previsto para octubre en todos los Horizontes.

Finalmente, se puede observar que el 90° percentil muestra un incremento de precipitaciones la mayor parte del tiempo, excepto en julio, donde alcanza el valor cero en ambos escenarios y todos los Horizontes. Esto significa que todos los modelos son coherentes en proyectar una reducción de las precipitaciones en el mes de julio.

Los resultados de las simulaciones realizadas destacan que en el futuro la región estará expuesta a condiciones climáticas generalmente más secas y cálidas, así como a precipitaciones extremas más frecuentes.

A partir de estos resultados, para todos los Horizontes temporales, se prevé un incremento de la vulnerabilidad de las plantaciones de habichuela, debido principalmente a la reducción de las precipitaciones y el aumento de los eventos extremos de precipitación, que perjudicarán de manera particular a las plantaciones ya al presente expuestas a este tipo de fenómenos. En este sentido, será fundamental el establecimiento de sistemas de manejo de los recursos hídricos de la zona para garantizar niveles de producción apropiados.

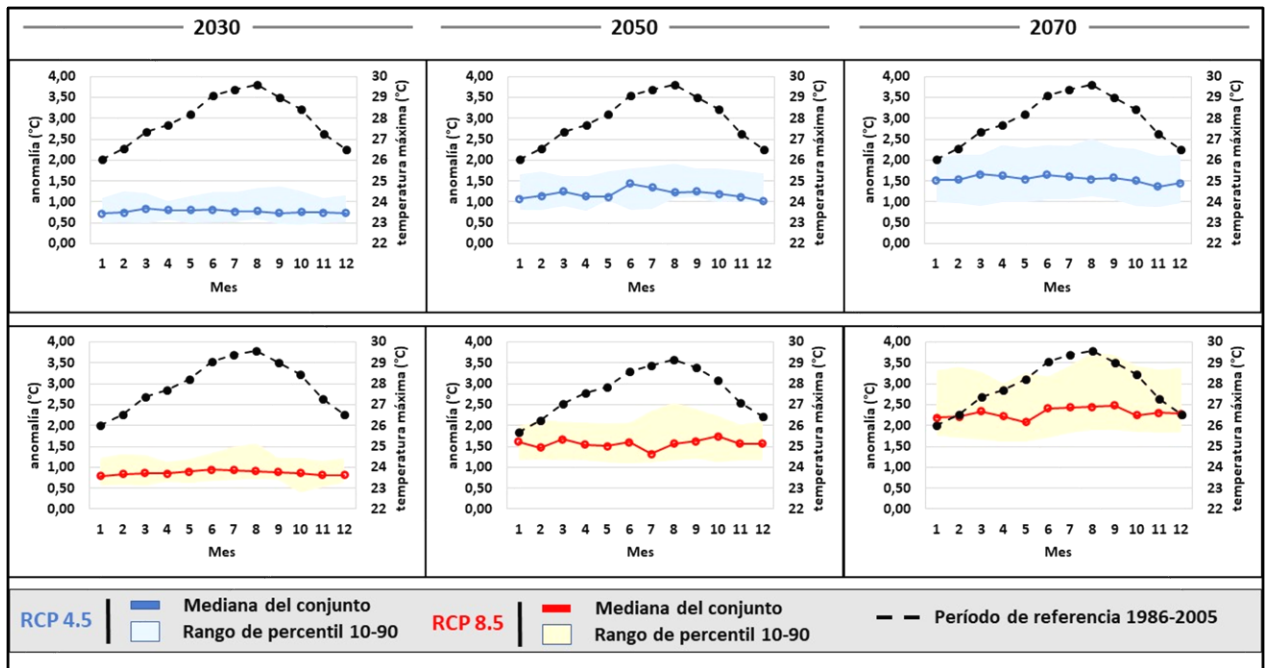


Figura 44: Variaciones mensuales promedio en las temperaturas máximas en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el SPA de la habichuela.

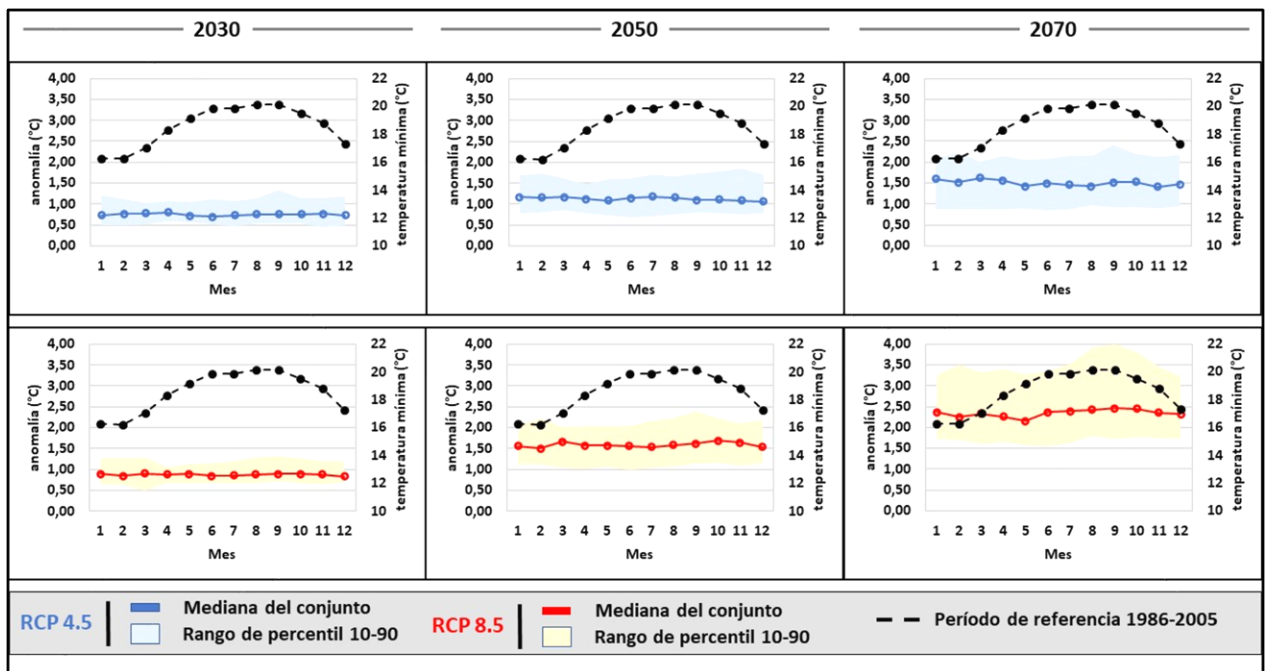


Figura 45: Variaciones mensuales promedio en las temperaturas mínimas en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el SPA de la habichuela.

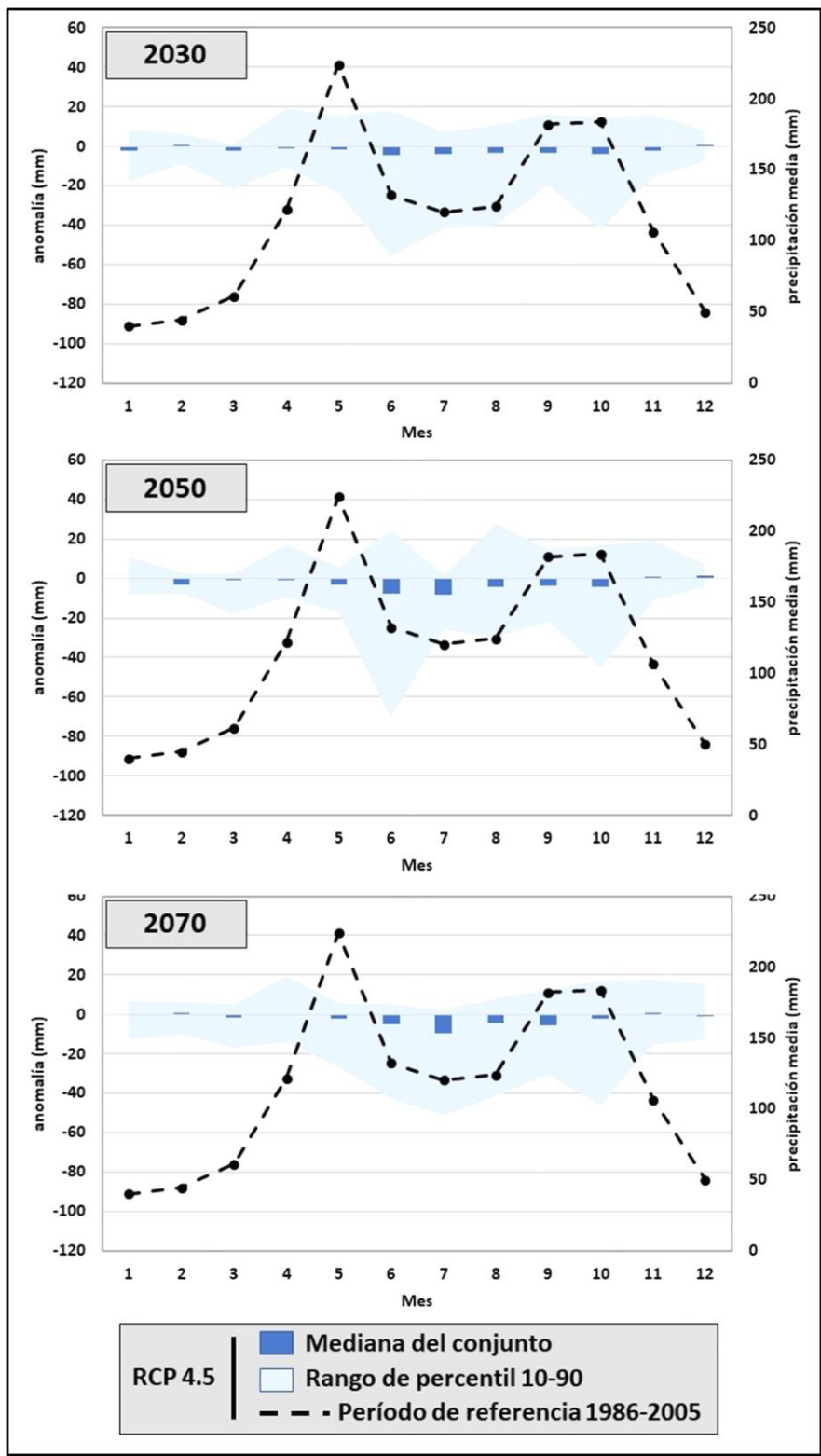


Figura 46: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 4.5 en la provincia de San Juan.

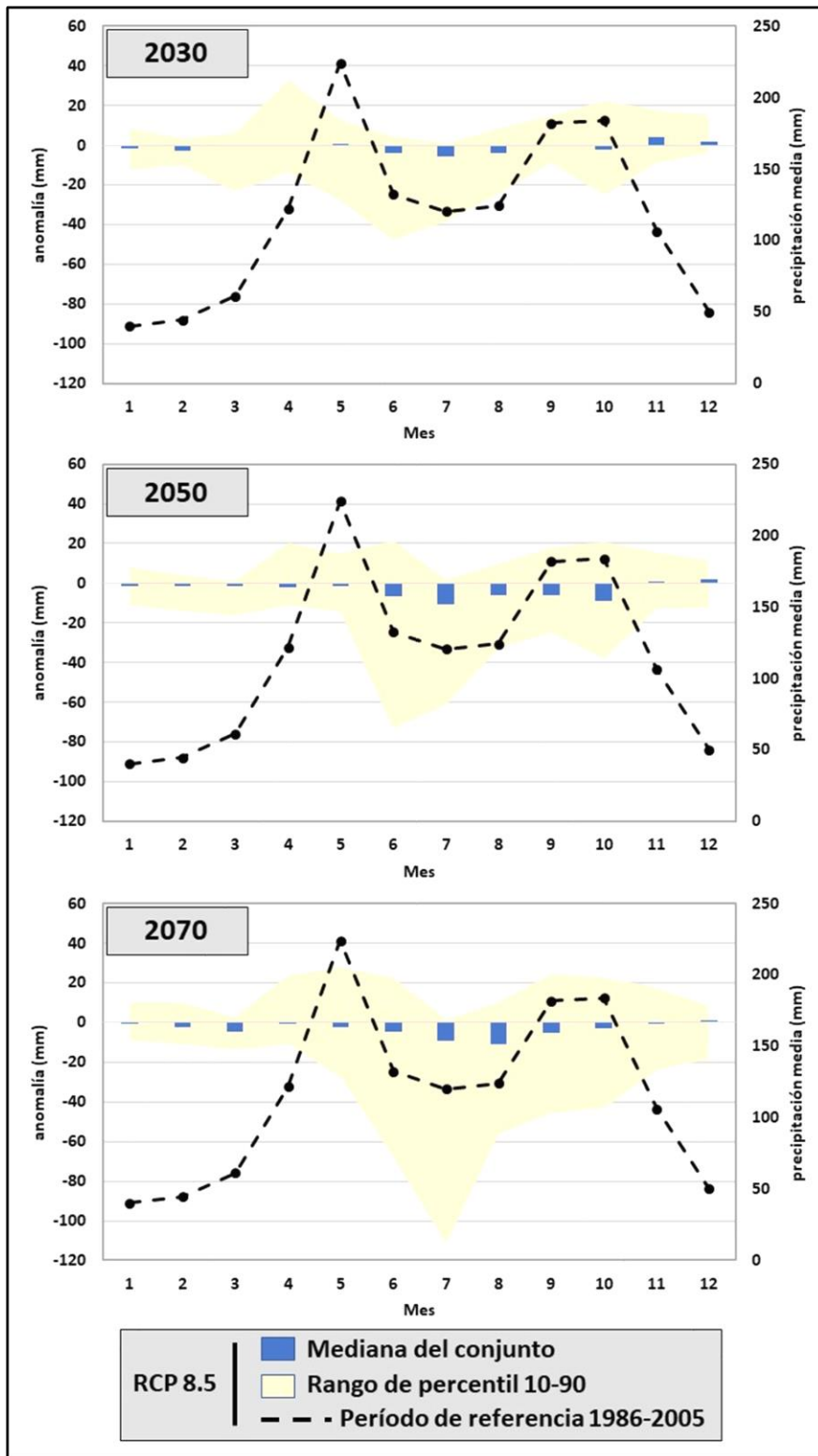


Figura 47: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 8.5 en la provincia de San Juan.

3.5.3 Conclusiones principales de las proyecciones climáticas

Las proyecciones realizadas destacan que en el futuro la provincia de San Juan estará expuesta a condiciones climáticas más secas y cálidas, así como a precipitaciones extremas más frecuentes, para todos los Horizontes temporales y escenario considerados.

La intensidad de estos cambios incrementará con el tiempo, y de manera más rápida en el caso del escenario RCP 8.5 que corresponde hoy en día a la trayectoria de cambio climático más probable.

En términos de vulnerabilidad, la variabilidad climática proyectada sólo presenta informaciones sobre la evolución de los indicadores constitutivos del índice de exposición para el SPA considerado, los índices de sensibilidad y de capacidad adaptativa siendo constituidos por indicadores de índole socioeconómico.

Para el SPA de la habichuela en la provincia de San Juan, estas evoluciones implican un aumento de la criticidad de la exposición del cultivo, con un padrón diferente según la ubicación de las parcelas.

En las zonas montañosas, altamente dependientes a la estabilidad de las condiciones climáticas, se espera un incremento de la exposición por

- El déficit de lluvia, agravado por la textura pesada y la poca profundidad de los suelos correspondientes;
- El riesgo de erosión inducido por lluvias extremas más frecuentes en terrenos con pendiente.

En las zonas ubicadas en las áreas planas y más bajas, el factor de exposición principal es la vulnerabilidad ante las inundaciones, cuya frecuencia incrementará a medida que los episodios de precipitaciones intensas se harán más frecuentes.

3.6 Síntesis: vulnerabilidad histórica, actual y futura del SPA Habichuela en el Suroeste al cambio climático

El SPA habichuela en la provincia de San Juan presenta un padrón de vulnerabilidad contrastado entre las zonas montañosas, más vulnerables, y las zonas bajas, expuestas a inundaciones, pero comparativamente menos vulnerables.

Aunque ambas zonas lidian con problemáticas propias, las zonas montañosas cumulan en efecto factores de exposición más altos (principalmente debido al déficit de agua y a la poca adecuación de los suelos utilizados por el cultivo), una sensibilidad aumentada y una capacidad adaptativa reducida. Dentro de los parámetros más relevantes se destacan:

- Una importante proporción de productores con niveles socioeconómicos bajos;
- Una baja proporción de personas con un nivel socioeconómico superior;
- Una baja proporción de personas con título académico.

Estos elementos se combinan con elementos demográficos más generalizados al nivel de la provincia, que presenta un envejecimiento de su población.

Los principales impactos anticipados de la variabilidad climática sobre el SPA habichuela en la provincia San Juan, desde el punto de vista del productor, están resumidos en el cuadro siguiente (Figura 48):

Riesgo climático	Impactos directos	Impactos indirectos	Posibles medidas de adaptación
Alza de temperaturas	Aborto de la floración, maduración precoz, reducción del grano, mala asimilación de nutrientes.	Baja de rendimientos (e ingresos)	Modificación del calendario de siembra
Reducción en el cúmulo de lluvias	Escasez de agua en periodo de mayor demanda. Influye sobre las plagas (especialmente virales)		Rehabilitación y construcción de presas y sistemas de riego eficientes, uso de variedades de ciclo más corto
Cambio en la periodicidad de lluvias		Desfases en el ciclo productivo, pérdida de tiempo y alza de costos. Baja de rendimientos	
Incidencia de plagas y enfermedades	Disminución de los rendimientos.	Alza de costos (fitosanitarios y mano de obra), baja de rendimientos	Rotación de cultivos y vedas estrictas.
Inundaciones	Asfixia radicular, desarrollo de malezas y enfermedades.	Alza de costos (fitosanitarios y mano de obra), riesgo de pérdida de la cosecha.	Establecimiento de sistemas de drenaje eficiente, obras de protección, planes de manejo de cuencas y presas
Ventarrones	Aborto de flores y daños al follaje.	Baja de rendimientos (e ingresos)	Uso de barreras vivas, siembra de árboles rompevientos
Erosión hídrica y eólica	Indisponibilidad de nutrientes, manchado del grano	Alza de costos (abonos)	Nivelación de suelo, uso de riego por goteo y técnicas anti erosivas
Salinización de suelos y pérdida de fertilidad	Desarrollo y fructificación reducidos.	Baja de rendimientos (e ingresos)	Drenaje y restauración de suelos (enmienda).

Figura 48: Síntesis de impactos de la variabilidad climática del SPA habichuela en la provincia San Juan. Perspectiva del productor (Autores, 2020).

Aunado a lo anterior, se destacan también los puntos siguientes:

- La habichuela es un cultivo prioritario para el estado y, como tal, es protegido, tanto en términos de regulación de los precios del producto como de asunción de parte de los costes de producción (los trabajos de preparación del terreno son realizados directamente por el estado).
- La baja tecnificación, unida a los bajos rendimientos económicos del producto, empuja a recurrir a mano de obra extranjera no especializada, lo cual reduce los salarios del sector y por tanto el nivel de vida de la región.

- El estado da prioridad a este cultivo en el reparto del recurso hídrico, por lo que el productor tiene una percepción sesgada de la escasez de agua o de fenómenos de sequía.
- Debido a carencias en la aplicación de prácticas de manejo apropiado del cultivo, se producen frecuentemente fenómenos de resistencia de las plagas a los productos fitosanitarios.

4. EL CACAO EN EL NORDESTE

4.1 Rangos óptimos para el cultivo

En el presente capítulo se describen las condiciones óptimas y limitantes para el cultivo, definidas en base a estudios disponibles en literatura (Anim-Kwapong & Frimpong, 2005⁵⁵; Zuidema et al., 2005⁵⁶; Batista, 2009⁵⁷; Ajayi et al., 2012⁵⁸; Läderach, 2013⁵⁹; Altieri & Nicholls, 2013⁶⁰; Friedman, 2014⁶¹; ICCO, 2015⁶²).

4.1.1 Características del cultivo

La región Nordeste (provincias María Trinidad Sánchez, Duarte, Sánchez Ramírez y Samaná) contribuye de manera significativa a la producción de cacao a nivel nacional, aportando más del 60% al total del país. El cultivo ocupa el 12.6% de la superficie del territorio regional, equivalente a unos 618 km², el 69% de los cuales concentrados en la sola provincia Duarte, seguida por Sánchez Ramírez (16%) y María Trinidad Sánchez (15%). En la provincia Samaná no se registran plantaciones de cacao actualmente establecidas.

Los elementos clave que favorecen la producción cacaotlera son la altitud relativamente reducida (el 89% del territorio regional se encuentra a menos de 300 msnm), pendientes planas o suaves (en más del 40% del territorio) y la pluviometría abundante y bien distribuida durante todo el año.

El cacao (*Theobroma cacao*) es un cultivo típicamente tropical, siendo su área óptima entre las latitudes 20° norte y sur. Es uno de los principales productos de exportación del país, especialmente para el mercado orgánico, tal como demuestran las estadísticas, que indican un crecimiento en los últimos años de las exportaciones, las cuales han pasado de las 65,936 toneladas en 2013 a las 77,299 en 2018, para un incremento superior al 17%. La provincia Duarte, con más de 12,600 productores y una superficie sembrada ligeramente inferior a las 54 mil hectáreas, aporta alrededor del 58% de la producción total de la región.

⁵⁵ Anim-Kwapong, G.J., Frimpong, E.B. 2005. Vulnerability of agriculture to climate change: impact of climate change on cocoa production. Vulnerability and adaptation assessment under The Netherlands Climate Change Studies Assistance Programme Phase 2 (NCCSAP2). Cocoa Research Institute of Ghana, New TafoAkim.

⁵⁶ Zuidema, P.A., Leffelaar, P.A., Gerritsma, W., Mommer, L., Anten, N.P.R. 2005. A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. *Agricultural Systems*, 84, 195-225.

⁵⁷ Bastista, L. 2009. El cultivo del cacao: Guía Técnica. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF), Santo Domingo.

⁵⁸ Ajayi, I.R., Afolabi, O.M., Fayose, R.S., Sunday, A.G., Mohammed, M.Z. 2012. Modeling temperature as a constraining factor for cocoa yield in Ondo State. *American International Journal of Contemporary Research*, 2(7), 172-178.

⁵⁹ Läderach, P., Martínez-Valle, A., Schroth, G., Castro, N. 2013. Predicting the future climatic suitability for cocoa farming of the world's leading producer countries, Ghana and Côte d'Ivoire. *Climatic Change*, 119(3-4), 841-854.

⁶⁰ Altieri, M.A., Nicholls, C.I. 2013. Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8, 7-20.

⁶¹ Friedman, R. 2014. Cocoa in a changing climate: projecting hot spots of vulnerability. Technical Report.

⁶² ICCO. 2015. Origins of cocoa and its spread around the world. International Cocoa Organization, London. <http://www.icco.org/about-cocoa/growing-cocoa.html>

El componente del cacao aprovechado es la semilla, la cual, luego de un procesamiento constituido por varias etapas, es convertida en polvo y usada de diferentes maneras, especialmente como base para la producción de chocolate.

4.1.2 Topografía

El cacao es un cultivo de zona típicamente baja, siendo la altitud óptima comprendida entre 0 y 500 msnm.

Respecto a la pendiente, se considera como límite superior para el cultivo el 15%, puesto que pendientes mayores favorecen el arrastre de sedimento y, por ende, reducen la capa edáfica y los nutrientes para el cultivo, creando condiciones favorables para la degradación de tierra y aumentando el riesgo de daños y pérdidas en caso de eventos extremos.

4.1.3 Suelo

El cacao necesita un suelo de partículas gruesas y con una cantidad razonable de nutrientes, hasta una profundidad de 1.5 m, para permitir el desarrollo del sistema radicular. Por debajo de este nivel es deseable que no haya capas impermeables. En efecto, el suelo adecuado para el cacao debe tener a la vez buena capacidad de retención de humedad, buena aireación y buen drenaje. En términos de pH el rango óptimo va de 5.0 a 7.5, siendo el cacao tolerante a suelos ácidos, siempre y cuando el contenido de nutrientes sea suficientemente alto. El suelo debe además contar con alto contenido de materia orgánica.

4.1.4 Clima

Las variables climáticas constituyen componentes críticos para el desarrollo cacao, el cual es un cultivo que requiere condiciones ambientales generalmente muy húmedas (humedad relativa superior al 80%). Por lo tanto, su productividad está asociada a una combinación adecuada de temperatura y precipitación.

La temperatura es un factor clave para la regulación de la fenología del cultivo. El rango óptimo para la temperatura promedio anual se coloca entre 24 y 26°C, mientras que existen un límite inferior de entre 18 y 21°C para la temperatura mínima promedio anual y un límite superior de entre 30 y 32°C para la temperatura máxima promedio anual. Un mínimo absoluto de 10°C limita la viabilidad del cultivo fuera del trópico.

Con relación a la lluvia, variaciones interanuales de esta variable constituyen el factor más influyente sobre el rendimiento de las plantas de cacao, puesto que los árboles son muy sensibles a la deficiencia de agua en el suelo. Por esto, las precipitaciones deben ser abundantes y bien distribuidas en el año. De manera específica, la lluvia del mes más seco es un factor más importante que el promedio anual. Si extremos secos, con precipitación inferior a los 100 mm mensuales, perduran por más de tres meses, se reduce la producción y la vitalidad a largo plazo de la planta. La limitación de agua puede explicar hasta un 50% de reducción de la producción.

En términos de luminosidad, los mejores resultados de producción se alcanzan con períodos prolongados de buena iluminación durante todo el año, para un total de por lo menos 1,800 horas anuales.

A continuación, se presenta un cuadro de síntesis de los rangos óptimos y límite para el cultivo (Figura 49).

VARIABLE	RANGOS
Latitud	Óptimo: 20° norte ÷ 20° sur
Altitud	Óptimo: Entre 0 y 500 msnm
Pendiente	Óptimo: No superior a 15%
Temperatura	Óptimo: Temperatura promedio anual entre 24 y 26°C Límite inferior para T mínima promedio anual: 18 (21) °C Límite superior para T máxima promedio anual: 30 (32) °C
Lluvia	Óptimo: Más de 1,200 mm anuales Más de 100 mm mensuales
Viento	Límite superior: 20 km/h
Suelo	Óptimo: Suelos con textura franco-arcillosa, con características de buena aeración y, a la vez, buena retención de agua, y profundidad superior a 1.2 m.
Luminosidad	1,800 horas de luz al año.

Figura 49: Rangos óptimos y límites para la producción del cacao (Autores, 2019).

4.2 Distribución actual

4.2.1 Latitud y topografía

En la región Nordeste, el cultivo del cacao ocupa un territorio comprendido entre las latitudes 18°90' y 19°40' norte, estando la producción concentrada prevalentemente en la porción centro-septentrional, en la cuenca del río Nagua y en la parte baja de la cuenca del río Yuna (Figura 50).

Las fincas están localizadas en un rango altitudinal entre 1 y 923 msnm. Sin embargo, la proporción de fincas que exceden el rango altimétrico óptimo es inferior al 0.5%. Por lo tanto, la altitud no constituye un parámetro crítico en la región.

Los terrenos cultivados con cacao en la región presentan una pendiente entre 0 y 153%, siendo el 54.7% de ellos ubicados en pendientes no superiores al 15%.

Algunas de las plantaciones están instaladas en áreas llanas a lo largo de los ríos Nagua y Yuna, principales fuentes de agua de la zona (Figura 50). Por esta razón, quedan expuesta a inundaciones periódicas, asociadas a eventos de precipitación abundante e/o intensa que acontezcan cuenca arriba, siendo el 16.7% de las fincas ubicadas en áreas potencialmente inundables (Figura 51).

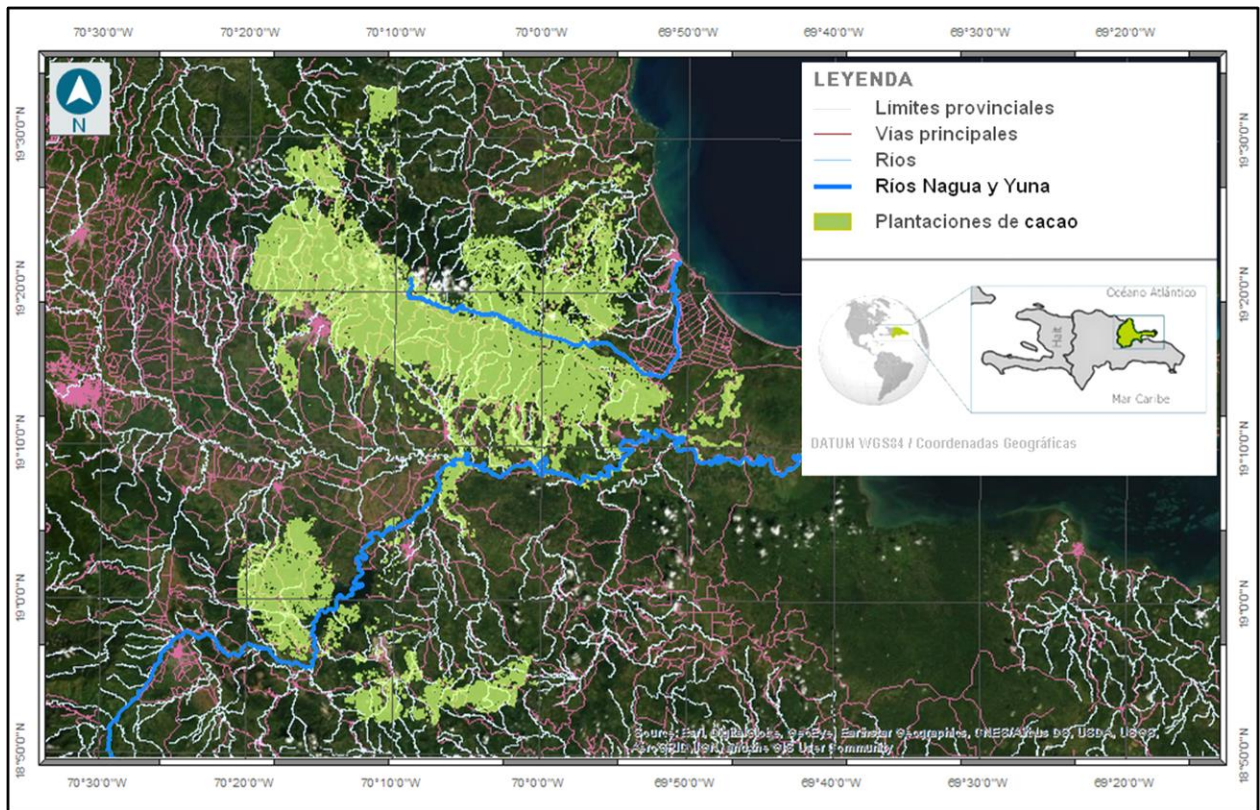


Figura 50: Ubicación de las áreas cultivadas con cacao en la región Nordeste (Autores, 2019).

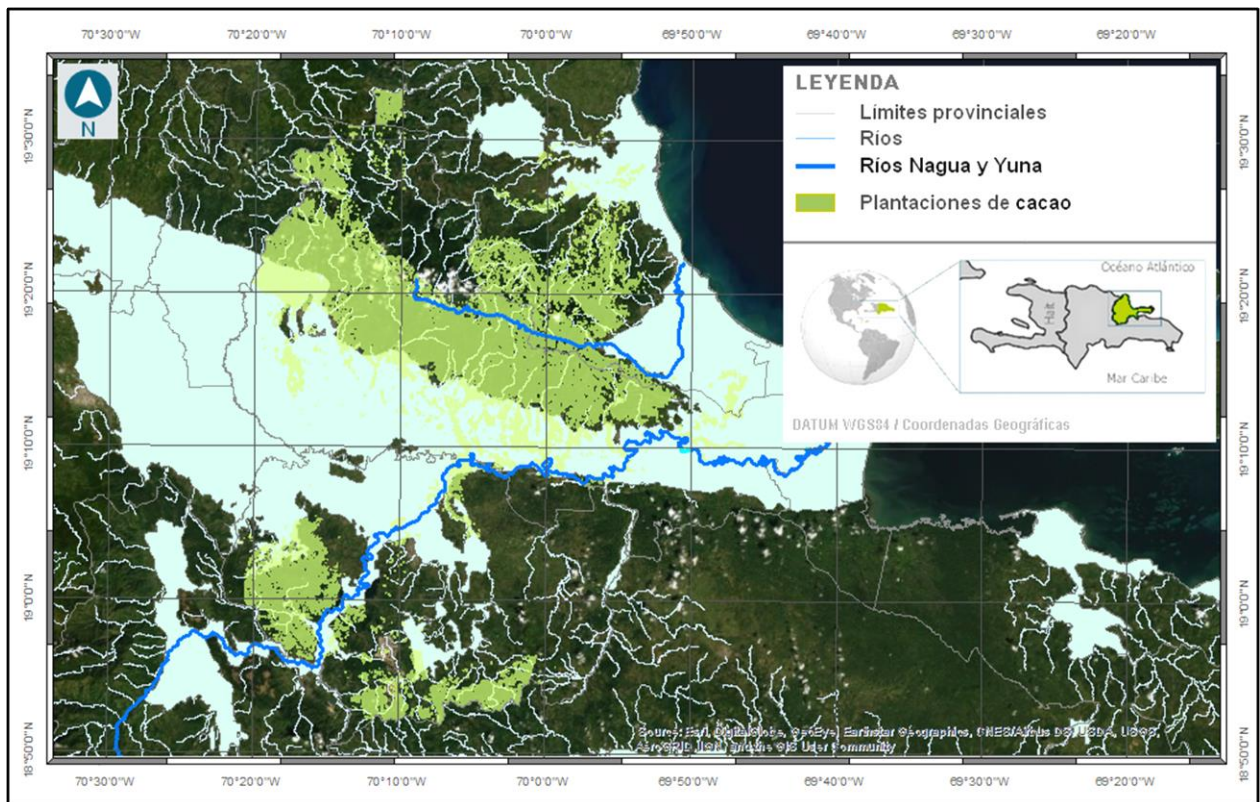


Figura 51: Mapa de las áreas potencialmente inundables en la región Nordeste (Autores, 2019).

4.2.2 Suelo

Las plantaciones de cacao están establecidas prevalentemente en suelos de origen calcáreo, ubicados en la vertiente sur de la Cordillera Septentrional, en suelos de sabana, en los valles principales, y, en porcentaje menor, en suelos aluviales recientes, a lo largo de los ríos Nagua y Yuna.

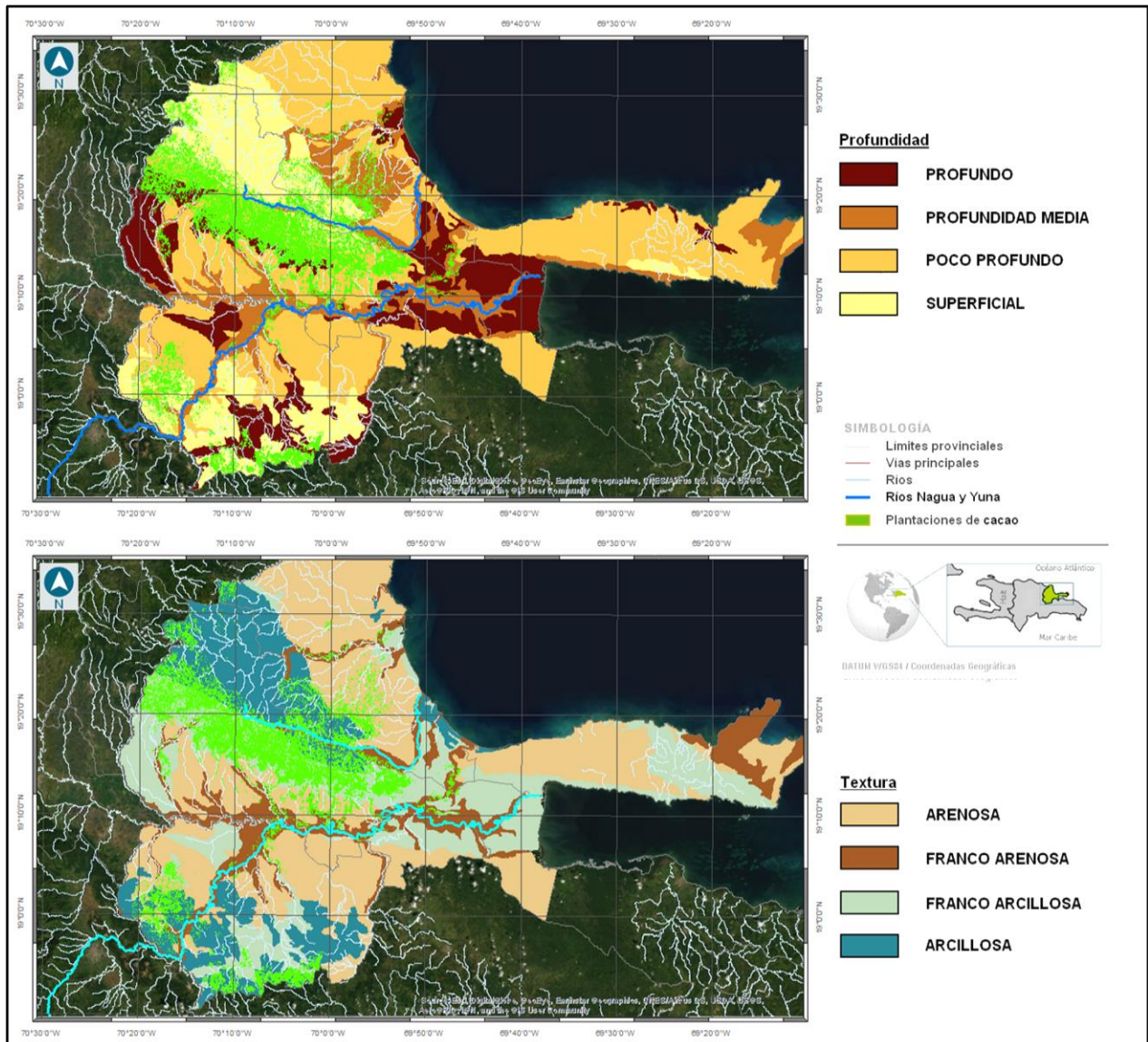


Figura 52: Mapa de profundidad (arriba) y drenaje (abajo) de suelos en la región Nordeste (Autores, 2019).

La mayor parte de las fincas, correspondiente al 53.7%, cuenta con suelo con textura franco-arcillosa (45.8%), considerada óptima para los requerimientos del cacao, o franco-arenosa (7.8%). El 32.7% está establecido en terrenos con suelo típicamente arcilloso, mientras que el restante 13.6% en terrenos arenosos (Figura 52).

El 72.6% de las fincas de cacao del Nordeste cuenta con suelo poco profundos (40.0%) o superficial (32.8%), mientras que solamente el 14.6% está instalado en terrenos con suelo profundo (Figura 52).

4.2.3 Clima

Las plantaciones de cacao de la región Nordeste quedan ubicadas en áreas que abarcan condiciones climáticas que varían desde el húmedo-subhúmedo, en la porción centro-oriental, hasta el perhúmedo, en los picos de las zonas montañosas de la Cordillera Septentrional en el norte y de Los Haitises en el sur (Figura 53).

Todas las fincas reciben un acumulado anual de precipitación superior a los 1,200 mm (Figura 53). Sin embargo, hay áreas donde las lluvias no resultan adecuadamente distribuidas a lo largo del año y las plantaciones están expuestas a déficit hídrico en algunos meses. Específicamente, el 35.6% de las fincas de cacao presenta por lo menos un mes deficitario, recibiendo menos de los 100 mm mensuales requeridos por el cultivo. Cabe destacar que en los últimos cuatro años la región nordeste ha sido afectada de manera significativa por episodios de sequía intensa y prolongada asociada al fenómeno de El Niño, los cuales han impactado fuertemente la población y las actividades productiva de la zona.

Respecto a la temperatura, todas las fincas se encuentran dentro del rango óptimo de la temperatura promedio anual (entre 24 y 26°C) (Figura 53).

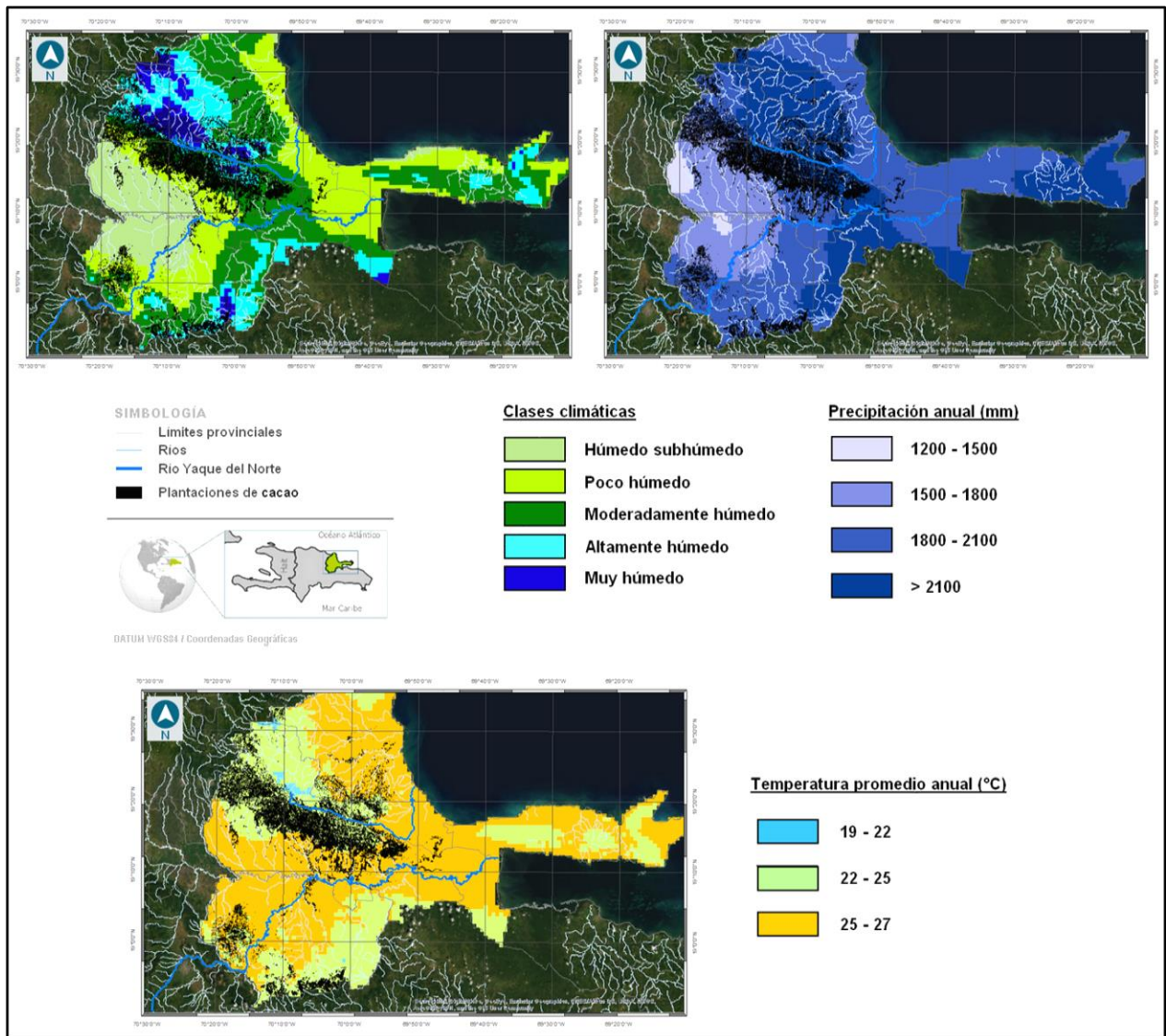


Figura 53: Mapas climático (superior izquierdo), de precipitación promedio anual (superior derecho) y temperatura promedio anual (inferior) de la región Nordeste (Autores, 2019).

4.2.4 Síntesis de la situación actual

Los resultados descritos arriba permiten destacar los siguientes elementos de vulnerabilidad:

1. Al estado actual, la temperatura no constituye un factor limitante para el cultivo del cacao en la región, mientras que las precipitaciones representan un elemento de preocupación. En efecto, por un lado, algunas de las fincas están ubicadas en áreas que climáticamente presentan un régimen de lluvia que las expone a déficit hídrico en algunos meses del año.
2. Un elemento crítico para un porcentaje significativo de las fincas es la profundidad del suelo y la pendiente de los terrenos donde están instaladas.

4.3 Características sociales, económicas y demográficas del sistema productivo

4.3.1 Características de producción

La producción cacaotlera en la región Nordeste es llevada a cabo por más de 20 mil productores, de los cuales más de 12 mil solamente en la provincia Duarte. Las fincas de cacao varían en tamaño, aunque predominen las pequeñas (hasta 7 hectáreas) (IDIAF, 2004b⁶³), con un tamaño promedio para la región de 4.2 hectáreas.

Un aspecto importante es el tema del régimen de tenencia de las tierras destinadas al cultivo del cacao, puesto que la titulación todavía constituye un punto crítico. En efecto, los productores cacaotleros que cuenta con título de propiedad son prevalentemente los grandes, mientras que los pequeños y medianos no poseen documentos formales de sus tierras, lo cual reduce las posibilidades de acceder a financiamiento, entre otras limitaciones.

En las fincas pequeñas y en la gran mayoría de las medianas, el manejo y las prácticas agrícolas no son mecanizados. La producción en la región es orgánica, aunque la mayoría de los productores no cuenten con certificación.

4.3.2 Características socioeconómicas y sociodemográficas

La población de la región Nordeste alcanza las 680 mil personas (ONE, 2010). De la población que ejerce una profesión o un trabajo, el 13.5% se dedica a actividades laborales vinculadas con la agricultura, y de ese porcentaje solamente el 2.8% son mujeres. (ONE, 2010).

En los distritos municipales que tienen incidencia en la región, el porcentaje de personas con nivel económico bajo o muy bajo alcanza el 48.0%, siendo más alta en las zonas rurales (ONE, 2010). En efecto, en la región, de manera coherente con la realidad nacional, existe una diferencia significativa entre las áreas urbanas y las áreas rurales, que, especialmente en la zona montañosa, siguen siendo deprimidas.

En la región, el 13.5% de la población tiene trabajo o empleo en el sector agrícola, siendo bastante uniforme el porcentaje entre las provincias de la región (ONE, 2010).

El porcentaje de población ligada al sector agrícola que cuenta solamente con estudios primarios o inferiores, en general, es algo común a todas las provincias de la región, colocándose entre el 77.1% de la provincia María Trinidad Sánchez y el 83.2% de Samaná (ONE, 2010). El nivel académico en el sector es alcanzado solamente por el 3.3% de la población (ONE, 2010).

⁶³ IDIAF. 2004b. Agroforestería: resultados de investigación. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias, Santo Domingo.

4.4 Análisis de vulnerabilidad histórica y actual

4.4.1 Variabilidad climática observada

Para la región nordeste, como en la mayor parte del país, los levantamientos de variables climáticas se concentran en las zonas urbanas ubicadas en el fondo de los valles principales, por lo tanto, faltan informaciones en las áreas montañosas (Figura 3). Los estudios realizados hasta el momento (Izzo et al., en fase de publicación) muestran que las tendencias pluviométricas en la zona presentan una variabilidad significativa (Figura 3): en la porción occidental de la región (estaciones de Pimentel y Cotuí), las precipitaciones no presentan variaciones significativas de los acumulados anuales, mientras que a escala mensual, se destaca, en el mes de julio, un decremento de las lluvias en Pimentel y un incremento en Cotuí; en la porción central y en estaciones ubicadas detrás de los relieves principales (estaciones de Cevicos y Sánchez), se observa un decremento significativo de los aportes anuales de lluvia, con reducciones concentradas en los meses de mayo (Cevicos) y julio (Sánchez) e incrementos en los meses de enero y marzo (Cevicos); en la porción más oriental, la estación de Samaná muestra un incremento significativo de las lluvias anuales, debido prevalentemente a los aumentos pluviométricos registrados en los meses de enero y octubre.

Para las temperaturas, de manera coherente con todo el territorio nacional se han detectado incrementos significativos, que, según un estudio reciente, se agudizarían en esta región (Pérez & Jury, 2013).

4.4.2 Exposición

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Exposición, y sus respectivos indicadores (Figura 54), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

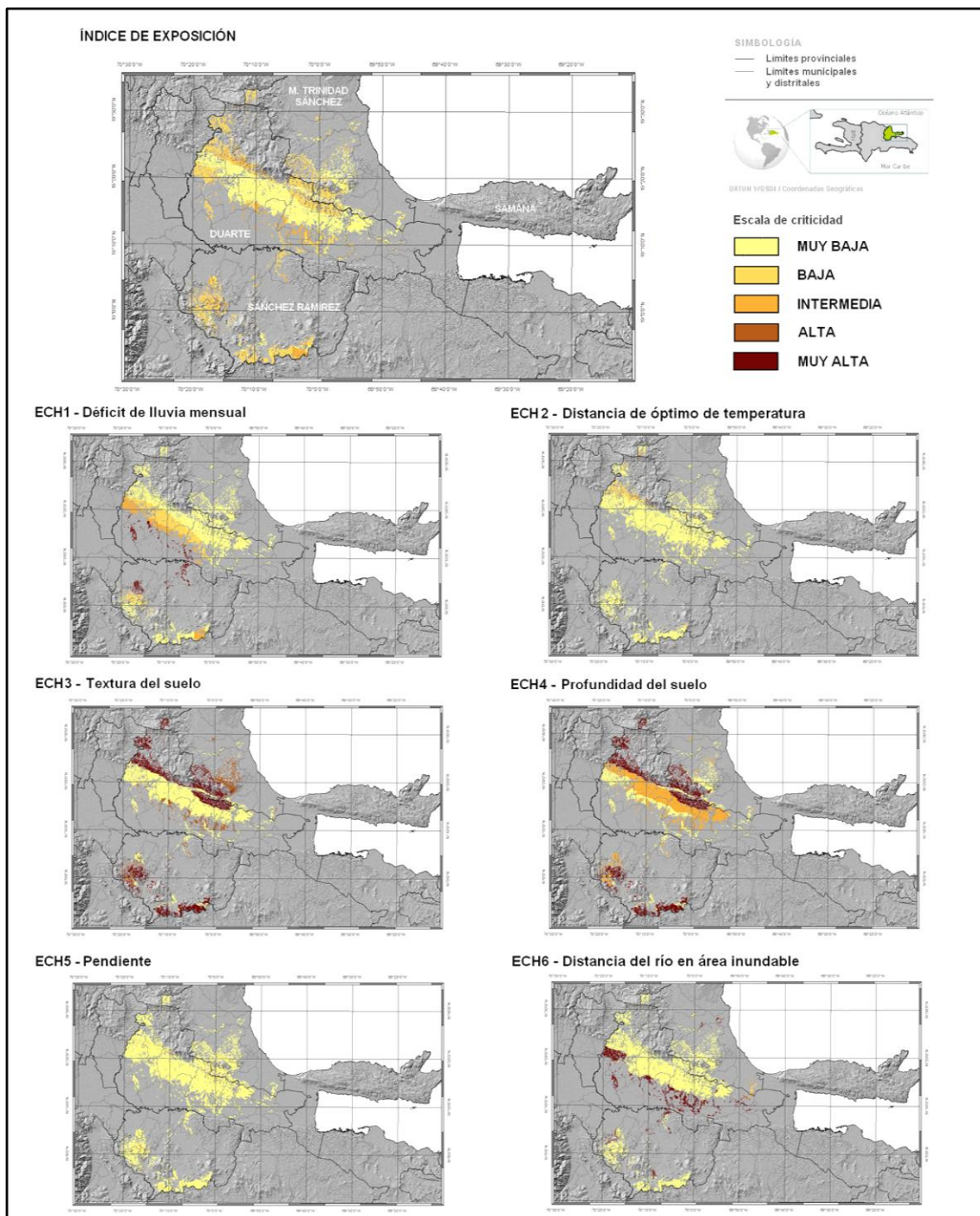


Figura 54: Mapa del Índice de Exposición y sus respectivos indicadores para el SPA del cacao (Autores, 2019).

Los resultados evidencian una exposición de baja a intermedia para el sector cacaotalero de la región Nordeste, ubicándose las fincas más expuestas en las porciones meridionales y septentrionales. Otro núcleo de exposición más alta del promedio se encuentra en las proximidades del río Yuna, donde están sujetas a las inundaciones provocadas por la crecida de esta fuente de agua (Figura 54).

Las fincas establecidas en la porción centro-occidental de la región, que ocupan las áreas con clima relativamente más seco, presentan una mayor exposición a déficit mensual de lluvia (Figura 54).

Respecto a la pendiente, esta variable no constituye un factor de preocupación significativa, puesto que de las fincas que quedan fuera del rango óptimo, que presentan pendientes superiores al 15%, un porcentaje significativo (superior al 90%) tiene una pendiente que se mantiene por debajo del 30%. Solamente un porcentaje reducido presenta pendientes mayores, que se observan en las fincas ubicadas en las vertientes de la Cordillera Septentrional y de Los Haitises (Figura 54). Dicho esto, es de todas maneras importantes tomar en cuenta la implementación de buenas prácticas de manejo de fincas, que incluyan técnicas de conservación de suelo, especialmente en las áreas más críticas.

4.4.3 Sensibilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores (Figura 55), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

El análisis muestra que la sensibilidad del café en la región no constituye una dimensión crítica de la vulnerabilidad, puesto que todas las plantaciones de la región presentan niveles de bajo a muy bajo (Figura 55).

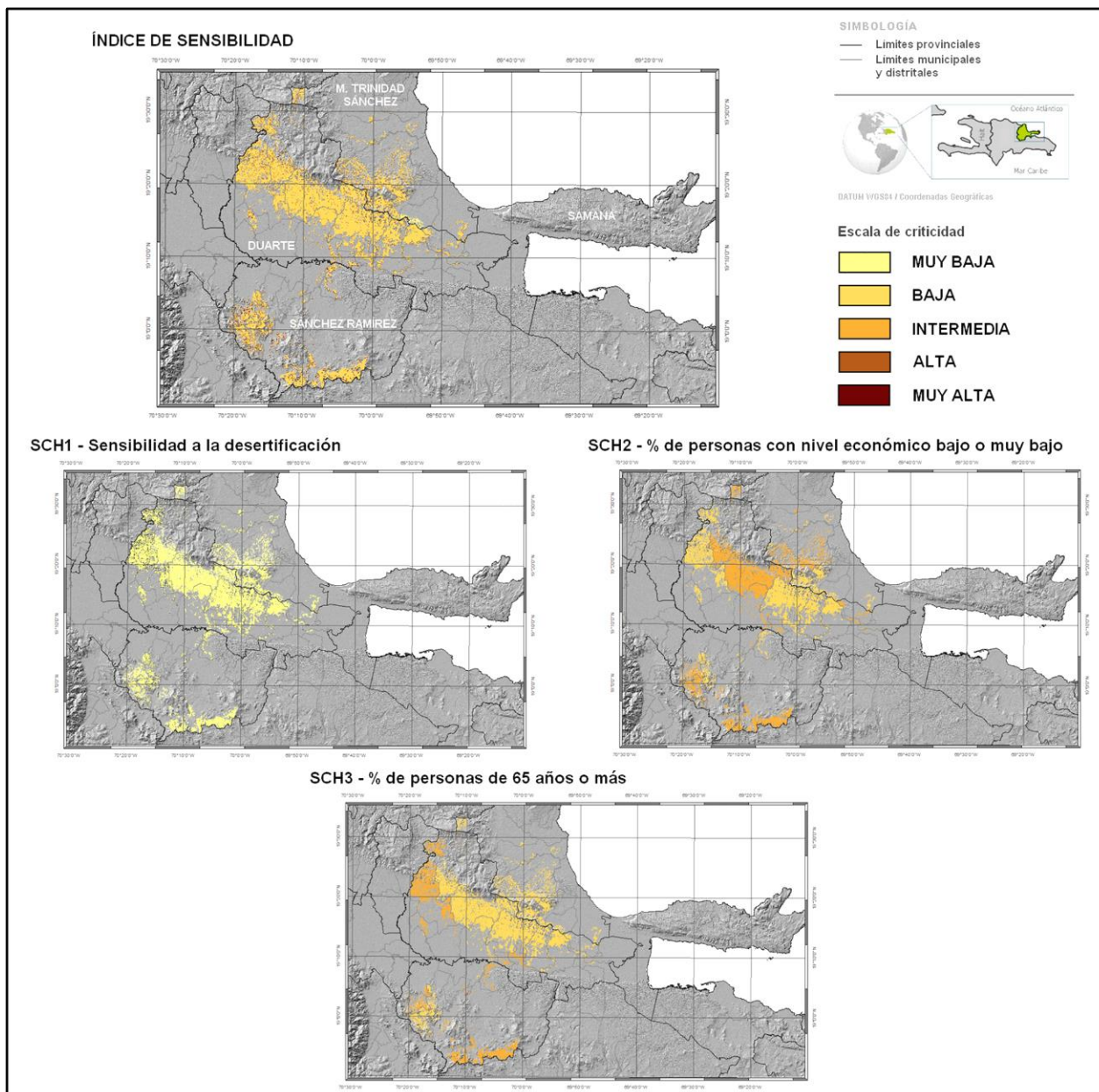


Figura 55: Mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores para el SPA del cacao (Autores, 2019).

4.4.4 Capacidad adaptativa

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores (Figura 56), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

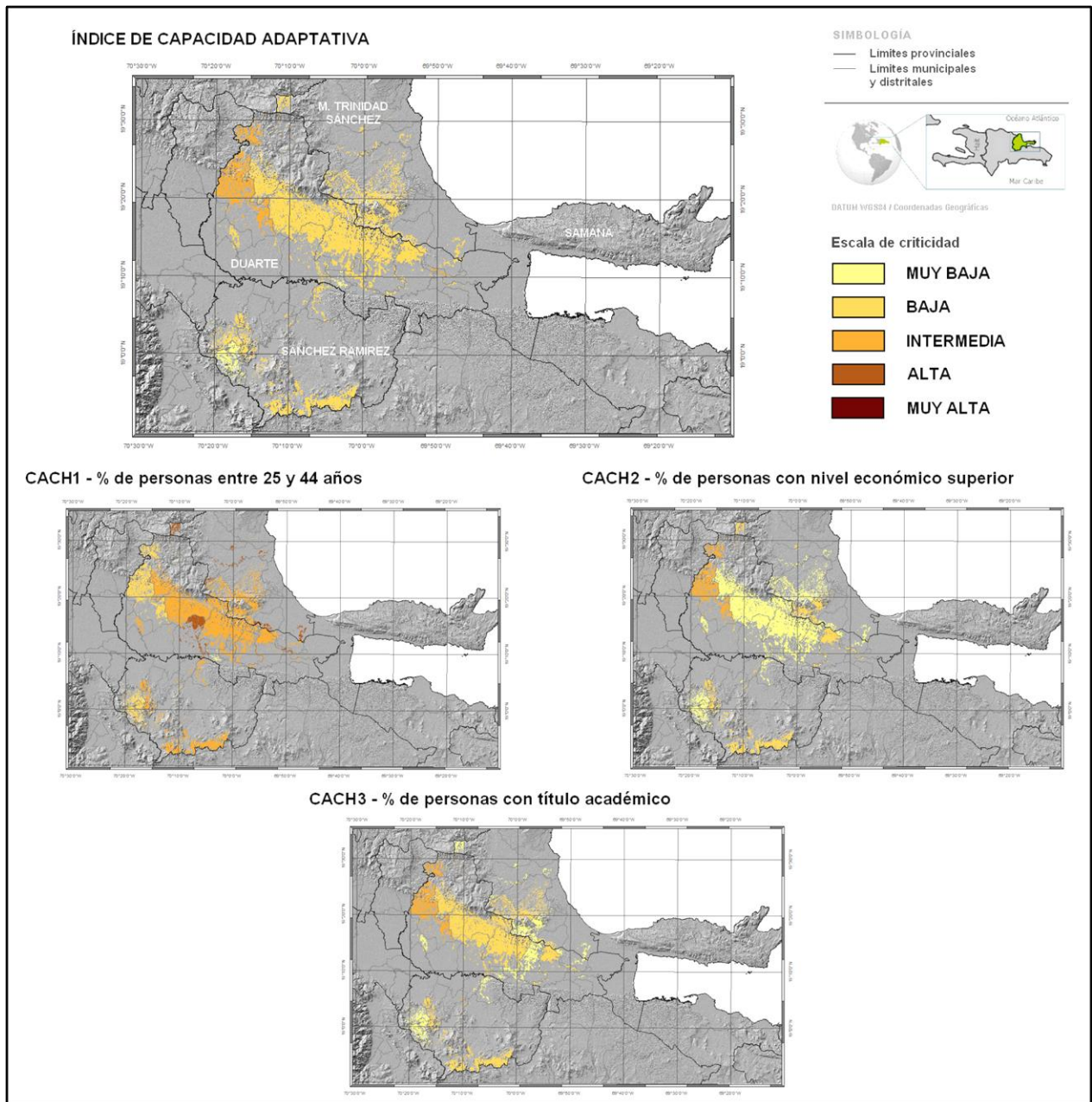


Figura 56: Mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores para el SPA del cacao (Autores, 2019).

El análisis revela que también la capacidad adaptativa, aunque sea de las tres dimensiones la que alcanza los valores menos favorables, no presenta, en comparación con las otras regiones, elementos de criticidad significativa. En efecto, el 20% de las fincas muestra niveles intermedios de esta dimensión, y el restante porcentaje niveles de buenos a muy buenos (Figura 56).

De todas maneras, según lo destacado anteriormente, elementos críticos, aunque con mejoras respecto a otras regiones del país, siguen siendo el porcentaje bajo de personas vinculadas al sector con formación académica, por un lado, y de joven edad, por el otro. Las áreas a las cuales prestar más atención están ubicadas en la porción noroccidental de la región.

4.4.5 Índice de Vulnerabilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Vulnerabilidad, obtenido como combinación de los índices de las respectivas dimensiones de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (Figura 57).

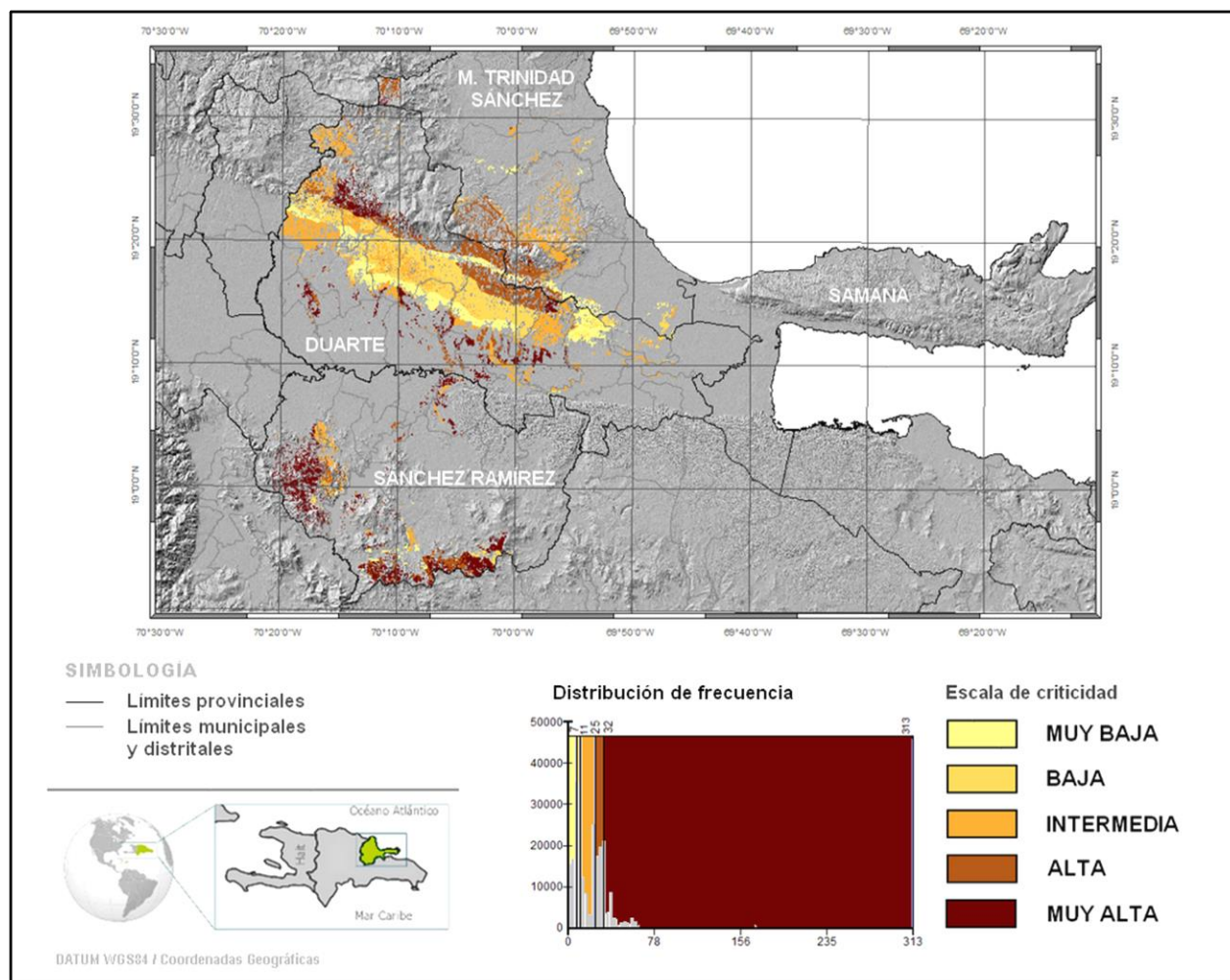


Figura 57: Mapa del Índice de Vulnerabilidad para el SPA del cacao (Autores, 2019).

4.4.6 Impactos de la variabilidad climática observada

Al igual que los demás SPA, la caracterización fina y sistemática de los impactos de la variabilidad climática ya observados para el SPA cacao en el Noroeste está limitada por la ausencia de series estadísticas continuas y con niveles de desagregación suficientes (p. ej. por género, nivel socioeconómico, etc.).

Los datos presentados a continuación corresponden entonces a las observaciones puntuales realizadas en el caso de ocurrencias de eventos extremos que afectaron la producción cacaotera en el Nordeste.

- En 2003, lluvias intensas produjeron inundaciones tanto en la cuenca del río Yaque del Norte como en la cuenca del Río Yuna. Se estimaron los daños directos e indirectos en 42,6 millones de dólares, de los cuales el 73% se registró en el sector agropecuario.⁶⁴
- Entre 2011 y 2015, sequías intensas con un tiempo de retorno corto (1-2 años) afectaron más del 60% de la producción cacaotera del Nordeste.⁶⁵
- El frente frío de noviembre del 2016 y los huracanes Irma y María en septiembre 2017. generaron pérdidas de unos RD\$ 49,837.41 millones. De este total, las provincias de la región Nordeste María Trinidad Sánchez, Samaná y Duarte representaban el 7.9%, 5.2% y 3.1% respectivamente⁶⁶. Para el sector agropecuario, las pérdidas directas fueron de unos RD\$ 1,098.60 millones, de los cuales el 20% corresponden a la región Nordeste.

4.4.7 Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual

En términos relativos, dentro de la región Nordeste, las plantaciones de cacao que presentan los valores más altos de vulnerabilidad están ubicadas en tres áreas principales: dos correspondientes a las zonas montañosas de la Cordillera Septentrional y Los Haitises y una en la planicie del río Yuna (Figura 57).

La síntesis del análisis histórico y actual del cultivo en la región Nordeste permite destacar algunos elementos clave para la definición de líneas de acción que puedan incrementar la capacidad adaptativa y resiliencia del sistema productivo en la zona:

- Las plantaciones de cacao de la región están ubicadas en áreas que, por sus características climáticas, entran, en general, en los rangos considerados óptimos para el cultivo. Sin embargo, las fincas de la porción centro-occidental muestran una mayor exposición a déficit mensual de lluvia y podrían resultar más afectadas por variaciones en el régimen de precipitación que pudieran ocurrir en la zona. Además, es importante destacar la incidencia reciente de fenómenos de sequía intensa y prolongada que, asociados a episodios de El Niño, han expuesto la región nororiental del país a escasez significativa de lluvia. Por lo tanto, el déficit pluviométrico es uno de los factores a tomar en cuenta a la hora de planificar acciones sostenibles para el sistema productivo.
- Otro aspecto relevante es que las plantaciones en las áreas montañosas de la Cordillera Septentrional y Los Haitises están establecidas en suelos generalmente de poco profundos a superficiales y, en general, en terrenos con pendiente más acentuada. Por lo tanto, es necesario prestar particular atención a desarrollar estrategias que reduzcan la erosión de suelo y permitan mantener a niveles adecuado el rendimiento de las fincas cacaoteras.

⁶⁴CEPAL. 2004. *República Dominicana: Evaluación de los daños ocasionados por las inundaciones en las cuencas Yaque del Norte y Yuna, 2003*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Distrito Federal. México. 82p.

⁶⁵MONDELEZ, PNUD, CONACADO y REDDOM. 2018. *Plan de Resiliencia Climática productores de Cacao del Distrito de Hernando Alonzo, Municipio La Mata, Provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana*. Santo Domingo. República Dominicana.

⁶⁶MEPyD. 2014 *Pérdidas provocadas por los fenómenos Naturales entre noviembre 2016 y Septiembre 2017*. Ministerio de Economía Planificación y Desarrollo. Santo Domingo. República Dominicana. 15p.

⁶⁶CEPAL. 2004. *República Dominicana: Evaluación de los daños ocasionados por las inundaciones en las cuencas Yaque del Norte y Yuna, 2003*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Distrito Federal. México. 82p.

- Aunque la sensibilidad y capacidad adaptativa están a niveles menos críticos en comparación con otras regiones del país, sigue siendo una limitante significativa el bajo porcentaje de personas vinculadas al sector agrícola con formación académica, así como el de personas en edad productiva.

4.5 Análisis de la vulnerabilidad futura

Los cambios proyectados en esta región para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 son calculados a partir de la media de conjunto para la media anual y mensual, tanto de las temperatura máxima y mínima (evolución en °C) como de las precipitaciones (como porcentaje y milímetros de cambio), en tres Horizontes temporales: 2030, 2050 y 2070, respecto al período de referencia 1986-2005.

4.5.1 Variaciones anuales de la media de conjunto

Las variaciones anuales de la media de conjunto de 16 modelos GCM para las temperaturas máxima y mínima y las precipitaciones son presentadas en Figura 58. Se muestra un rango de incertidumbre para cada una de las tendencias (en azul para el escenario RCP 4.5 y en naranja para el RCP 8.5), mediante el cómputo de los percentiles 10° y 90° (colores azul claro y rosado claro respectivamente en la Figura 58).

Variabilidad inter-modelos – escenario climático RCP 4.5

Globalmente, las proyecciones relativas a las temperaturas medias máxima y mínima muestran un incremento en el tiempo en comparación con el período de referencia, presentando el mismo orden de magnitud sin importar el Horizonte considerado.

- Horizonte 2030: incremento de +0.7°C;
- Horizonte 2050: incremento de +1.1°C;
- Horizonte 2070: incremento de +1.4°C.

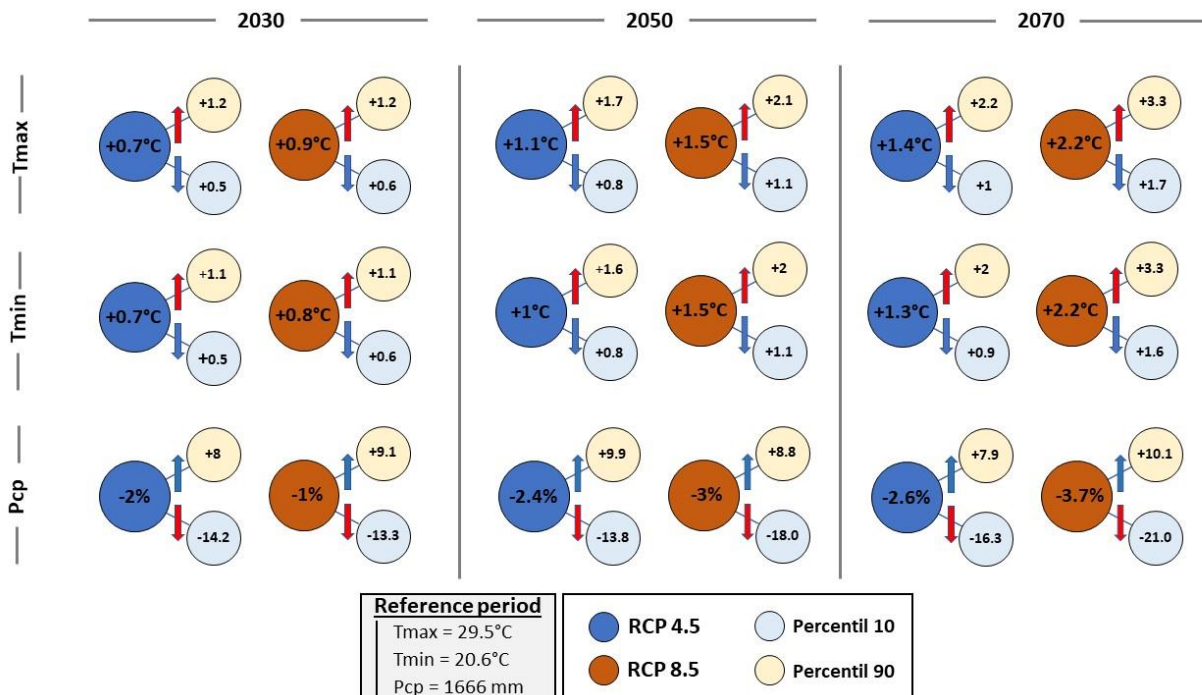


Figura 58: Cambios anuales promedio de temperaturas máximas (Tmax), mínimas (Tmin) y precipitación anual total (Pcp) en el Nordeste en 2030, 2050 y 2070.

Considerando el rango de incertidumbre, para los Horizontes del 2030 al 2070 se observan los siguientes cambios:

- Incremento de la temperatura entre +0.5 y +1°C para el 10° percentil;
- Incremento de la temperatura entre +1.2 y +2.2°C para el 90° percentil.

Se prevé una reducción entre -2% y -2.6% del acumulado promedio anual respecto al período de referencia, del 2030 al 2070. Este déficit podría alcanzar el -18% para el 10° percentil. Por otro lado, se observa un incremento entre el +8% y el +10% para el 90° percentil.

Variabilidad para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5

De manera parecida al escenario RCP 4.5, los incrementos de las temperaturas mínima y máxima previstos para el RCP 8.5 presentan el mismo orden de magnitud para todos los Horizontes temporales considerados. Comparando las tendencias de las temperaturas para ambos escenarios, se puede observar lo siguiente:

- Horizonte 2030: un incremento parecido de +0.9°C respecto al período de referencia;
- Horizonte 2050: un incremento mayor, de +0.4°C, en el peor de los escenarios;
- Horizonte 2070: un clima más cálido con un incremento superior a +0.8°C.

En el caso del RCP 8.5, el déficit de precipitación es más pronunciado, de alrededor de -1%, en 2050 y 2070 respecto al decremento de las precipitaciones para el RCP 4.5. El rango de los percentiles 10° y 90° es parecido al del RCP 4.5, excepto en 2050 y 2070, cuando el 90° percentil presenta una diferencia del 5% entre los dos escenarios.

4.5.2 Variaciones estacionales de la media de conjunto

Las Figura 14Figura 59 a Figura 62 muestran la variabilidad estacional de las anomalías de las temperaturas máxima y mínima y de las precipitaciones respecto al período de referencia, para los Horizontes 2030, 2050 y 2070, relativamente a los escenarios climáticos RCP 4.5 y RCP 8.5. Según lo especificado arriba, se proporciona el rango de incertidumbre para las estimaciones de los percentiles 10° y 90°.

Temperatura

Para cada Horizonte y escenario, las anomalías de las temperaturas máxima (Figura 59) y mínima (Figura 60) son bastante próximas a la tendencia media anual para todos los meses.

Además, el rango de incertidumbre es regular durante todo el año, siendo la media de conjunto más próxima al 10° percentil. Sin embargo, una variación ligeramente mayor en el rango de incertidumbre puede ser observada en agosto y septiembre, donde las anomalías de las temperaturas mínima y máxima alcanzan +2.5 y casi 3.8°C en 2070 en el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente.

Precipitaciones

Globalmente, un decremento en las precipitaciones ocurre en los períodos junio-julio-agosto (JJA) y septiembre-octubre (SO) respecto al período de referencia, para todos los Horizontes y escenarios (Figura 61 y Figura 62):

- Horizonte 2030: los decrementos de la precipitación promedio son de alrededor del -4.5% en JJA para ambos escenarios y de cerca del -3.5% en SO para el RCP 4.5 y -0.6% para el RCP 8.5.
- Horizonte 2050: las anomalías de la media de conjunto de las precipitaciones alcanzan un mínimo en julio, siendo de alrededor de -8% y -10% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. Además, el decremento de las precipitaciones se coloca alrededor del -7% en JJA para ambos escenarios, mientras que se espera que sea peor para el RCP 8.5 en SO, con una reducción de cerca del -8% respecto al -5% estimado para el RCP 4.5.
- Horizonte 2070: los decrementos promedio en JJA son de alrededor del -7% y -9% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. La diferencia principal entre los dos escenarios depende de una reducción mayor en el mes de agosto, -13.5%, para el RCP 8.5 respecto al -6% para el RCP 4.5. Además, el déficit de precipitación es mayor en SO para un clima más cálido, con un -7% de decremento respecto al -5% para el RCP 4.5.

El 10° percentil muestra dos mínimos en los déficits estimados para todos los escenarios:

- El primero se presenta en junio para los Horizontes 2030 y 2050, moviéndose a julio para el Horizonte 2070;
- El segundo está previsto para octubre en todos los Horizontes, excepto que en 2070 para el RCP 8.5, donde se mueve al mes de septiembre.

Finalmente, se puede observar que el 90° percentil muestra un incremento de precipitaciones la mayor parte del tiempo, excepto en julio, donde alcanza el valor cero en ambos escenarios y todos los Horizontes. Esto significa que todos los modelos son coherentes en proyectar una reducción de las precipitaciones en el mes de julio.

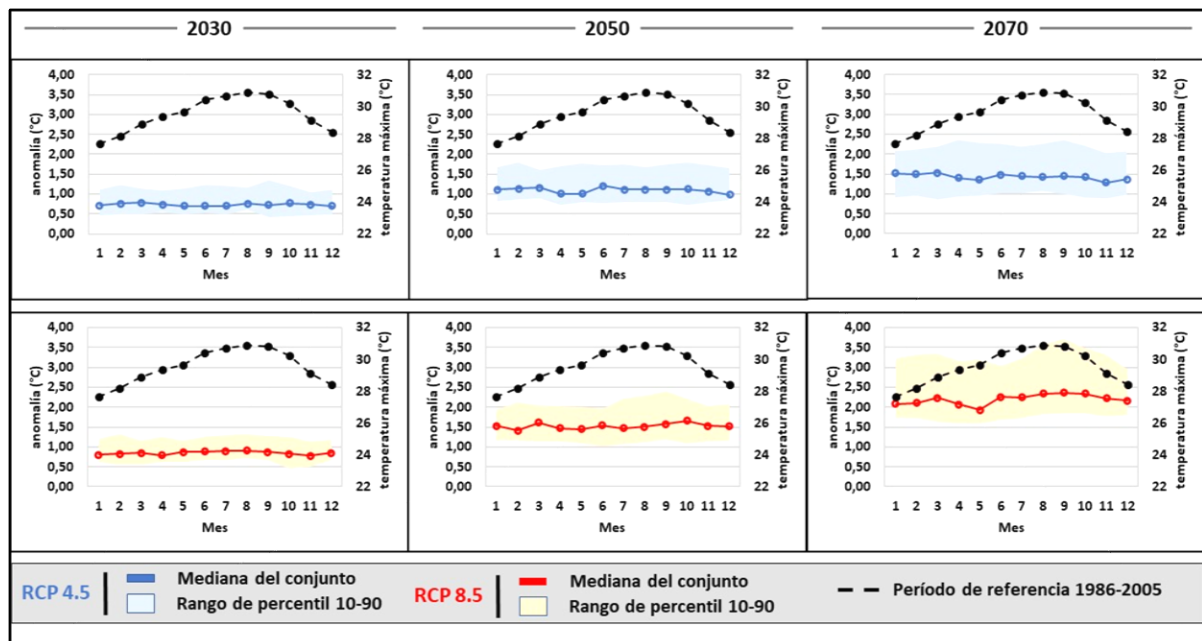


Figura 59: Variaciones mensuales promedio en las temperaturas máximas en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia en el Nordeste.

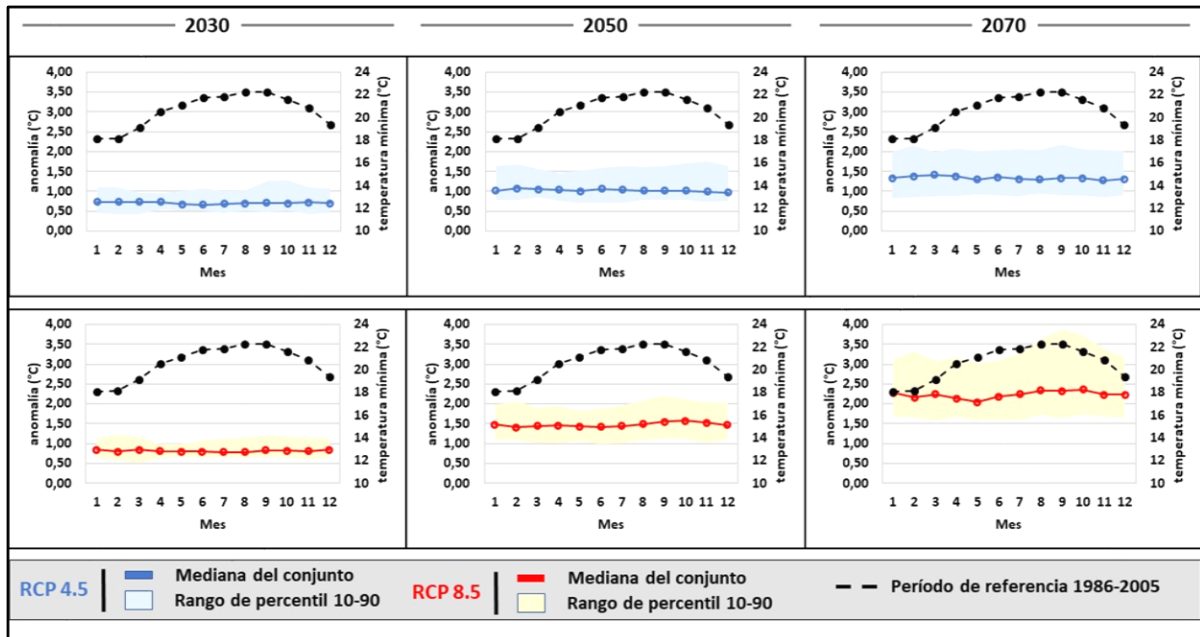


Figura 60: Variaciones mensuales promedio en las temperaturas mínimas en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia en el Nordeste.

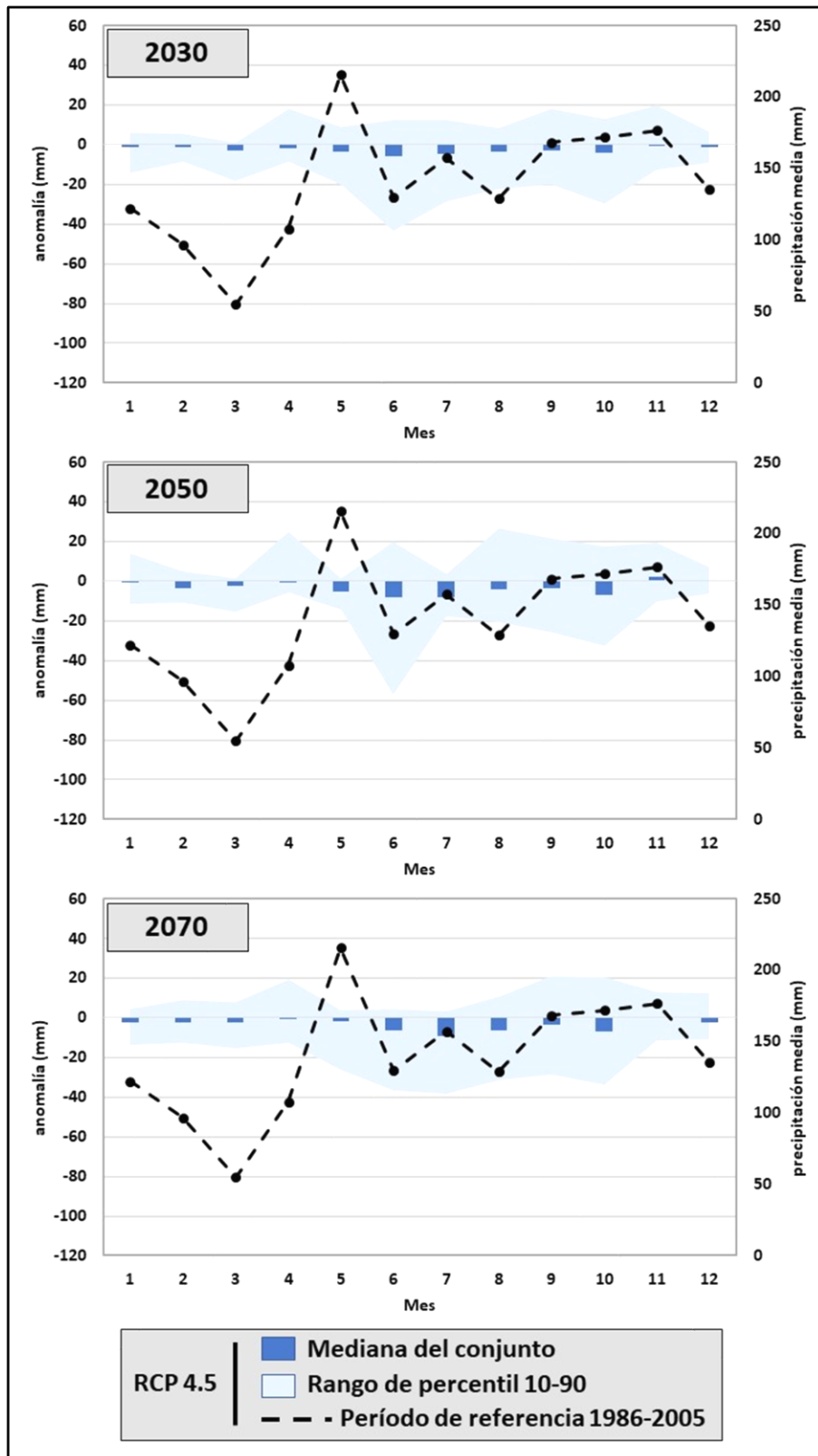


Figura 61: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 4.5 en el Nordeste.

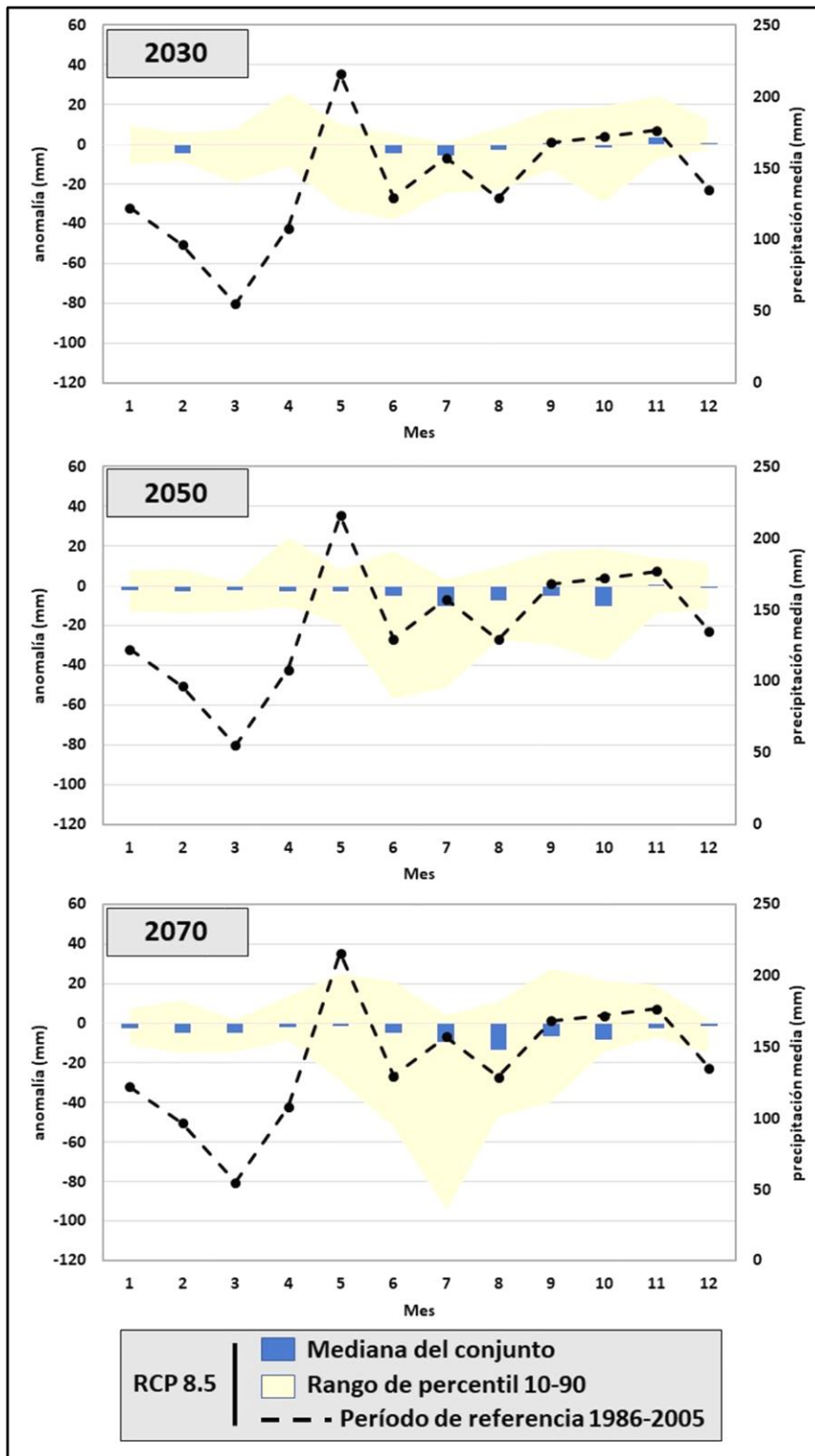


Figura 62: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 8.5 en el Nordeste

4.5.3 Conclusiones principales de las proyecciones climáticas

Las proyecciones realizadas revelan en el Nordeste, un padrón similar al resto del país, con condiciones climáticas más secas y cálidas y precipitaciones extremas más frecuentes, para todos los Horizontes temporales y escenarios considerados.

La intensidad de estos cambios incrementará con el tiempo, y de manera más rápida en el caso del escenario RCP 8.5 que corresponde hoy en día a la trayectoria de cambio climático más probable.

En términos de vulnerabilidad, la variabilidad climática proyectada sólo presenta informaciones sobre la evolución de los indicadores constitutivos del índice de exposición para el SPA considerado, los índices de sensibilidad y de capacidad adaptativa siendo constituidos por indicadores de índole socioeconómico.

Tomando en cuenta las características de vulnerabilidad actual del SPA Cacao, el elemento crítico en el futuro será constituido por la reducción de las precipitaciones, especialmente para aquellas fincas que ya al presente muestran por lo menos un mes deficitario respecto a las condiciones pluviométricas óptimas para el cultivo.

Considerando los impactos provocados por la ocurrencia de sequía extrema asociada al fenómeno de El Niño, en el futuro será fundamental buscar alternativas que permitan preservar la productividad cacaotera en la zona, con énfasis en aquellas áreas que ya al presente son comparativamente más vulnerables respecto a las demás.

Entre las alteraciones potencialmente más impactantes sobre el cacao pueden citarse las siguientes:

- Incremento de la temperatura. El cacao es sensible a las variaciones de temperatura, de manera que un aumento de dicha variable determinará una migración hacia altitudes mayores. A la vez, temperaturas más altas implicarán una mayor exposición a plagas y enfermedades típicas del cultivo.
- Alteración del patrón de lluvia. El cacao es altamente susceptible a la sequía, y la distribución de la lluvia durante el año influye sobre el patrón de cosecha y el ataque de plagas. La mazorca negra, por ejemplo, resulta ser más destructiva cuándo aparecen lluvias en el periodo seco.

Incremento de la intensidad de los ciclones. La ocurrencia de huracanes expone las fincas cacaoteras a daños significativos, habiéndose reportado en el pasado destrucciones totales de las plantaciones.

4.6 Síntesis: vulnerabilidad histórica, actual y futura del SPA Cacao en el Nordeste al cambio climático

El análisis de la vulnerabilidad del SPA cacao en el Nordeste revela una fuerte incidencia de los indicadores de exposición sobre la vulnerabilidad general del SPA. En efecto, a pesar de una falta relativa de personas con título académico y de agricultores jóvenes, se considera que el SPA cacao no presenta niveles críticos de sensibilidad y tiene una capacidad adaptativa relativamente buena – a comparación de los demás SPA estudiados.

En lo que respecta a la exposición, se puede destacar la incidencia importante de la textura y profundidad del suelo en las zonas más altas de la región, y del déficit de lluvia mensual y el riesgo de inundación en las zonas más bajas.

Asimismo, si bien el incremento de las temperaturas proyectado a futuro no debería de ser un factor limitante para el futuro del cultivo, la reducción e irregularidad de las precipitaciones, así como la frecuencia aumentada de episodios de lluvias intensas, pueden constituir elementos de preocupación.

Los principales impactos anticipados de la variabilidad climática sobre el SPA cacao en el Nordeste, desde el punto de vista del productor, están resumidos en el cuadro siguiente (Figura 63):

Riesgo climático	Impactos directos	Impactos indirectos	Posibles medidas de adaptación
Alza de temperaturas	Estrés hídrico, aborto de floración, reducción del desarrollo de los frutos. Incidencia aumentada de plagas y enfermedades, especialmente la mazorca negra (Phytophthora).	Incremento de costos, baja de los rendimientos	Desarrollo de variedades resistentes
Reducción en el cúmulo de lluvias			Manejo de sombra, sistema de drenaje/ de conservación de agua
Cambio en la periodicidad de lluvias		Afectación al cuajado de flores	
Incidencia de plagas y enfermedades	Destrucción parcial de la cosecha	Pérdida de cosecha o baja de rendimientos, incremento de costos fitosanitarios	Buenas prácticas culturales, fertilización adecuada y uso de variedades resistentes
Inundaciones	Destrucción de plantas por asfixia radicular, incremento de plagas y enfermedades		Implementación de sistemas de drenaje mejorados
Ventarrones	Daños directos o indirectos a las plantaciones (caída de árboles de sombra)	Pérdida de cosecha.	Manejo de sombra
Erosión hídrica y eólica	Pérdida de la capa vegetal del suelo	Baja de rendimientos e incremento de costos de producción (abono)	Barreras vivas y otras medidas anti erosivas
Salinización de suelos y pérdida de fertilidad	Desarrollo reducido de las plantas		Lavado de suelos, enmienda con abonos orgánicos y correctores de pH.

Figura 63: Síntesis de impactos de la variabilidad climática del SPA cacao en el Nordeste. Perspectiva del productor (Autores, 2020).

Aunado a lo anterior, se pueden destacar los siguientes puntos:

- Por lo general, todas las amenazas analizadas se traducen en una reducción de productividad y, en general, en una disminución de los ingresos asociados a la actividad cacaotlera. El productor resulta ser el más afectado, frente a todos los riesgos analizados. Sin embargo, a partir de esos impactos directos, toda la cadena de valor se ve afectada.
- Se destaca la importancia de la asistencia técnica, para hacer frente a muchas de las problemáticas, brindando apoyo de manera puntual y precisa. Significativa debería ser también la intervención estatal para la mejora de los marcos estructural y legal relevantes para la producción cacaotlera.
- Las carencias de inversión estatal en los centros técnicos y/o de investigación tienen repercusiones en términos de: calidad de las estructuras existentes, que frecuentemente se encuentran en mal estado;
- La asistencia técnica brindada a los productores en muchos casos es insuficiente y el nivel de aplicación de buenas prácticas en las fincas cacaotleras; así como las investigaciones científicas sobre el tema no son suficientes para responder a las exigencias del sector, especialmente en lo referente a la identificación de variedades más resilientes y/o resistentes.
- Se destaca la importancia de contar con recursos adicionales para enfrentar los escenarios climáticos futuros, siendo su disponibilidad una limitante significativa.
- Es importante garantizar un mayor margen de ganancia para el productor.
- Es fundamental salvaguardar la calidad de la producción cacaotlera, puesto que el cacao dominicano aprovecha casi exclusivamente el mercado orgánico, muy exigente en términos de estándares de calidad.
- Se subraya la importancia de fomentar investigaciones que permitan identificar variedades resistentes y/o resilientes. Esto incluye la mayor disponibilidad de fondos para la mejora de los centros de investigación existentes, los cuales presentan numerosos elementos de deterioro.
- Se considera relevante la posibilidad de desarrollar seguros basados en índices climáticos.

5. EL CAFÉ EN EL NORTE - CORDILLERA SEPTENTRIONAL

5.1 Rangos óptimos para el cultivo

En el presente capítulo se describen las condiciones óptimas y limitantes para el cultivo, definidas en base a estudios llevados a cabo para la región centroamericana y caribeña (ANACAFE, 1998⁶⁷; Monterroso et al., 2007⁶⁸; Jarvis et al., 2011⁶⁹; Monroig Inglés, 2012⁷⁰) y a informaciones proporcionadas por técnicos del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).

5.1.1 Características del cultivo

La región Norte (provincias Puerto Plata, Santiago, Espaillat, Hermanas Mirabal y Duarte) es una de las áreas históricas de producción cafetalera. En efecto, Solimán, en la provincia Puerto Plata, fue una zona líder en producción orgánica, así como Villa Trina, en la provincia Espaillat, fue el área donde se desarrolló la primera organización de pequeños productores que obtuvieron licencia de exportación. Sin embargo, la región ha experimentado, en los últimos 25 años, un progresivo decremento de la superficie sembrada, debido a dificultades ligadas al mercado y, especialmente, a los ataques de la roya (*Hemileia vastatrix*). El área cafetalera de la Cordillera Septentrional incluye también algunos territorios de las provincias Monte Cristi y Valverde.

El café (*Coffea spp.*), a pesar de las crisis que ha venido enfrentando en los últimos años, es un producto importante en la economía nacional y para la canasta familiar de las más de 28 mil familias que se dedican de manera directa a su producción. La planta es cultivada en las franjas tropical y subtropical hasta los 30° norte y sur. El fruto es consumido como infusión luego del tueste, después de un procesamiento caracterizado por numerosas etapas.

5.1.2 Topografía

Los cafetales suelen distinguirse en “bajos” (a menos de 500 msnm), “intermedio” (entre 500 y 900 msnm) y “alto” (a más de 900 msnm), siendo considerada óptima la franca altimétrica entre 900 y 1500 msnm. A mayor altitud suelen desarrollarse más acidez y aroma (mejor sabor y valor más alto): si los granos maduran lentamente por efecto de temperaturas frescas, se consigue un grano con mayor acidez, cuerpo y aroma, parámetros clave para la determinación de la calidad de un café. Sin embargo, en la República Dominicana, debido a sus condiciones microclimáticas muy peculiares, no necesariamente la altitud es sinónimo de calidad.

⁶⁷ ANACAFE. 1998. Manual práctico para el caficultor. Asociación Nacional del Café, Guatemala.

⁶⁸ Monterroso Rivas, A.I., Conde Álvarez, A.C., Gómez Díaz, J.D., López García, J. 2007. Vulnerabilidad y riesgo en agricultura por cambio climático en la Región Centro del Estado de Veracruz, México. Zonas Áridas, 11(1), 47-60.

⁶⁹ Jarvis, A., Ramírez, J., Zapata, E., Laderach, P. 2011. Cambio climático: modelos y métodos para la seguridad alimentaria. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia.

⁷⁰ Monroig Inglés, M.F. 2012. El cafeto y el cambio climático. Universidad de Puerto Rico, Servicio de Extensión Agrícola.

En términos de pendiente, no existe un rango óptimo. Sin embargo, los terrenos más llanos ofrecen mayores rendimientos debido a la mayor disponibilidad de nutrientes y materia orgánica. En terrenos con pendientes superiores al 5%, se recomienda un sistema de plantación por curvas de nivel, en tresbolillo, con la implementación de prácticas de conservación de suelos y aguas (barreras vivas y muertas, cajas de drenaje, terrazas, entre otras).

5.1.3 Suelo

El café prefiere terrenos profundos con buen drenaje, bien aireados, y ricos en materia orgánica, de textura franca, con poco contenido de arcilla. Los suelos derivados de ceniza volcánica están entre los mejores para este cultivo. En términos de pH, el café prefiere suelos ligeramente ácidos (pH entre 4.5 y 6).

5.1.4 Clima

Las variables meteorológicas, especialmente la lluvia y la temperatura, tienen una influencia significativa sobre el cultivo, condicionando su fisiología y desarrollo.

Respecto a la temperatura, el rango óptimo se coloca entre 17 y 24 (26)°C. Si la temperatura es inferior a 17°C, pueden ocurrir quemaduras en los brotes y una mayor incidencia de hongos, como el *Phoma*. Al otro extremo, si la temperatura es superior a los 26°C, las plantas experimentan deshidratación y reducción del proceso fotosintético y, a la vez, puede producirse una mayor incidencia de la roya. A temperaturas superiores se señala también una fructificación continuada, que se caracteriza por la presencia en una misma rama de frutos maduros o próximos a la madurez juntos a frutos verdes de tamaño mediano y/o pequeños y flores. Este fenómeno se acentúa cuando además de temperaturas altas caen lluvias esporádicas que conllevan a cosechas relativamente altas seguidas de otras muy escasas (alternancia). Algunos estudios señalan que por encima de los 24°C se acelera el crecimiento vegetativo, produciéndose una limitación tanto de la floración como del llenado de los frutos.

Con relación a las precipitaciones, diferentes estudios coinciden sobre el mínimo del rango óptimo, que se coloca entre los 1,000 y 1,200 mm de lluvia anuales. El déficit de agua en el suelo asociado a bajos niveles de precipitación, especialmente si se produce en coincidencia con la época de cosecha o llenado del fruto, provoca daños y pérdidas significativas.

Los límites superiores son variables, dependiendo de las condiciones específicas del sitio de la plantación, y se ubican entre 2,500 y 3,500 mm. Algunos estudios señalan que con precipitaciones superiores a los 3,000 mm se produce una mayor incidencia de enfermedades fúngicas. Por lo general, la sobresaturación del suelo asociada a precipitaciones abundantes y/o prolongadas limita el desarrollo del sistema radical, causando deficiencia nutricional en las plantas, así como alta incidencia de manchas de hierro en las hojas y frutos, desarrollo deficiente de brotes, defoliación, paloteo, baja producción y calidad de los frutos, hasta llegar a la muerte.

Respecto al viento, es difícil determinar un rango propiamente óptimo. Sin embargo, vientos fuertes y frecuentes provocan toda una serie de fenómenos que afectan a la plantación en diferentes grados y, por ende, a la producción. Entre las consecuencias negativas cabe destacar las siguientes: acción desecadora, que intensifica la transpiración; deshidratación de los tejidos y defoliación; caída de hojas, flores y/o frutos; ruptura de ramas y tallos; desarraigo.

Por lo que se refiere a la luminosidad, la planta de café debe, por lo general, contar con por lo menos 150 horas mensuales de luz. Sin embargo, este parámetro depende de la variedad cultivada. En la República Dominicana, los cafetales son generalmente bajo sombra. Las plantaciones cultivadas a pleno sol son normalmente más exigentes en términos de profundidad y drenaje de suelo, así como de nutrición.

A continuación, se presenta un cuadro de síntesis de los rangos óptimos y límite para el cultivo (Figura 64).

VARIABLE	RANGOS
Latitud	Óptimo: 30° norte ÷ 30° sur
Altitud	Óptimo: De 500 a 1500 msnm
Temperatura	Óptimo: Temperatura promedio anual entre 17 y 24°C Límite inferior para T promedio anual: 17°C Límite superior para T promedio anual: 37°C
Lluvia	Óptimo: 100 ÷ 180 mm mensuales Límite inferior: 1,200 mm anuales
Viento	Límite superior: 20 km/h
Suelo	Óptimo: Suelos con textura de franco-arenosa a franco-arcillosa. Profundidad superior a 1.2 m. Alto poder de retención de agua y buen drenaje.
Luminosidad	Óptimo: 1,000 ÷ 1,500 h/año

Figura 64: Rangos óptimos y límites para la producción de café (Autores, 2019).

5.2 Distribución actual

5.2.1 Latitud y topografía

En la región Norte, la superficie total ocupada por el cultivo del café asciende a unos 181 km², entre las latitudes 19°20' y 19°50' norte, con una típica alineación de noroeste a sureste (Figura 65).

Las fincas están ubicadas en un rango altitudinal entre 141 a 1249 msnm. En este respecto, la altura es un factor limitante para el cultivo, puesto que el óptimo altimétrico para el café se sitúa entre 500 y 1500 msnm. Las plantaciones altimétricamente más bajas están prevalentemente concentradas en la porción noroccidental de la región.

Cabe destacar algunas de las fincas más bajas aprovechan condiciones micro climáticas particulares. Específicamente, en su mayoría quedan ubicadas en la vertiente nororiental de la Cordillera Septentrional, en valles con orientación sureste-noroeste, siendo prevalentemente establecidas en las vertientes expuestas al norte. De esta manera, aprovechan las corrientes húmedas procedentes del Atlántico y, a la vez, mayores horas de sombra, lo que reduce la exposición a las altas temperaturas.

Los terrenos cultivados con café en la región presentan una pendiente entre 0 y 169%, siendo menos del 10% de ellos ubicados en pendientes inferiores al 5%. Por lo tanto, la pendiente es un factor que tomar en cuenta para fines de exposición, puesto que el cultivo está establecido en áreas que, en caso de manejo inapropiado, podrían estar sujetas a fenómenos de erosión de suelo y degradación de tierra.

Las condiciones de pendiente apenas descritas hacen, por otro lado, que las fincas cafetaleras de la región queden fuera de áreas potencialmente inundables, determinando que las inundaciones no constituyen un factor de exposición para el sector (Figura 66).

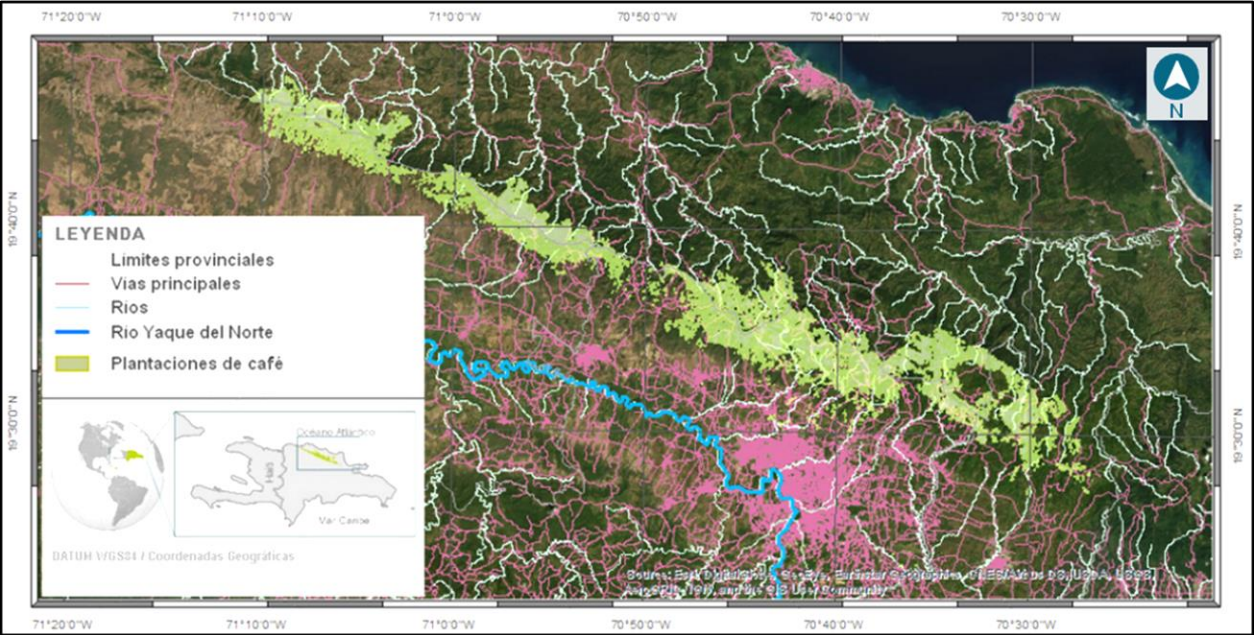


Figura 65: Ubicación de las áreas cultivadas con café en la región Norte (Autores, 2019).

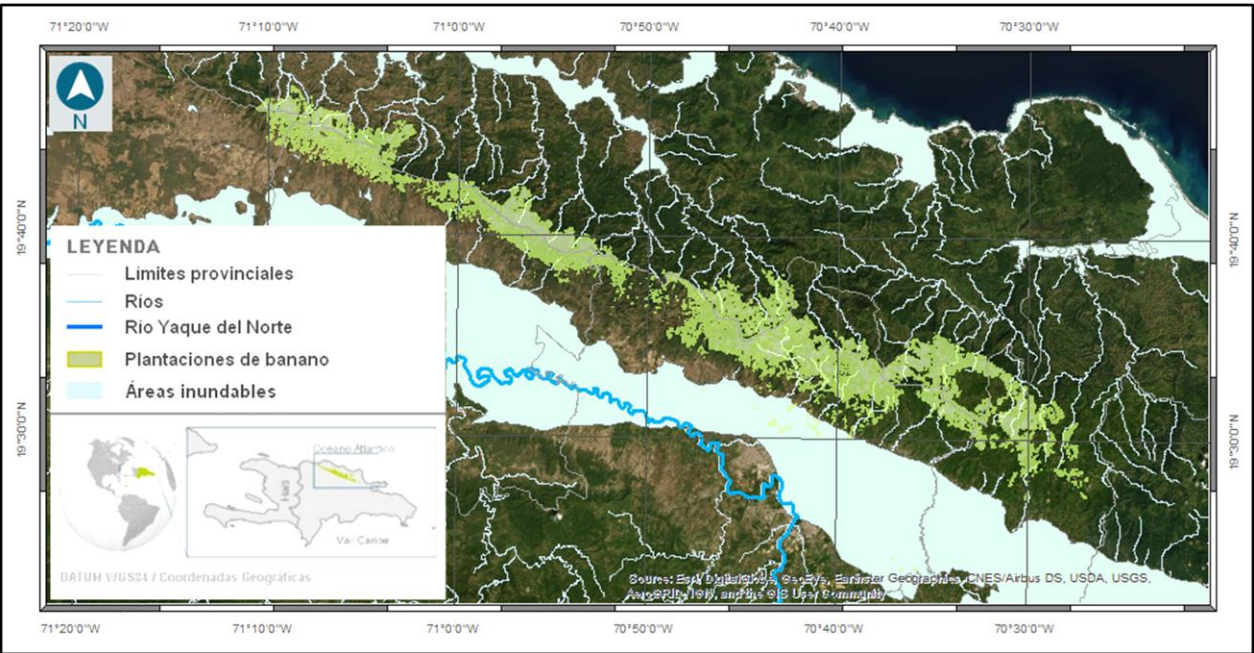


Figura 66: Mapa de las áreas potencialmente inundables en la región Norte (Autores, 2019).

5.2.2 Suelo

Las plantaciones de café de la región están establecidas prevalentemente en suelos que pertenecen a la asociación de “Terrenos Escabrosos de Montaña”, caliza y no caliza, alomada y con poca profundidad. En efecto, el 91.7% de las fincas cuenta con suelos superficiales, un 5.2% con suelos poco

profundos y el 2.8% con suelos de profundidad intermedia (entre 0.5 y 0.8 metros). Solamente el 0.3% de las plantaciones está establecido en suelos que pueden definirse profundos (Figura 67).

Por lo que se refiere a la textura, más del 90% de las plantaciones está establecido en suelos con drenaje limitado por la escasa profundidad. El restante 8.2% presenta drenaje de intermedio a alto (Figura 67).

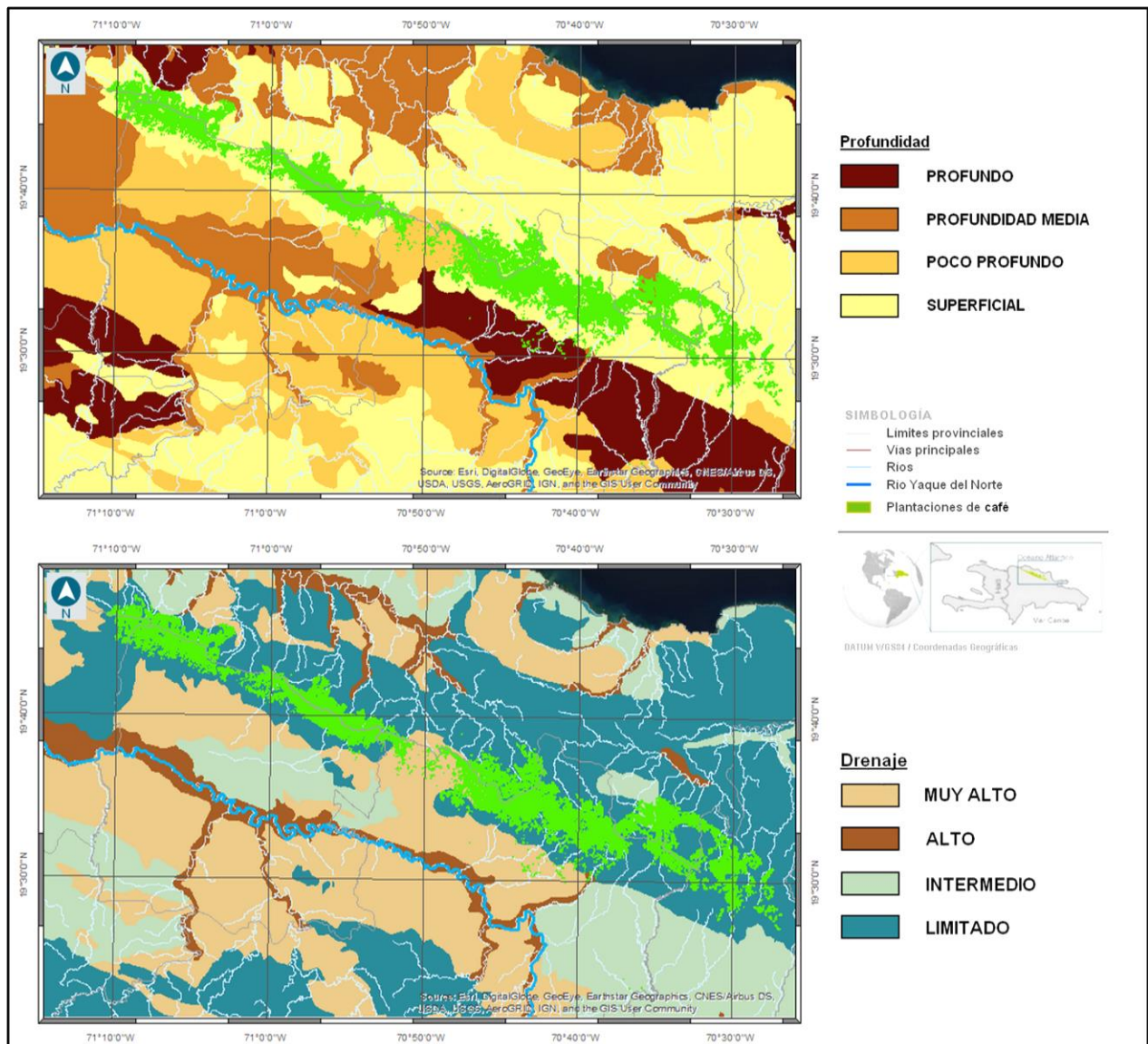


Figura 67: Mapa de profundidad (arriba) y drenaje (abajo) de suelos en la región Norte (Autores, 2019).

5.2.3 Clima

Las plantaciones de café de la región Norte quedan ubicadas en áreas que abarcan condiciones climáticas muy diversas, partiendo del muy húmedo en la porción suroriental de la Cordillera Septentrional hasta llegar al seco-subhúmedo de las zonas a noroeste (Figura 68).

Todas las fincas reciben un acumulado anual de precipitación superior a los 1,000 mm, por lo cual al estado actual la lluvia no constituye un factor limitante. Cabe destacar, de todas maneras, la

importancia de prestar atención a las plantaciones ubicadas en el extremo noroccidental de la región, las cuales se encuentran en un rango de precipitación entre 1,000 y 1,200 mm, próximo al límite inferior requerido (Figura 68).

Respecto a la temperatura, más del 91% de las fincas se encuentra dentro del rango óptimo (entre 17 y 24°C), siendo 19.3°C la temperatura promedio anual más baja registrada en la región ocupada por las plantaciones. El restante 8.9%, ubicado en la porción noroccidental, está expuesto a temperaturas promedio anuales ligeramente superiores a los 24°C (Figura 68), siendo el valor más alto 25.6°C.

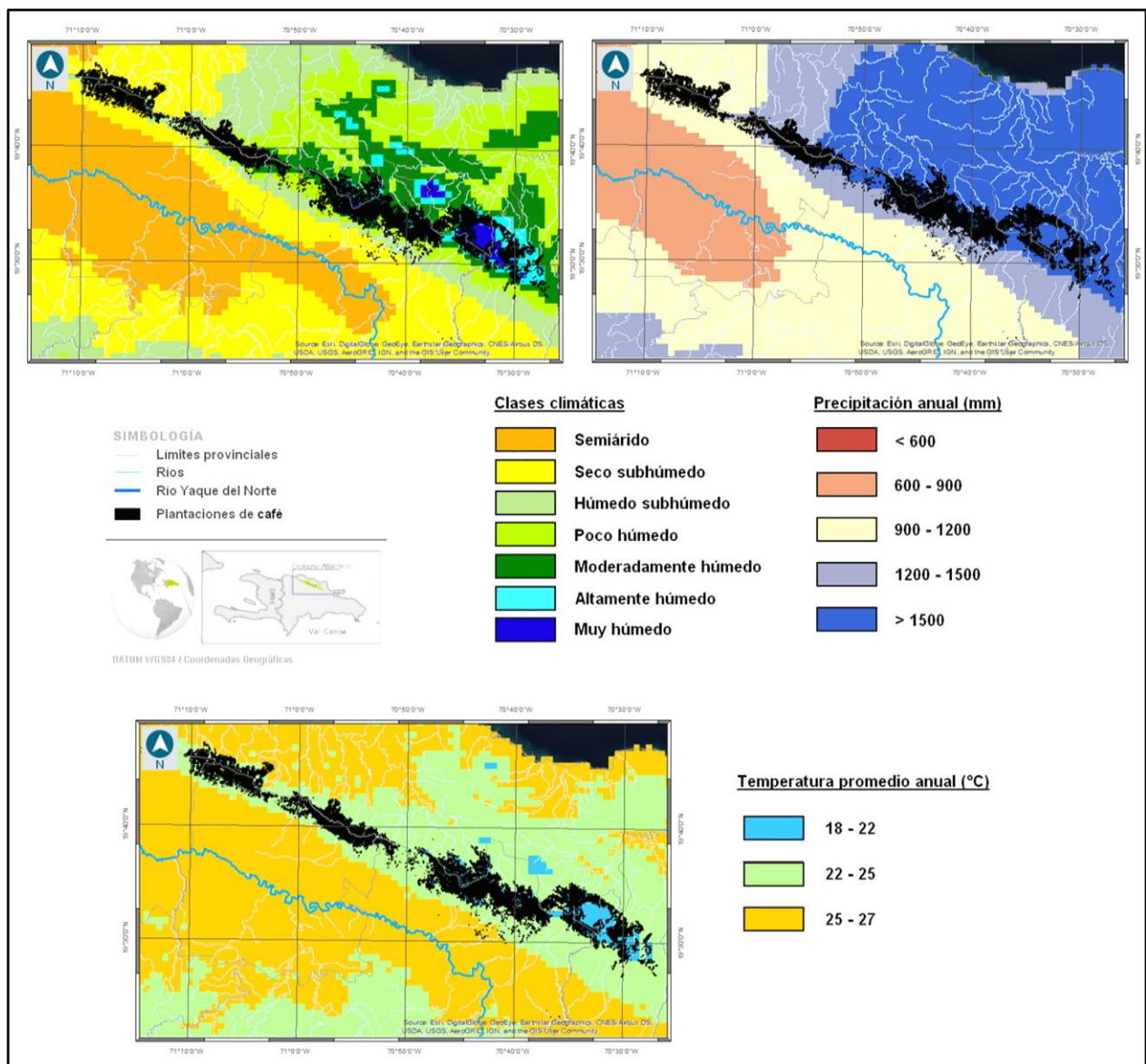


Figura 68: Mapas climático (superior izquierdo), de precipitación promedio anual (superior derecho) y temperatura promedio anual (inferior) de la región Norte (Autores, 2019).

5.2.4 Síntesis de la situación actual

Los resultados descritos arriba permiten destacar los siguientes elementos de vulnerabilidad:

1. Al estado actual el agua no constituye una limitante en la región para el cultivo del cacao. Sin embargo, las fincas ubicadas en el extremo noroccidental se encuentran cerca del límite

inferior del rango óptimo para las precipitaciones anuales, lo cual las hace más vulnerables a las variaciones interanuales de lluvia, así como a los efectos potenciales del cambio climático.

2. Esas mismas zonas están también expuestas a temperaturas en promedio más altas y están ubicadas a altitudes más bajas que otras áreas de la región, lo cual podría incrementar la probabilidad de que las fincas ahí ubicadas se encuentren fuera de las condiciones óptimas para el cultivo del cacao.

5.3 Características sociales, económicas y demográficas del sistema productivo

5.3.1 Características de producción

La producción de café en la región Norte es llevada a cabo prevalentemente por productores pequeños, que enfrentan retos ligados a baja calidad, altos costos de logística y baja capacidad de negociación. La pequeña propiedad, que en la zona en promedio alcanza las 25 tareas (1.6 hectáreas), limita los ingresos de los productores y reduce su capacidad de inversión. Estos factores contribuyen a que las fincas de la región se caractericen, en general, por bajos niveles de tecnificación.

Las plantaciones de la región son en su mayoría cultivadas sin uso de agroquímicos, aunque, por lo general, no cuentan con certificación de producción orgánica.

Las labores de las fincas cafetaleras dependen de manera significativa de mano de obra extranjera, prevalentemente haitiana.

5.3.2 Características socioeconómicas y sociodemográficas

La población de la región Norte supera el millón y medio de habitantes (ONE, 2010). Sin embargo, la mayoría de ella está concentrada en los valles, donde quedan ubicados núcleos urbanos de medianos a grandes, incluyendo la ciudad de Santiago de los Caballeros. En las zonas montañosas, donde se concentra la producción cafetalera, la densidad población es muy reducida. La migración hacia las ciudades ha venido incrementando en los últimos años, por efecto de la reducción de los ingresos de las familias de las zonas cafetaleras asociada a los bajos precios de mercado y, más recientemente, a la incidencia significativa de la roya.

En los distritos municipales que tienen incidencia en la región, el porcentaje de personas con nivel económico bajo o muy bajo alcanza el 50%, siendo más alta en las zonas rurales (ONE, 2010). En efecto, en la región, de manera coherente con la realidad descrita arriba, existe una diferencia significativa entre las áreas urbanas y las áreas rurales, que especialmente en la zona montañosa son típicamente deprimidas.

En la región, el 12.2% de la población tiene trabajo o empleo en el sector agrícola, siendo Hermanas Mirabal la provincia que alcanza el porcentaje más alto, con 18.0%, y Santiago la que presenta el porcentaje mínimo (5.0%) (ONE, 2010).

El porcentaje de población ligada al sector agrícola que cuenta solamente con estudios primarios o inferiores es, en general, más bajo que en otras regiones del país, colocándose al 38.0% (ONE, 2010). Sin embargo, también en este caso existen diferencias significativas entre las provincias y entre las

zonas rurales y las urbanas. El nivel académico en el sector es alcanzado solamente por el 2.0% de la población (ONE, 2010).

5.4 Análisis de vulnerabilidad histórica y actual

5.4.1 Variabilidad climática observada

Para la región norte, no se cuenta con series históricas de calidad apropiada para realizar un análisis de tendencia de largo período (Izzo et al., en fase de publicación). Los resultados obtenidos en los estudios actualmente disponibles (Pérez & Jury, 2013; Izzo et al., en fase de publicación) son acordes en prever un ligero incremento de las precipitaciones en la vertiente nororiental de la Cordillera Septentrional, expuesta a los vientos Alisios, y una reducción en la vertiente suroccidental, sotavento a la cadena montañosa.

Para las temperaturas, de manera coherente con todo el territorio nacional se han detectado incrementos significativos (Pérez & Jury, 2013; Izzo et al., en fase de publicación).

5.4.2 Exposición

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Exposición, y sus respectivos indicadores (Figura 69), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

Los resultados evidencian una exposición de baja a intermedia para el sector cafetalero de la región Norte. Según lo descrito anteriormente, al estado actual las plantaciones existentes se encuentran en su totalidad dentro de los rangos óptimos para el cultivo, aunque las fincas noroccidentales están más cerca del límite inferior. Baja resulta también la exposición a las inundaciones, mientras que los elementos más críticos están ligados a los suelos, que se caracterizan por baja profundidad y drenaje limitado (Figura 69).

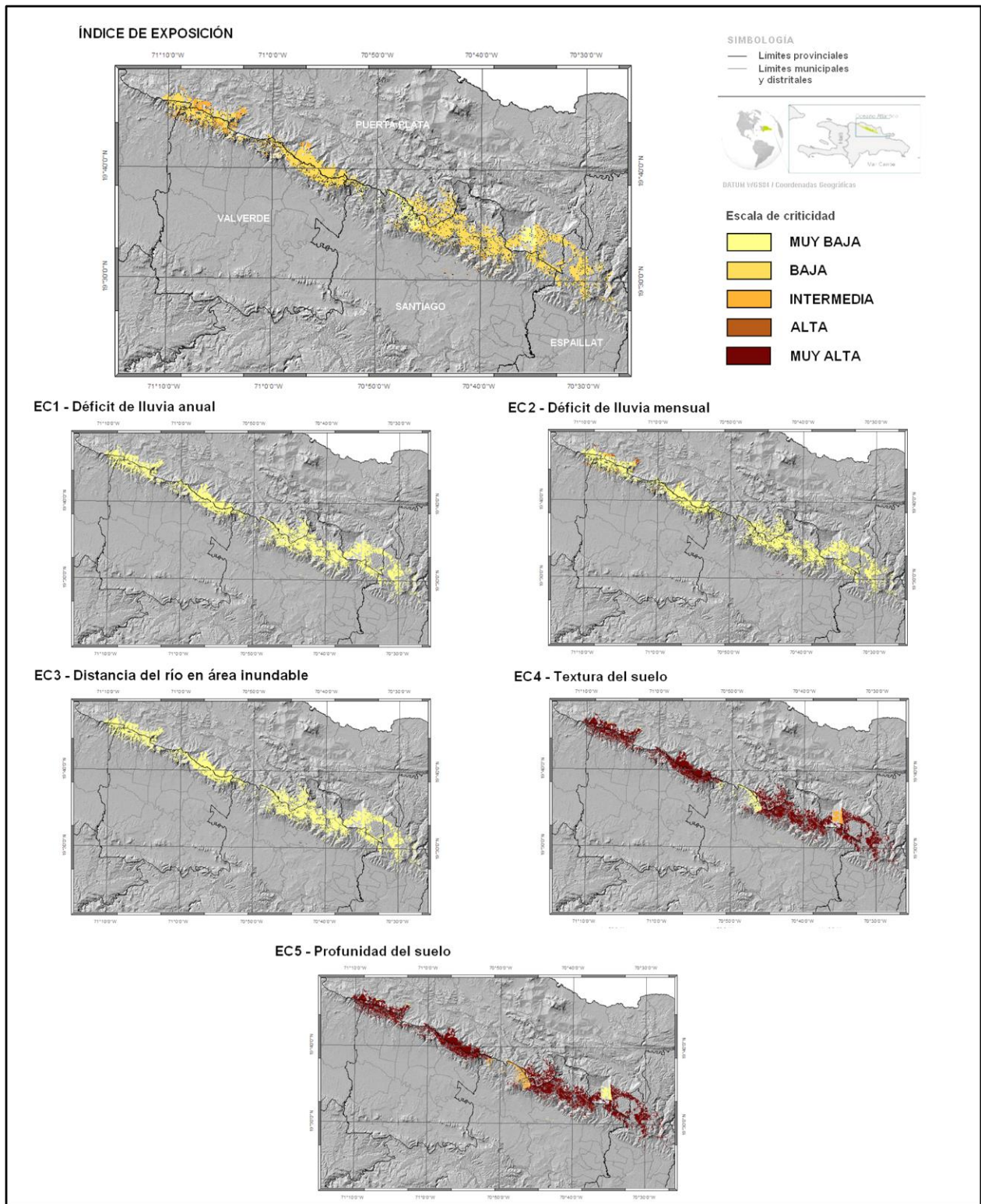


Figura 69: Mapa del Índice de Exposición y sus respectivos indicadores para el SPA del café (Autores, 2019).

5.4.3 Sensibilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores (Figura 70), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

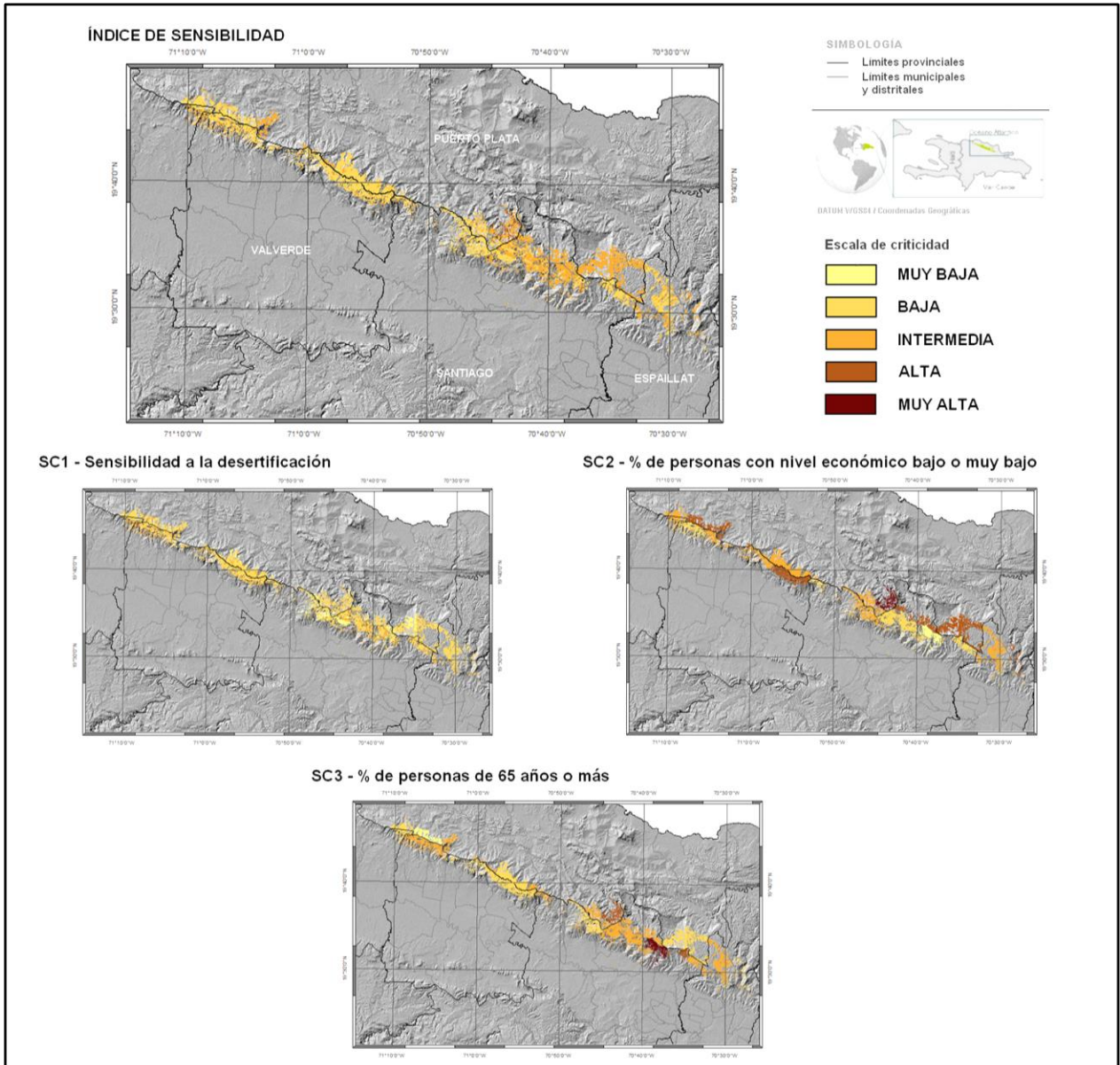


Figura 70: Mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores para el SPA del café (Autores, 2019).

El análisis muestra que la sensibilidad del café en la región está en un nivel de bajo a intermedio, siendo las áreas más críticas (sensibilidad intermedia), correspondientes a un 49.2% del total, ubicadas en el extremo oriental, donde es todavía significativo el porcentaje de personas vinculada al sector que cuentan con condiciones económicas bajas o muy bajas. Otro elemento de sensibilidad significativo para dichas áreas es también la edad promedio elevada de la población que se dedica a la agricultura (Figura 70).

5.4.4 Capacidad Adaptativa

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores (Figura 71), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

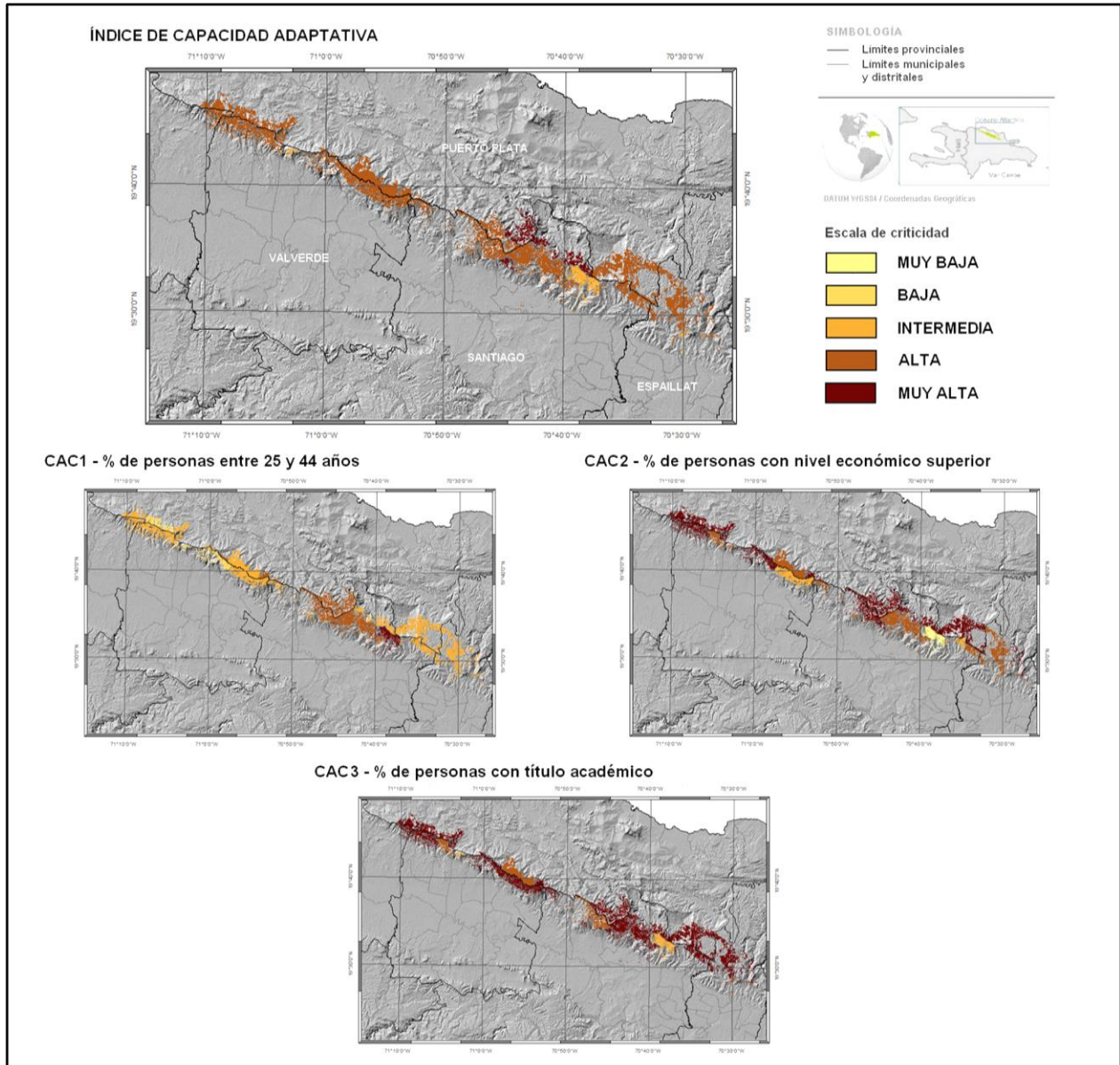


Figura 71: Mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores para el SPA del café (Autores, 2019).

El análisis revela que la capacidad adaptativa constituye la dimensión de vulnerabilidad realmente crítica, puesto que el 94.3% de las fincas presenta niveles de adaptación de bajo (85.1%) a muy bajo (9.2%). Los elementos más críticos resultan ser el porcentaje generalmente bajo de personas del sector con nivel económico alto y con título académico. A estos factores, en las zonas montañosas de la provincia Santiago se añade un porcentaje reducido de personas jóvenes que se dedican a la agricultura (Figura 71).

5.4.5 Índice de Vulnerabilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Vulnerabilidad, obtenido como combinación de los índices de las respectivas dimensiones de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (Figura 72).

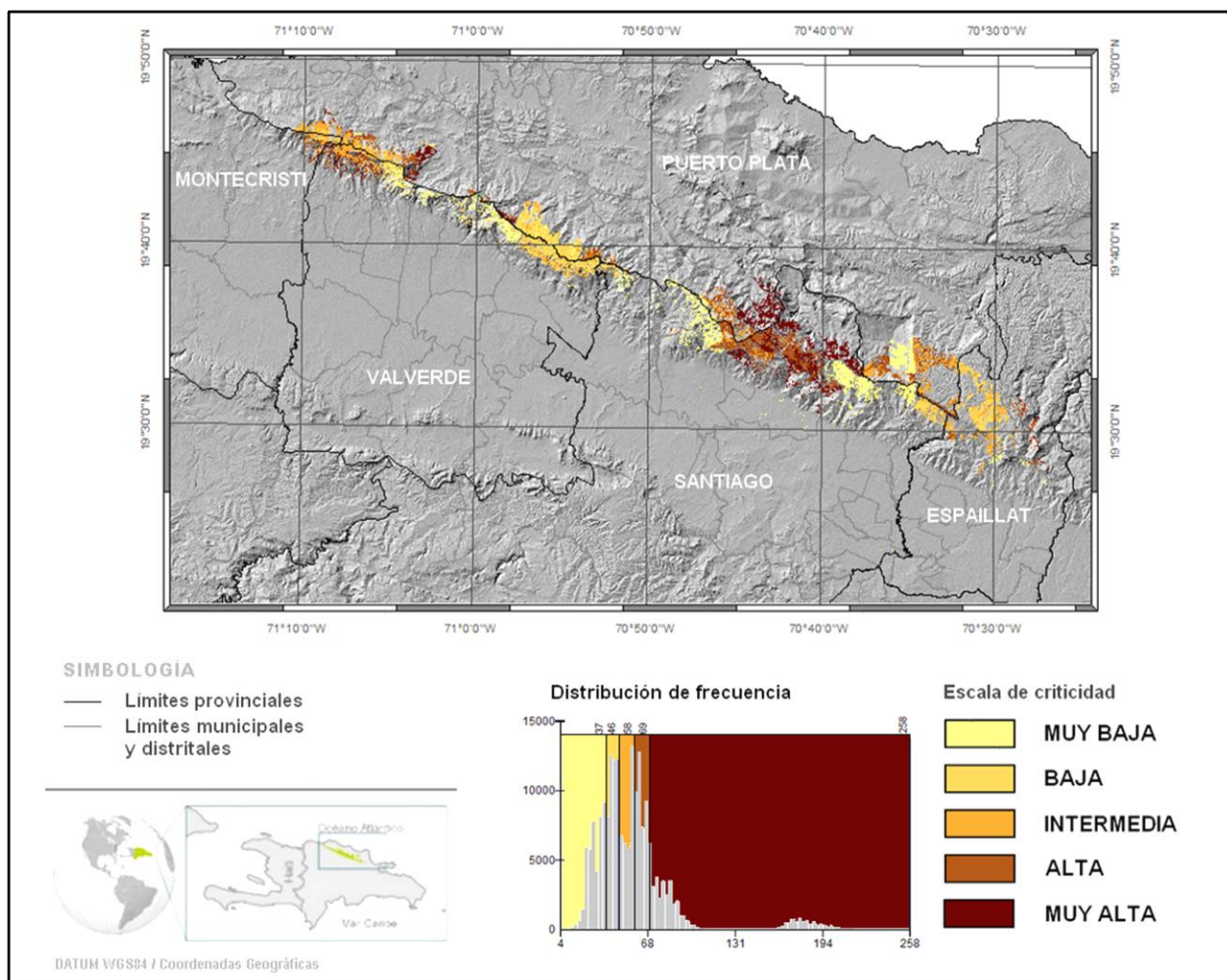


Figura 72: Mapa del Índice de Vulnerabilidad para el SPA del café (Autores, 2019).

5.4.6 Impactos de la variabilidad climática observada

Al igual que los demás SPA, la caracterización fina y sistemática de los impactos de la variabilidad climática ya observados para el SPA café en la Cordillera septentrional está limitada por la ausencia de series estadísticas continuas y con niveles de desagregación suficientes (p. ej. por género, nivel socioeconómico, etc.).

Los datos disponibles se encuentran entonces en la bibliografía, que permite tener una imagen más o menos precisa del tipo de impactos relacionados con la variabilidad climática que han sucedido en el pasado reciente.

Primero, cambios en los padrones de lluvia y alzas en las temperaturas nocturnas pueden modificar la de incidencia de enfermedades: asimismo, se considera que la epidemia de roya fue vinculada a estos

factores y causó una baja de 50% de la producción cafetalera entre la temporada 2010/2011 y la temporada 2015/2016⁷¹.

La crisis resultó en el empobrecimiento y endeudamiento de los pequeños productores cafetaleros, y afectó seriamente las exportaciones de café.

El fenómeno El Niño también provocó una sequía severa durante la primera temporada de lluvias 2015 (abril-mayo a agosto). Este fenómeno afectó a los cafetales de la región.

De acuerdo con los análisis realizados en base a los diferentes escenarios climáticos, se prevé que el café localizado en altitudes bajas estaría más susceptible a condiciones climáticas adversas. En el escenario RCP 8.5 las estimaciones del impacto del cambio climático sobre los rendimientos del café en la República Dominicana indican que la disminución de los rendimientos sería de alrededor 18% al corte de 2050 y alrededor de 36% hacia 2070 con especial atención a las provincias productoras de café que forman administrativamente esta región de la cordillera Septentrional⁷².

5.4.7 Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual

En términos relativos, dentro de la región Norte, las plantaciones de café que presentan los valores más altos de vulnerabilidad están ubicadas en la porción centro-oriental, en la zona montañosa entre las provincias Santiago y Puerto Plata, y en algunas áreas del extremo noroccidental (Figura 72).

La síntesis del análisis histórico y actual del cultivo en la región Norte permite destacar algunos elementos clave para la definición de líneas de acción que puedan incrementar la capacidad adaptativa y resiliencia del sistema productivo en la zona:

- Las plantaciones de café de la región están ubicadas en áreas que por sus características climáticas entran en los rangos pluviométricos considerados óptimos para el cultivo. Sin embargo, las fincas de la porción noroccidental presentan valores normales de acumulados anuales de lluvia que se acercan al límite inferior, estando de esta manera más expuestas que otras a variaciones en el régimen de precipitación que pudieran ocurrir en la zona. Además, es importante destacar la incidencia reciente de fenómenos de sequía intensa y prolongada que, asociados a episodios de El Niño, han expuesto la región septentrional del país a escasez significativa de lluvia. Por lo tanto, el déficit pluviométrico es uno de los factores a tomar en cuenta a la hora de planificar acciones sostenibles para el sistema productivo.
- Otro aspecto relevante es que las plantaciones de la región están establecidas en áreas con pendiente elevada, las cuales se caracterizan por suelos superficiales, que limitan el drenaje y están expuestos a erosión acelerada.

El porcentaje bajo de personas vinculadas al sector con nivel económico alto y/o título académico constituye otro elemento de preocupación, puesto que limita la posibilidad de contar con recursos

⁷¹IICA.2019. *Implementación de un sistema de alerta temprana para café en república dominicana en el marco del PROCAGICA-RD*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Santo Domingo. República Dominicana.

⁷²CEPAL, INDOCAFE y CNCCMDL. 2018. *Café y cambio climático en la República Dominicana. Impactos potenciales y opciones de respuesta*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Ciudad de México. 208p.

para la inversión y profesionales calificados que puedan desarrollar e implementar soluciones innovadoras dirigidas a la adaptación y resiliencia del sistema productivo.

5.5 Análisis de la vulnerabilidad futura

Los cambios proyectados en esta región para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 son calculados a partir de la media de conjunto para la media anual y mensual, tanto de las temperatura máxima y mínima (evolución en °C) como de las precipitaciones (como porcentaje y milímetros de cambio), en tres Horizontes temporales: 2030, 2050 y 2070, respecto al período de referencia 1986-2005.

5.5.1 Variaciones anuales de la media de conjunto

Las variaciones anuales de la media de conjunto de 16 modelos GCM para las temperaturas máxima y mínima y las precipitaciones son presentadas en Figura 73. Se muestra un rango de incertidumbre para cada una de las tendencias (en azul para el escenario RCP 4.5 y en naranja para el RCP 8.5), mediante el cómputo de los percentiles 10° y 90° (colores azul claro y rosado claro respectivamente en la Figura 73).

Variabilidad inter-modelos – escenario climático RCP 4.5

Globalmente, las proyecciones relativas a las temperaturas medias máxima y mínima muestran un incremento en el tiempo en comparación con el período de referencia, presentando el mismo orden de magnitud sin importar el Horizonte considerado.

- Horizonte 2030: incremento de +0.8°C;
- Horizonte 2050: incremento de +1.1°C;
- Horizonte 2070: incremento de +1.5°C.

Considerando el rango de incertidumbre, para los Horizontes del 2030 al 2070 se observan los siguientes cambios:

- Incremento de la temperatura entre +0.5 y +1°C para el 10° percentil;
- Incremento de la temperatura entre +1.24 y +2.3°C para el 90° percentil.

Se prevé una reducción entre -2.2% y -2.7% del acumulado promedio anual respecto al período de referencia, del 2030 al 2070. Este déficit podría alcanzar el -20% para el 10° percentil. Por otro lado, se observa un incremento del +8% al +10% para el 90° percentil en todos los Horizontes considerados.

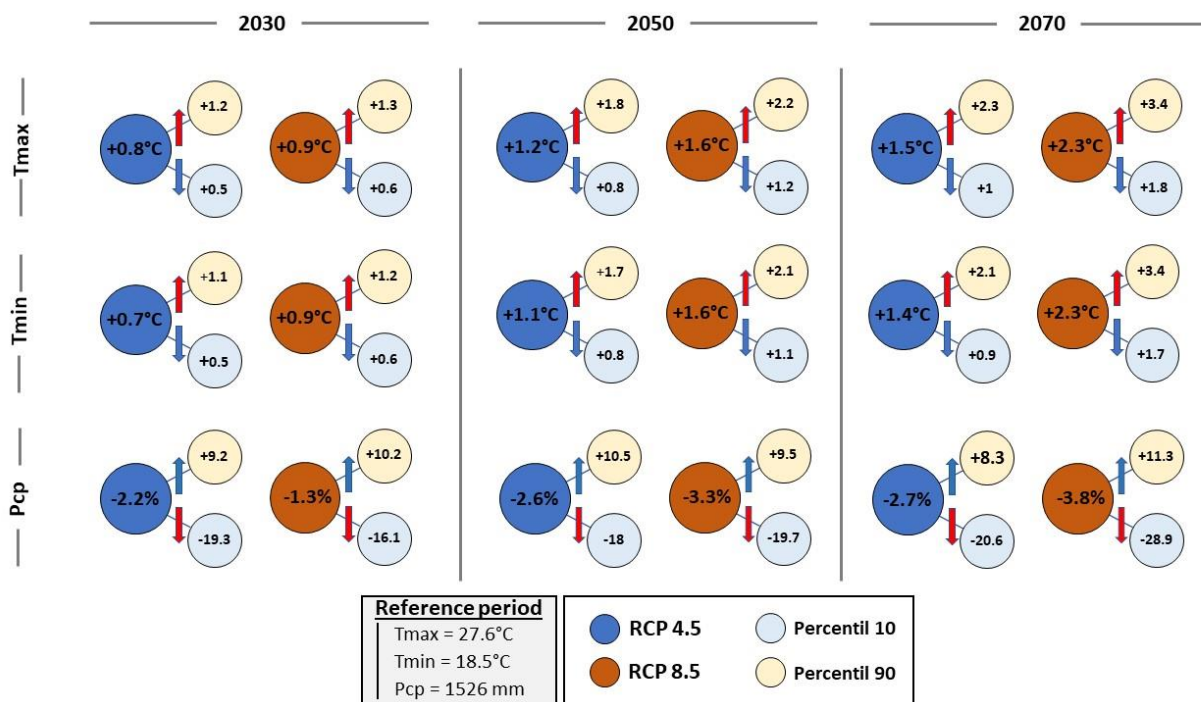


Figura 73: Cambios anuales promedio de temperaturas máximas (Tmax), mínimas (Tmin) y precipitación anual total (Pcp) en la Cordillera septentrional en 2030, 2050 y 2070.

Variabilidad para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5

De manera parecida al escenario RCP 4.5, los incrementos de las temperaturas mínima y máxima previstos para el RCP 8.5 presentan el mismo orden de magnitud para todos los Horizontes temporales considerados. Comparando las tendencias de las temperaturas para ambos escenarios, se puede observar lo siguiente:

- **Horizonte 2030:** un incremento parecido de +0.9°C respecto al período de referencia;
- **Horizonte 2050:** un incremento mayor, de +0.45°C, en el peor de los escenarios;
- **Horizonte 2070:** un clima más cálido con un incremento superior a +0.8°C.

En el caso del RCP 8.5, el déficit de precipitación es más pronunciado, de alrededor de -1%, en 2050 y 2070 respecto al decremento de las precipitaciones para el RCP 4.5. El rango de los percentiles 10° y 90° es parecido al del RCP 4.5, excepto en 2070, cuando el déficit alcanza el -29% respecto al -21%.

5.5.2 Variaciones estacionales de la media de conjunto

Las Figura 74 a Figura 77 muestran la variabilidad estacional de las anomalías de las temperaturas máxima y mínima y de las precipitaciones respecto al período de referencia, para los Horizontes 2030, 2050 y 2070, relativamente a los escenarios climáticos RCP 4.5 y RCP 8.5. Según lo especificado arriba, se proporciona el rango de incertidumbre para las estimaciones de los percentiles 10° y 90°.

Temperatura

Para cada Horizonte y escenario, las anomalías de las temperaturas máxima (Figura 74) y mínima (Figura 75) son bastante próximas a la tendencia media anual para todos los meses.

Además, el rango de incertidumbre es regular durante todo el año, siendo la media de conjunto más próxima al 10° percentil. Sin embargo, una variación ligeramente mayor en el rango de incertidumbre

puede ser observada en agosto y septiembre, donde las anomalías de las temperaturas mínima y máxima alcanzan +2.5 y casi 4°C en 2070 para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente.

Precipitaciones

Globalmente, un decremento en las precipitaciones ocurre en los períodos junio-julio-agosto (JJA) y septiembre-octubre (SO) respecto al período de referencia, para todos los Horizontes y escenarios (Figura 76 y Figura 77):

- Horizonte 2030: los decrementos de la precipitación promedio son de alrededor del -4.5% en JJA para ambos escenarios y de cerca del -4% en SO para el RCP 4.5 y -1% para el RCP 8.5.
- Horizonte 2050: las anomalías de la media de conjunto de las precipitaciones alcanzan un mínimo en julio, siendo de alrededor de -8% y -11% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. Además, el decremento de las precipitaciones se coloca entre -7% y -7.5% en JJA para ambos escenarios, mientras que se espera que sea peor para el RCP 8.5 en SO, con una reducción de cerca del -8% respecto al -4.5% estimado para el RCP 4.5.
- Horizonte 2070: los decrementos promedio en JJA son de alrededor del -7.5% y -9.5% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. La diferencia principal entre los dos escenarios depende de una reducción mayor en el mes de agosto, -14.5%, para el RCP 8.5 respecto al -6.7% para el RCP 4.5. Además, el déficit de precipitación es mayor en el período SO en un clima más caliente, alcanzando un -7.2% respecto a un -5.5% para el RCP 4.5.

El 10° percentil muestra dos mínimos en los déficits estimados para todos los escenarios:

- El primero se presenta en junio para los Horizontes 2030 y 2050, moviéndose a julio para el Horizonte 2070;
- El segundo está previsto para octubre en todos los Horizontes.

Finalmente, se puede observar que el 90° percentil muestra un incremento de precipitaciones la mayor parte del tiempo, excepto en julio, donde alcanza el valor cero en ambos escenarios y todos los Horizontes. Esto significa que todos los modelos son coherentes en proyectar una reducción de las precipitaciones en el mes de julio.

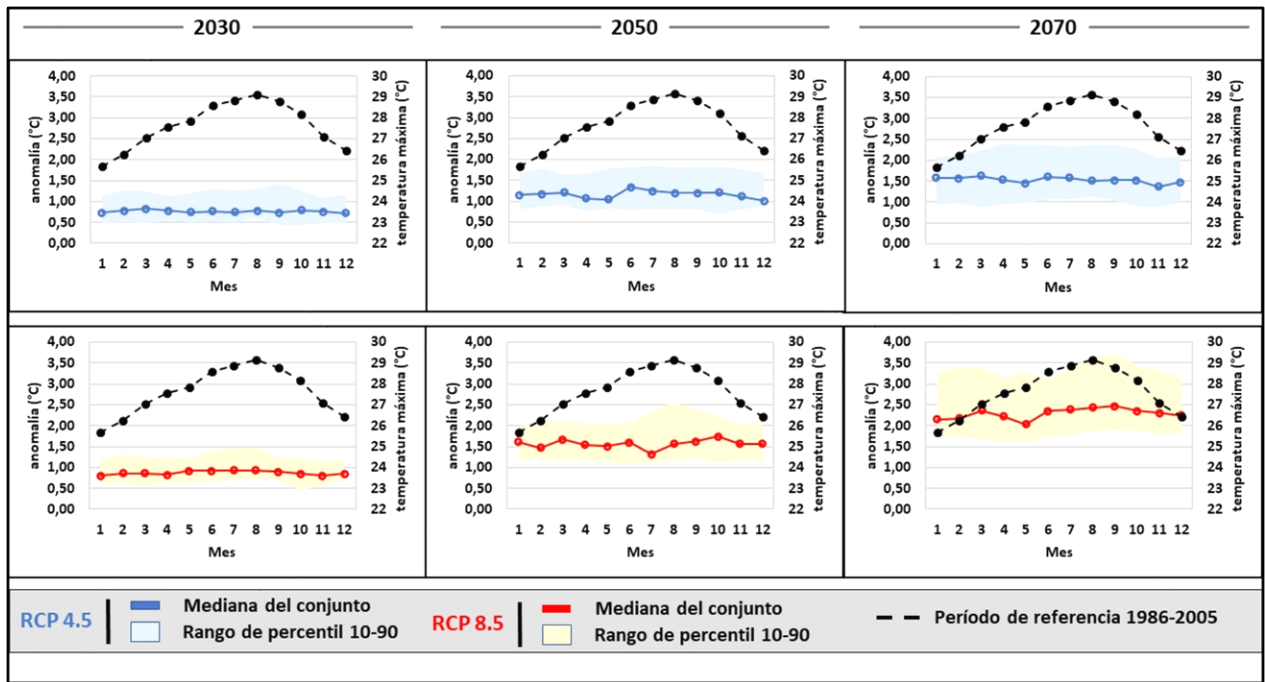


Figura 74: Variaciones mensuales promedio en las temperaturas máximas en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia en la Cordillera septentrional.

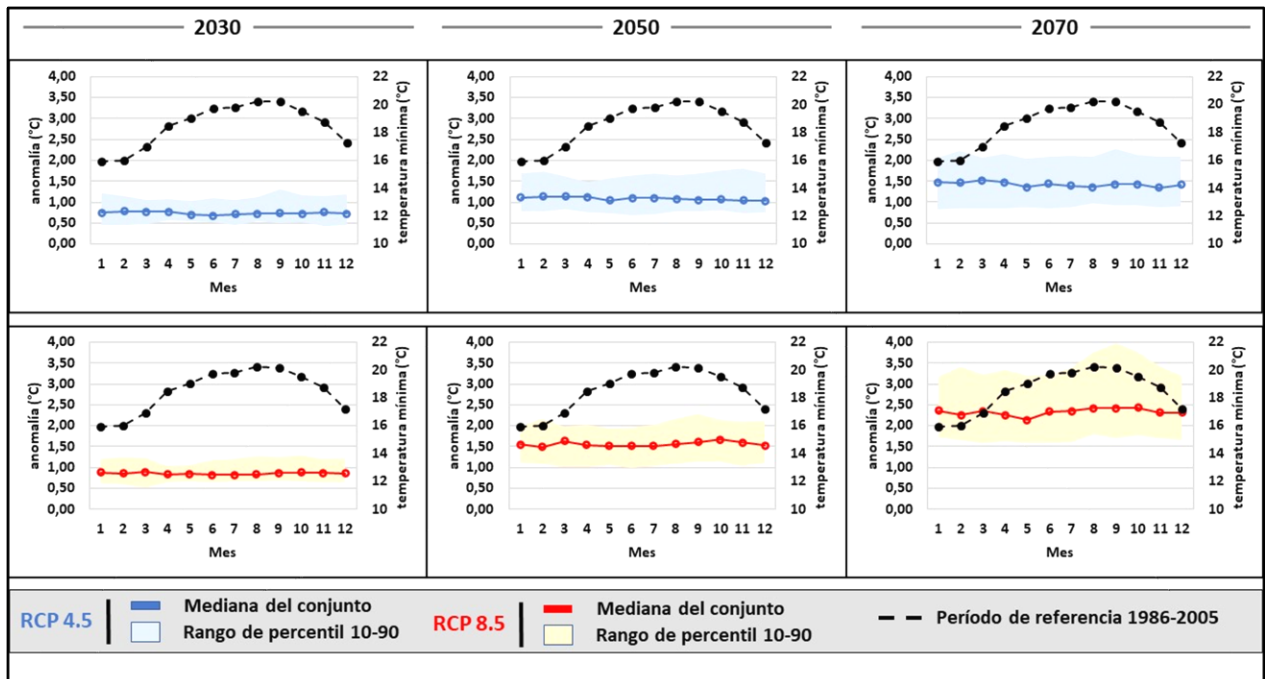


Figura 75: Variaciones mensuales promedio en las temperaturas mínimas en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia en la Cordillera septentrional.

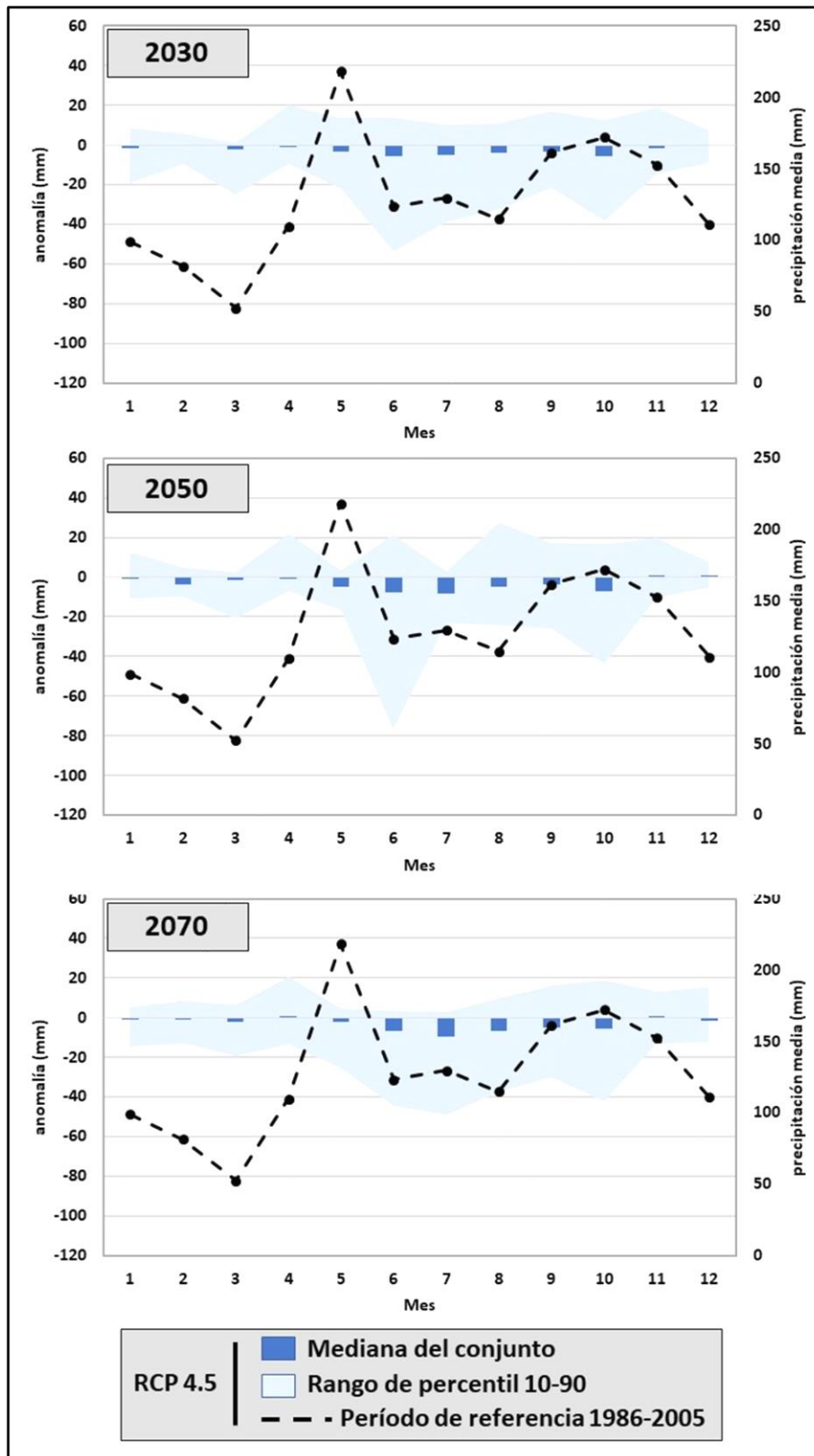


Figura 76: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 4.5 en la Cordillera septentrional.

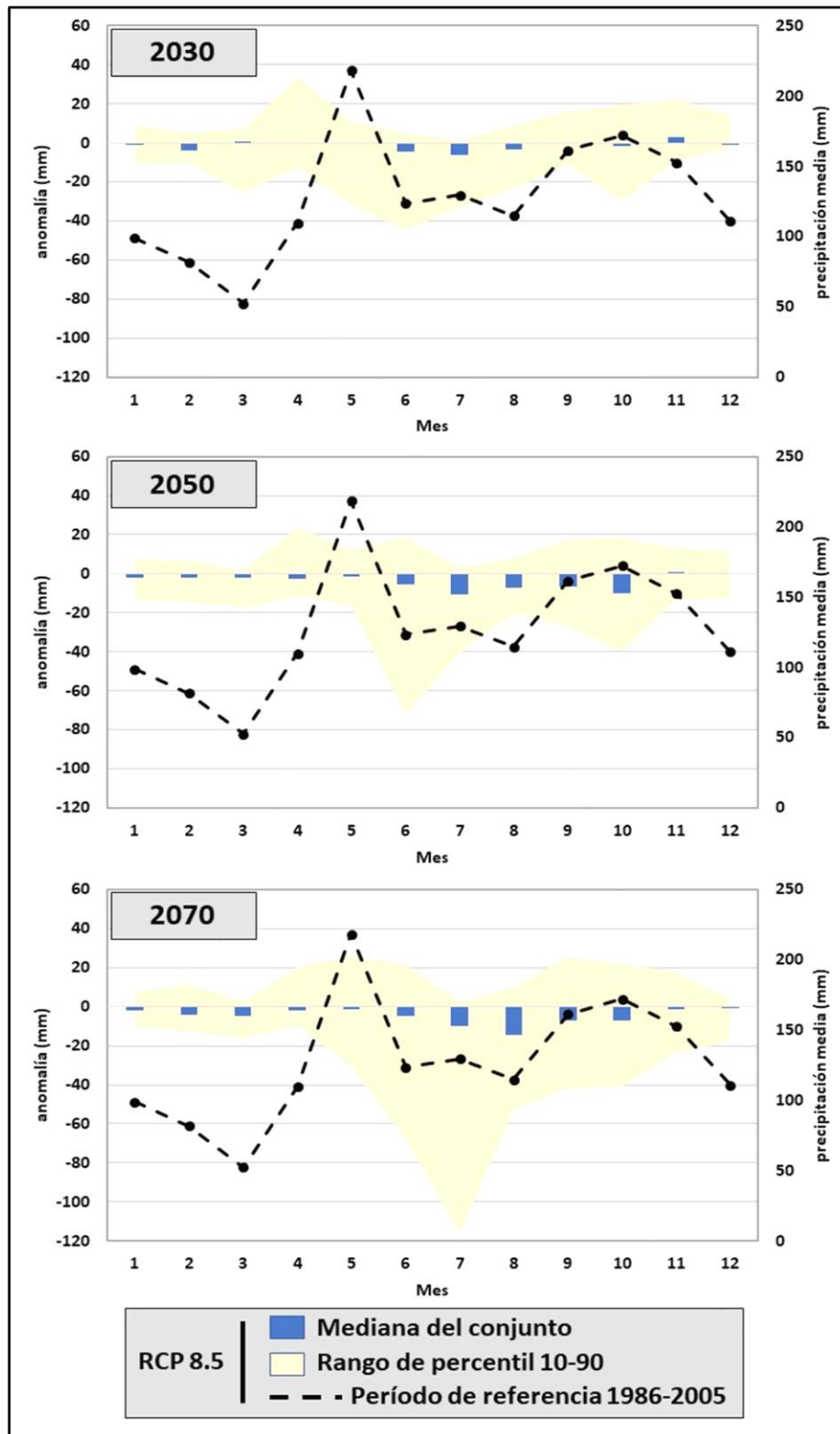


Figura 77: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 8.5 en la Cordillera septentrional.

5.5.3 Conclusiones principales de las proyecciones climáticas

Los resultados de las simulaciones realizadas evidencian que en el futuro la región estará expuesta a condiciones climáticas generalmente más secas y cálidas, así como a precipitaciones extremas más frecuentes.

A partir de estos resultados, para todos los Horizontes temporales, se prevé un incremento de la vulnerabilidad de las plantaciones de café de la región norte. Dicho aumento está asociado, por un lado, a precipitaciones reducidas y temperaturas generalmente más altas y, por el otro, al incremento de precipitaciones extremas.

Las condiciones más críticas deberán esperarse para las fincas ubicadas en la porción noroccidental de la región, donde ya se observan niveles elevados de exposición, asociados a precipitaciones inferiores al óptimo y temperaturas generalmente más altas.

Por otro lado, el incremento de eventos extremos de precipitación afectará especialmente aquellas plantaciones ubicadas en terrenos con pendientes elevadas, incrementando los niveles de erosión y pérdida de suelo.

5.6 Síntesis: vulnerabilidad histórica, actual y futura del SPA Café en la Cordillera septentrional al CC

A comparación de los demás sistemas productivos, el café en la Cordillera septentrional presenta niveles de exposición y sensibilidad relativamente controlados, con la excepción notable de los indicadores relativos a la textura y profundidad del suelo. Estos niveles altos son fácilmente entendibles, puesto que el café está cultivado en zonas montañosas.

Asimismo, aunque en la actualidad las plantaciones de café de la Cordillera septentrional se encuentran en los rangos óptimos para este cultivo, la escasez de agua podría volverse un factor de preocupación en el futuro, especialmente en aquellas zonas ubicadas en el extremo Noroeste de la zona. Con el aumento de la frecuencia de precipitaciones extremas, también se tiene que considerar el riesgo de erosión acelerada.

En términos de sensibilidad, también influyen los rasgos comunes observados en las demás zonas montañosas del país, es decir, un nivel socioeconómico generalmente bajo de los productores, así como un envejecimiento de estos, el relevo generacional siendo deficiente.

Más críticos son los indicadores de capacidad adaptativa, éstos siendo los que más influyen sobre el nivel de vulnerabilidad integral observado. En efecto, los tres indicadores considerados en el marco de este estudio presentan niveles de criticidad preocupante. Se considera que más de 94% de las fincas presentan una capacidad adaptativa baja o muy baja.

Los indicadores que más influyen sobre la capacidad adaptativa en el SPA café son, en primer lugar, la falta de personas con título académico, y en segundo lugar, la falta de personas con un nivel socioeconómico alto.

Los principales impactos anticipados de la variabilidad climática sobre el SPA café en la Cordillera septentrional, desde el punto de vista del productor, están resumidos en el cuadro siguiente (Figura 63):

Riesgo climático	Impactos directos	Impactos indirectos	Posibles medidas de adaptación
Alza de temperaturas	Aumento de plagas, vaneamiento de grano, estrés hídrico y pérdida de floración	Baja de rendimientos, pérdida de calidad, incumplimiento de compromisos de mercado	Manejo de sombra
Reducción en el cúmulo de lluvias	Estrés hídrico: desarrollo ralentizado		Uso de mejores prácticas para mantener la humedad del suelo, manejo de sombra.
Cambio en la periodicidad de lluvias	Perturbación del ciclo de floración		
Incidencia de plagas y enfermedades	Baja de rendimiento, defoliación y muerte de la planta	Incremento de costos fitosanitarios, pérdida posible de certificación orgánica	Control fitosanitario, uso de variedades resistentes
Ventarrones	Danos físicos directos a los cafetos o indirectos (caída de los árboles de sombra)	Pérdida de cosecha y capital productivo	Manejo de sombra, siembra de árboles rompevientos
Erosión hídrica y eólica	Pérdida de la capa húmica del suelo, reducción de la fertilidad.	Incremento de costos (fertilización)	Barreras vivas y otros dispositivos anti erosivos

Figura 78: Síntesis de impactos de la variabilidad climática del SPA café en la Cordillera septentrional. Perspectiva del productor (Autores, 2020).

Aunado a lo anterior, se pueden destacar los siguientes puntos:

- Es necesario impulsar, a todos los niveles, la valoración del café cultivado bajo sombra, como sistema productivo que garantiza la cobertura forestal de las cuencas altas y protege los ecosistemas.
- Existe una presión creciente por la sustitución de cafetales por pastos para ganadería. La baja productividad, agravada por enfermedades como la roya, frecuentemente induce a muchos productores a vender sus tierras; los nuevos propietarios residen en su mayoría en la ciudad y sustituyen el cultivo del café por pasto para ganadería vacuna (más fácil de manejar por una persona y necesitado de menor cuidado por parte del dueño).

6. EL PLÁTANO EN EL SUR

6.1 Rangos óptimos para el cultivo

En el presente capítulo se describen las condiciones óptimas y limitantes para el cultivo, definidas en base a estudios llevados a cabo para el país (CEDAF, 2001).⁷³

6.1.1 Características del cultivo

La región Sur (provincias Barahona, Bahoruco, Pedernales e Independencia) contribuye de manera significativa a la producción de plátano a nivel nacional, teniendo en promedio el 11.6% de la superficie sembrada y el 12.4% de la superficie cosechada del país (dato 2002-2017), con 1,806 hectáreas destinadas al cultivo en el 2018. La participación de la región Sur a la producción nacional de plátano experimentó una reducción significativa en el período 2002-2018, pasando de un 27% a un 6%.

El plátano (*Musa AAB*), cuyo fruto constituye un elemento de mucha importancia en la canasta familiar de la población dominicana, es una planta de la familia *Musaceae*, cultivada en las franjas tropical y subtropical hasta los 30° norte y sur. El fruto se consume en el país prevalentemente verde, siendo usado también maduro, mediante cocción previa, en la forma frita o sancochada para el plátano verde y frita para el plátano maduro.

La región es famosa por la variedad de plátano conocida como “macho” o “barahonero”, caracterizado por el tamaño grande de su fruto.

6.1.2 Topografía

La altitud máxima recomendada para este cultivo es de 1200 metros sobre el nivel del mar. Desde el punto de vista comercial, en el caso de los clones “Macho por Hembra” y “Macho”, no se recomienda su siembra a altitud de 1200 metros sobre el nivel del mar, debido a reducciones significativas en el rendimiento. Es importante señalar que la altitud puede retrasar un mes el ciclo vegetativo por cada 100 metros adicionales, sin necesariamente afectar la productividad.

En términos de pendiente, el banano prefiere terrenos llanos.

6.1.3 Suelo

De manera parecida con el banano, los componentes edáficos importantes para el crecimiento y la productividad de las plantaciones son la profundidad, que no debería ser inferior a 1.2 metros, y la textura, que debe garantizar un buen drenaje, variando de franco arenosa a franco arcillosa. El cultivo es bastante exigente por lo que se refiere a la abundancia y balanceo de los nutrientes presentes en el suelo, puesto que la planta presenta un sistema radical poco desarrollado en comparación a su follaje y a la rapidez de su inflorescencia.

⁷³ CEDAF. 2001. El cultivo del plátano. Serie Cultivos, Guía Técnica No. 28, 2ª edición. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Santo Domingo.

El rango de pH adecuado para el cultivo es bastante amplio, entre 4.5 y 8.0, siendo el óptimo comercial entre 6.0 y 7.0.

6.1.4 Clima

Así como para el banano, las variables climáticas constituyen componentes críticos para el desarrollo de plátano, siendo la temperatura, las precipitaciones y su distribución las más relevantes. En efecto, la temperatura constituye el principal factor regulador de la fenología del cultivo, siendo el rango entre 25 y 27°C de la temperatura promedio anual el óptimo en términos de rendimientos y ciclos cortos de producción, aunque el desarrollo apropiado de las plantaciones puede obtenerse en zonas con temperaturas promedio anuales entre 21 y 30°C. Con temperatura promedio inferiores a los 16°C o superiores a los 37°C se producen daños a las plantas y lentitud en su desarrollo, así como daños significativos a los frutos, en términos de tamaño y calidad.

El plátano es bastante exigente por lo que se refiere a la disponibilidad de agua, tanto en términos de cantidad como de uniformidad de su distribución. El desarrollo apropiado del cultivo requiere entre 100 y 180 mm de lluvia mensual. La carencia o insuficiencia de agua en cualquiera de las fases de producción puede afectar la productividad, causando la reducción en el número y/o el tamaño de los frutos.

El viento, tanto en forma de ráfagas (intensidades elevadas por períodos cortos) como de tornados y ciclones, puede perjudicar de manera significativa la producción, llegando a la destrucción completa de las plantaciones. Las afectaciones más directamente relacionadas con este factor son: volcamiento de plantas, pérdida de fruta por caída, caída de pseudotallo por rotura, defoliación, daños de lámina foliar, entre otros. El límite superior del óptimo de viento es 20 km/h. Vientos de mayor intensidad pueden provocar daños en términos de laceración de hojas (que determina pérdidas importantes de la producción), acame de las plantas y hasta su caída.

En términos de luminosidad, los mejores resultados de producción se alcanzan con períodos prolongados de buena iluminación durante todo el año.

A continuación, se presenta un cuadro de síntesis de los rangos óptimos y límite para el cultivo (Figura 79).

VARIABLE	RANGOS
Latitud	Óptimo: 30° norte ÷ 30° sur
Altitud	Óptimo: hasta 1,200 msnm
Temperatura	Óptimo: Temperatura promedio anual entre 25 y 27°C Límite inferior para T promedio anual: 16°C Límite superior para T promedio anual: 37°C
Lluvia	Óptimo: 100 ÷ 180 mm mensuales Límite inferior: 1,200 mm anuales
Viento	Límite superior: 20 km/h
Suelo	Óptimo: Suelos con textura de franco-arenosa a franco-arcillosa. Profundidad superior a 1.2 m. Alto poder de retención de agua y buen drenaje.

VARIABLE	RANGOS
Luminosidad	Óptimo: 1,000 ÷ 1,500 h/año

Figura 79: Rangos óptimos y límites para la producción del banano (Autores, 2019).

6.2 Distribución actual

6.2.1 Latitud y topografía

En la región Sur, la superficie total ocupada por el cultivo del plátano asciende a unos 111 km², entre las latitudes 18°10' y 18°30' norte, en el valle de Neyba. La producción queda concentrada prevalentemente en las porciones central y oriental, en la cuenca baja del río Yaque del Sur, especialmente a lo largo de dicha fuente de agua (Figura 5).

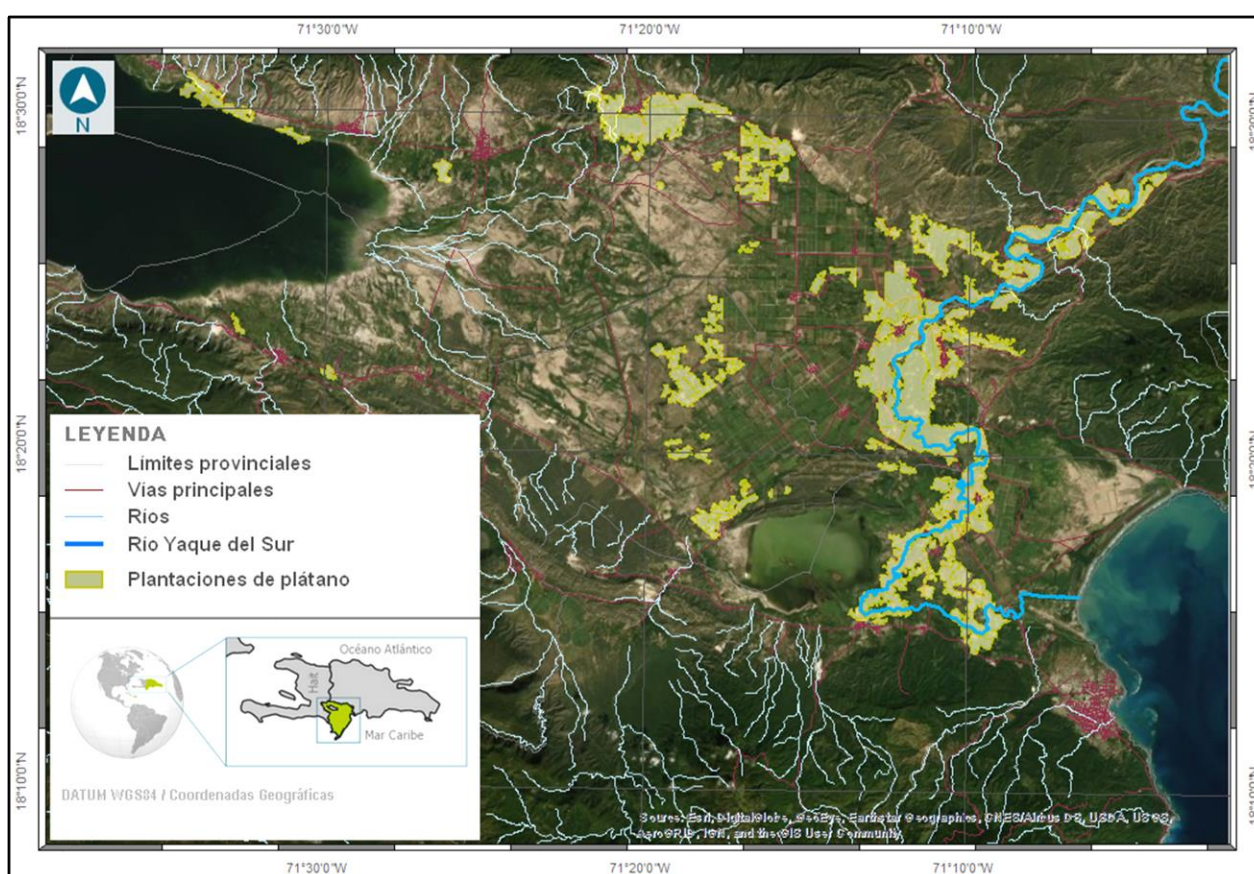


Figura 80: Ubicación de las áreas cultivadas con plátano en la región Sur (Autores, 2019).

Las fincas están localizadas en un rango altitudinal entre -40 y 132 msnm, no constituyendo la altura un factor limitante para el cultivo.

Los terrenos cultivados con plátano en la región presentan una pendiente entre 0 y 50.5%, siendo el 90.9% de ellos ubicados en pendientes inferiores al 5%. Por lo tanto, esta variable no constituye un factor crítico para el cultivo en la región.

Las fincas están ubicadas en su mayoría a lo largo de las fuentes de agua de la zona, lo que las expone a inundaciones periódicas, asociadas a eventos de precipitación abundante e/o intensa que ocurran

cuenca arriba, siendo el 85.5% las plantaciones ubicadas en áreas potencialmente inundables (Figura 81).

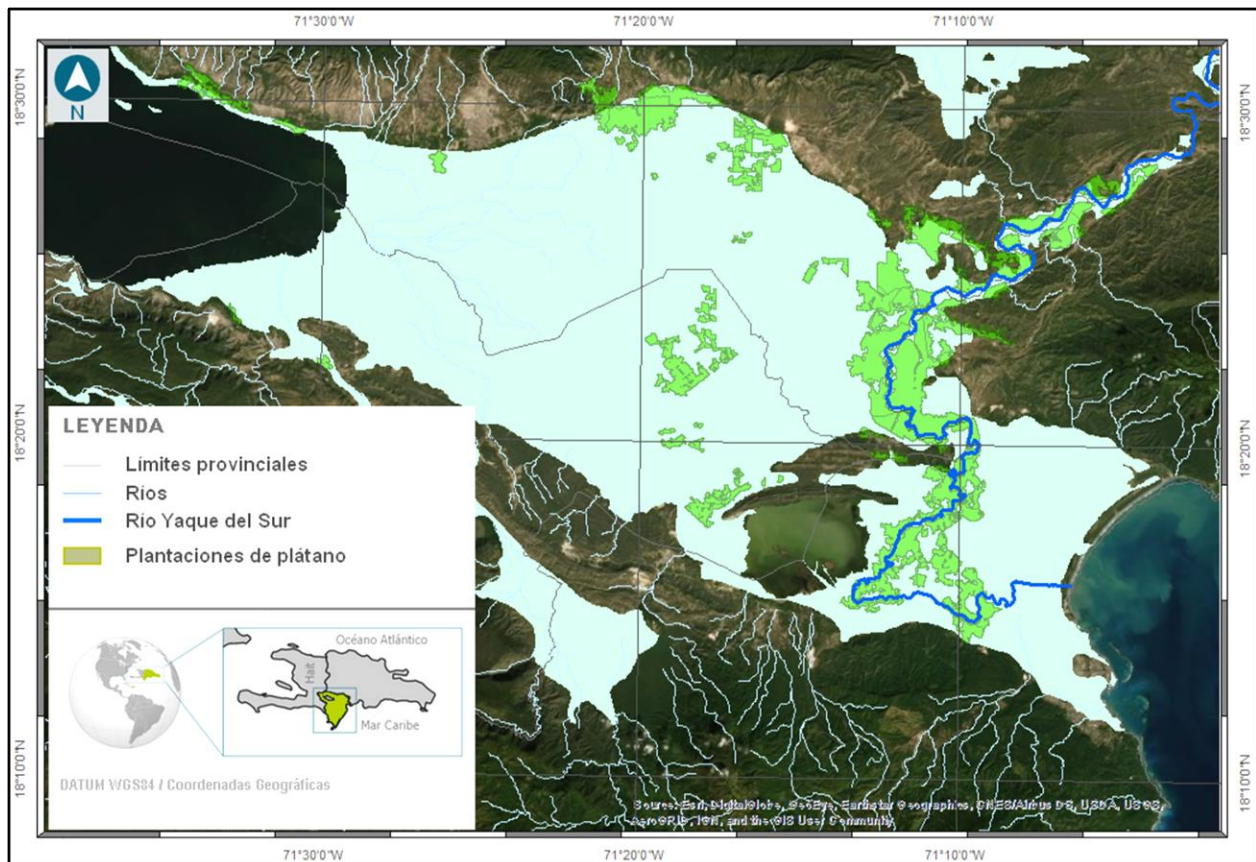


Figura 81: Mapa de las áreas potencialmente inundables en la región Sur (Autores, 2019).

6.2.2 Suelo

Las plantaciones de plátano están establecidas prevalentemente en suelos aluviales recientes, ubicados a lo largo del río Yaqué del Sur y de los cursos de agua que vierten a la costa oriental del Lago Enriquillo. Por su origen, dichos suelos tienen profundidad de media a alta (hasta 1.2 metros) y texturas franco-arenosa y arenosa, las cuales son especialmente apropiadas para el cultivo del banano, que necesita buen drenaje (Figura 82).

El 56.3% de las fincas cuenta con suelos de profundidad media (entre 0.5 y 0.8 metros), mientras que solamente un 35.2% está establecido en suelos profundos. El 8.5% restante, concentrado prevalentemente en las porciones septentrionales, se encuentra en suelos poco profundos (Figura 82).

Analizando la distribución espacial de las áreas cultivadas, puede observarse que las plantaciones han sido establecidas en su mayoría (56.7%) en suelos con textura franco-arenosa y en un porcentaje significativo (35.2%) en suelos arenosos, prevalentemente concentrados en las porciones centro-oriental y oriental, confirmando que para el cultivo el buen drenaje de los suelos es una característica esencial (Figura 82).

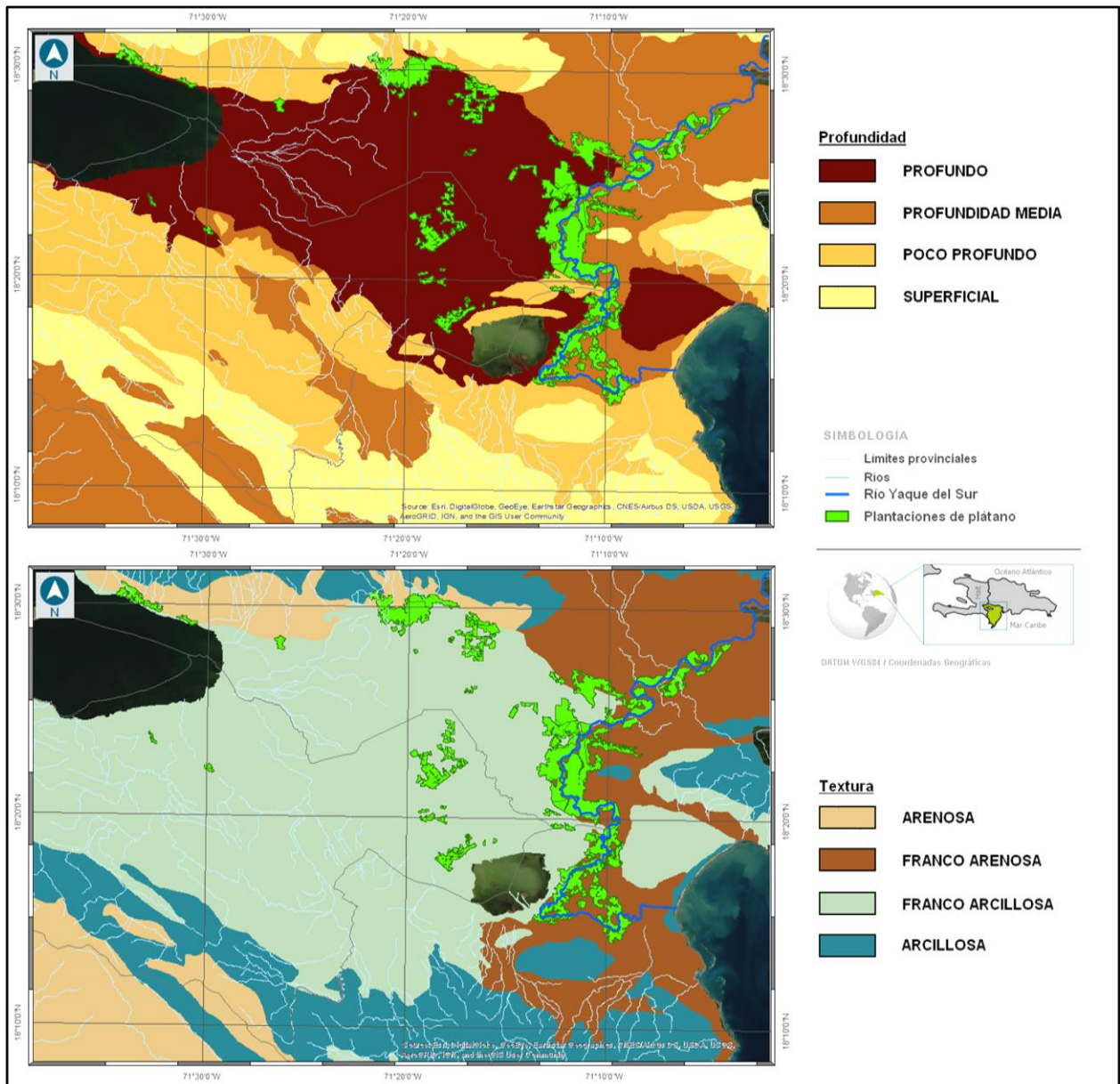


Figura 82: Mapa de profundidad (arriba) y textura (abajo) de suelos en la región Sur (Autores, 2019).

6.2.3 Clima

Las plantaciones de plátano quedan ubicadas en su totalidad en áreas de clima árido (71.5%) y semiárido (28.5%), por ende, todas las fincas reciben menos de 1,200 mm al año de lluvia y en todos los meses reciben menos de 100 mm de precipitación. (Figura 83).

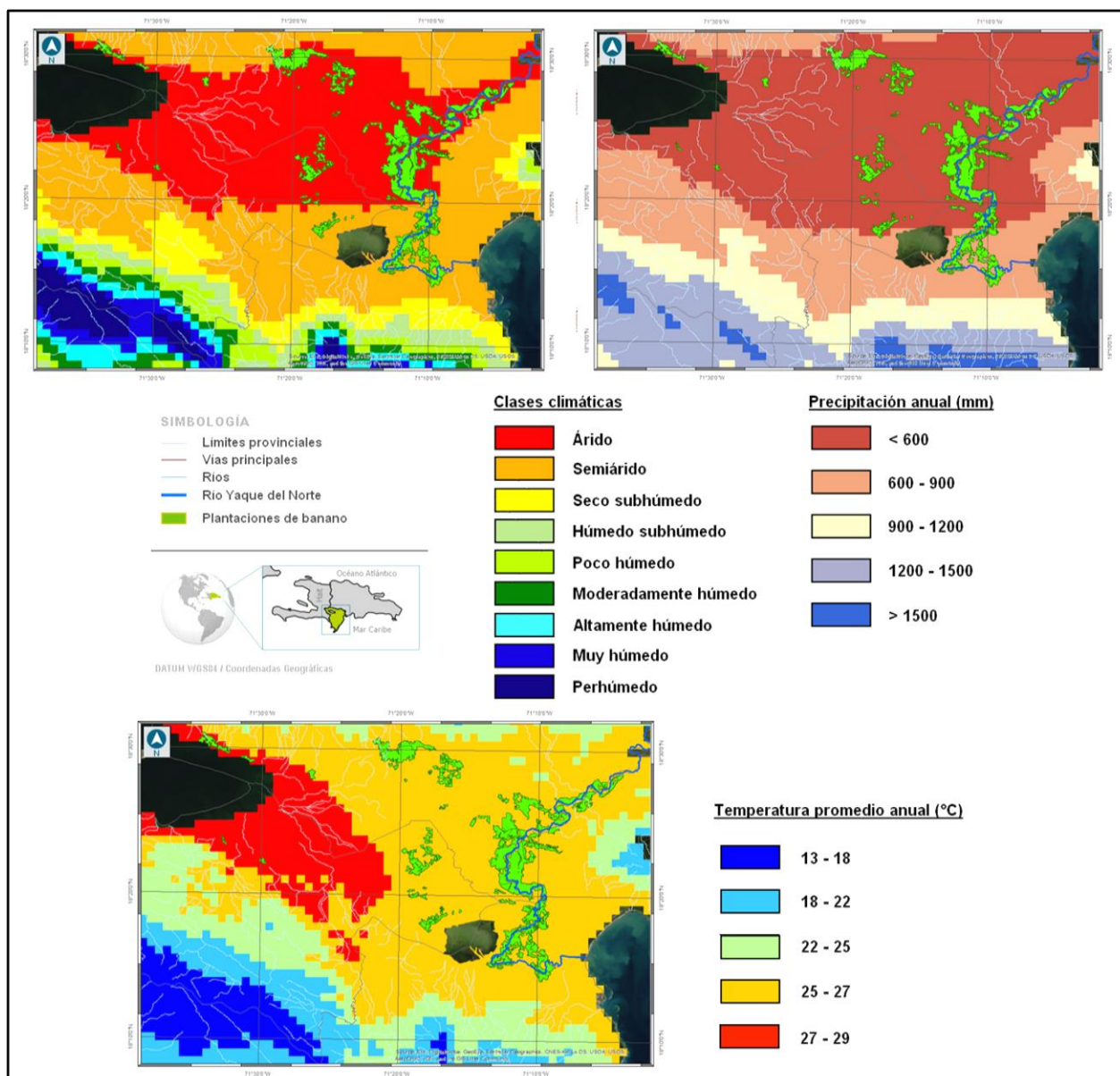


Figura 83: Mapas climático (superior izquierdo), de precipitación promedio anual (superior derecho) y temperatura promedio anual (inferior) de la región Sur (Autores, 2019).

Respecto a la temperatura, la casi totalidad de las fincas (97.0%) se encuentran dentro del rango óptimo, siendo ubicadas en zonas con temperatura promedio anual entre 25 y 27°C (Figura 83). Un porcentaje reducido (3.0%) se encuentra en áreas expuestas a temperaturas promedio anuales más alta respecto al límite óptimo superior, aunque por debajo de los 28°C. Por lo tanto, actualmente la temperatura no constituye un factor crítico para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, a las fincas expuestas a temperaturas superiores, ubicadas en la porción occidental de la región, a orilla del Lago Enriquillo, hay que prestar atención en el futuro, en escenarios de calentamiento global, puesto que podrían alcanzar situaciones de estrés térmico que podrían perjudicar su desarrollo y productividad.

6.2.4 Síntesis de la situación territorial actual

Los resultados descritos arriba permiten destacar los siguientes elementos de vulnerabilidad:

1. El agua constituye un factor limitante, que expone la producción bananera de la región a fenómenos de sequía recurrente, de intensidad variable. Las condiciones climáticas propias de la zona hacen que el cultivo sea posible solamente bajo riego, lo cual en algunas áreas está causando fenómenos de salinización de los suelos por sobreexplotación de acuíferos.
2. Las plantaciones ubicadas en las porciones centro-oriental y oriental de la región noroeste son más susceptibles a ser afectadas por la sequía, puesto que cuentan con suelos menos profundos y con textura arenosa, condiciones que las hacen menos resistentes a períodos secos prolongados y más demandantes de agua.
3. Las fincas bananeras están ubicadas en su mayoría dentro del área potencialmente inundable por las crecidas del Río Yaque del Norte, entre otras fuentes de agua, lo que expone la producción a recibir daños asociados a inundaciones.

6.3 Características sociales, económicas y demográficas del sistema productivo

6.3.1 Características de producción

La producción de plátano en la región Sur es llevada a cabo prevalentemente por productores pequeños, siendo el tamaño promedio de finca de unas 3.1 hectáreas. La mayor parte de las plantaciones es orgánica, lo cual constituye un elemento que favorece la capacidad adaptativa de los productores locales, puesto que:

- Conlleva la implementación de prácticas de conservación de suelo, que reducen la incidencia del riesgo de degradación;
- Implica menor dependencia a productos fitosanitarios;
- Permite el acceso a mejores condiciones de mercado para el producto final.

Respecto a las labores asociadas al SPA del banano, se destaca la alta dependencia de mano de obra extranjera, prevalentemente haitiana.

6.3.2 Características socioeconómicas y sociodemográficas

La región Sur cuenta con una población de poco superior a las 368 mil personas, el 51.9% de la cual constituida por hombres.

Se caracteriza por un alto porcentaje (52.8%) de hogares con nivel socioeconómico bajo o muy bajo (ONE, 2010), valor que queda confirmado en el Índice de Desarrollo Humano (IDH), que clasifica a Barahona como una provincia de nivel medio bajo y las demás provincias de la región como de nivel bajo (PNUD, 2013). En efecto, desde el punto de vista socioeconómico, existe una diferencia significativa entre Barahona, donde se concentra la mayor parte de las actividades productivas, y las otras tres provincias fronterizas, cuya economía es, por lo general, deprimida.

En la región, el 16.7% de la población tiene trabajo o empleo en el sector agrícola, siendo Pedernales la provincia que alcanza el porcentaje más alto, con 23.5%, y Barahona la que presenta el porcentaje mínimo (12.7%) (ONE, 2010).

En todas las provincias es todavía muy alto (superior al 65%) el porcentaje de población ligada al sector agrícola que cuenta solamente con un nivel escolar de primaria-básica o inferior. El nivel académico en el sector es alcanzado por el 11.1% de la población de la región, siendo Pedernales la provincia con el porcentaje mínimo (6.3%) (ONE, 2010).

6.4 Análisis de vulnerabilidad histórica y actual

6.4.1 Variabilidad climática observada

En la región suroeste son pocas las estaciones que, por la continuidad y calidad del dato, permitan realizar un análisis histórico de largo período (Pérez & Jury, 2013; Izzo et al., en fase de publicación). Las informaciones disponibles evidencian una reducción significativa de las precipitaciones, especialmente concentrada en la vertiente suroccidental de la Sierra de Bahoruco, sotavento a las corrientes húmedas, con decrementos importantes en los meses de mayo, septiembre, octubre y noviembre (Figura 3). Las áreas barlovento (estación de Barahona), aunque no presentando una tendencia significativa de las precipitaciones anuales, evidencian incremento de las lluvias en los meses de marzo, abril y noviembre (Figura 3).

Para las temperaturas, de manera coherente con todo el territorio nacional se han detectado incrementos significativos (Pérez & Jury, 2013; Izzo et al., en fase de publicación).

6.4.2 Exposición

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Exposición, y sus respectivos indicadores (Figura 84Figura 84: Mapa del Índice de Exposición y sus respectivos indicadores para el SPA del plátano (Autores, 2019).), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

Los resultados evidencian que las plantaciones de plátano presentan, por lo general, niveles de exposición de intermedios a altos. El factor más significativo en condicionar la exposición es el déficit de lluvia, tanto a escala anual como mensual. El 4.7% de las fincas, ubicado en el extremo meridional, muestra niveles de exposición más bajos, determinados prevalentemente por las condiciones de profundidad y textura de suelo favorables y por estar las finjas instaladas en terrenos no expuestos a inundaciones (Figura 84).

Otro factor de exposición importante es el peligro de inundación, que se vuelve crítico especialmente para las plantaciones ubicadas a lo largo del río Yaque del Sur. Un porcentaje reducido de fincas, ubicado en las porciones septentrional y noroccidental de la región, presentan niveles muy altos de exposición, debido a una combinación desfavorable de todos los indicadores analizados (Figura 84).

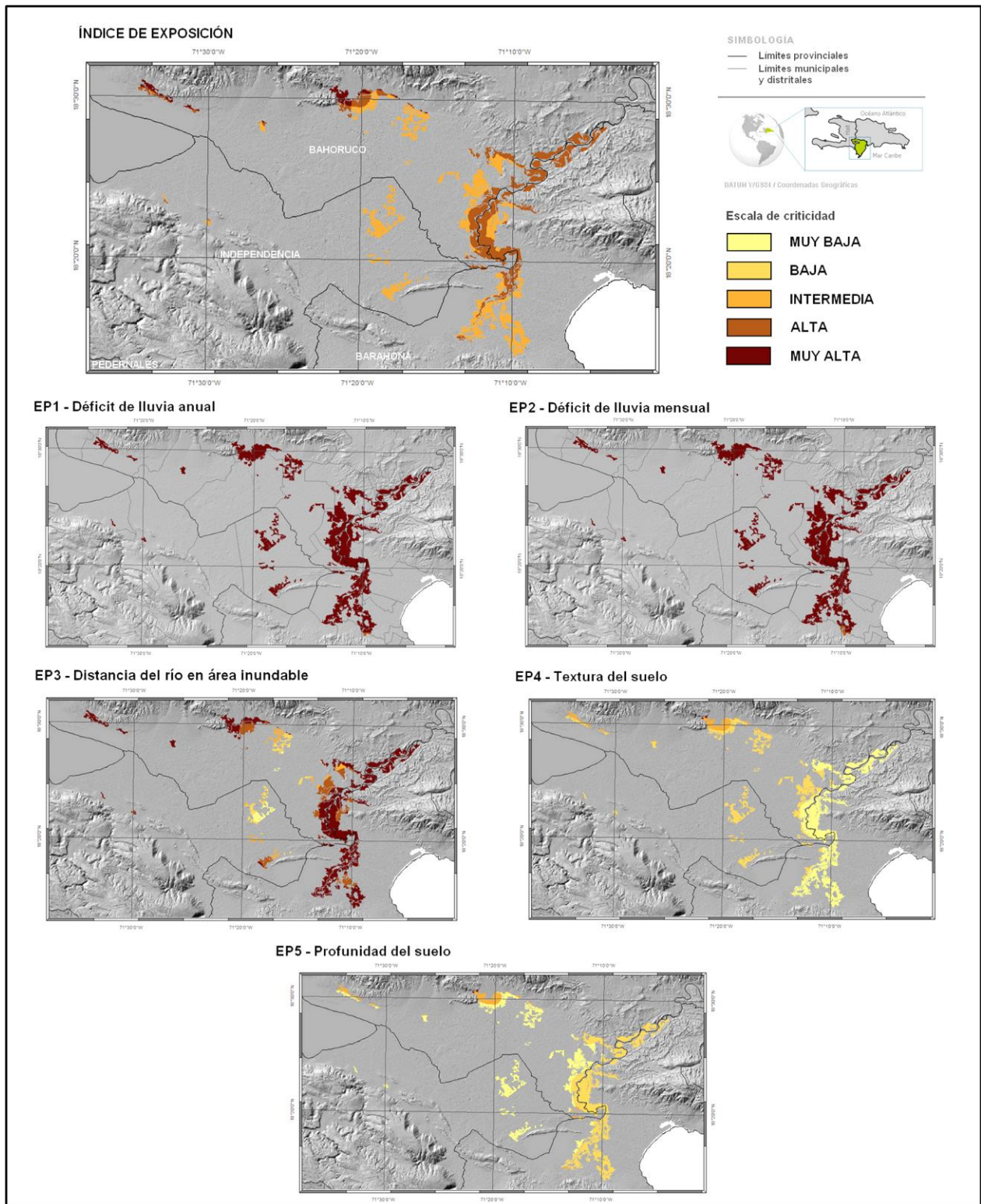


Figura 84: Mapa del Índice de Exposición y sus respectivos indicadores para el SPA del plátano (Autores, 2019).

6.4.3 Sensibilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores (Figura 85), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

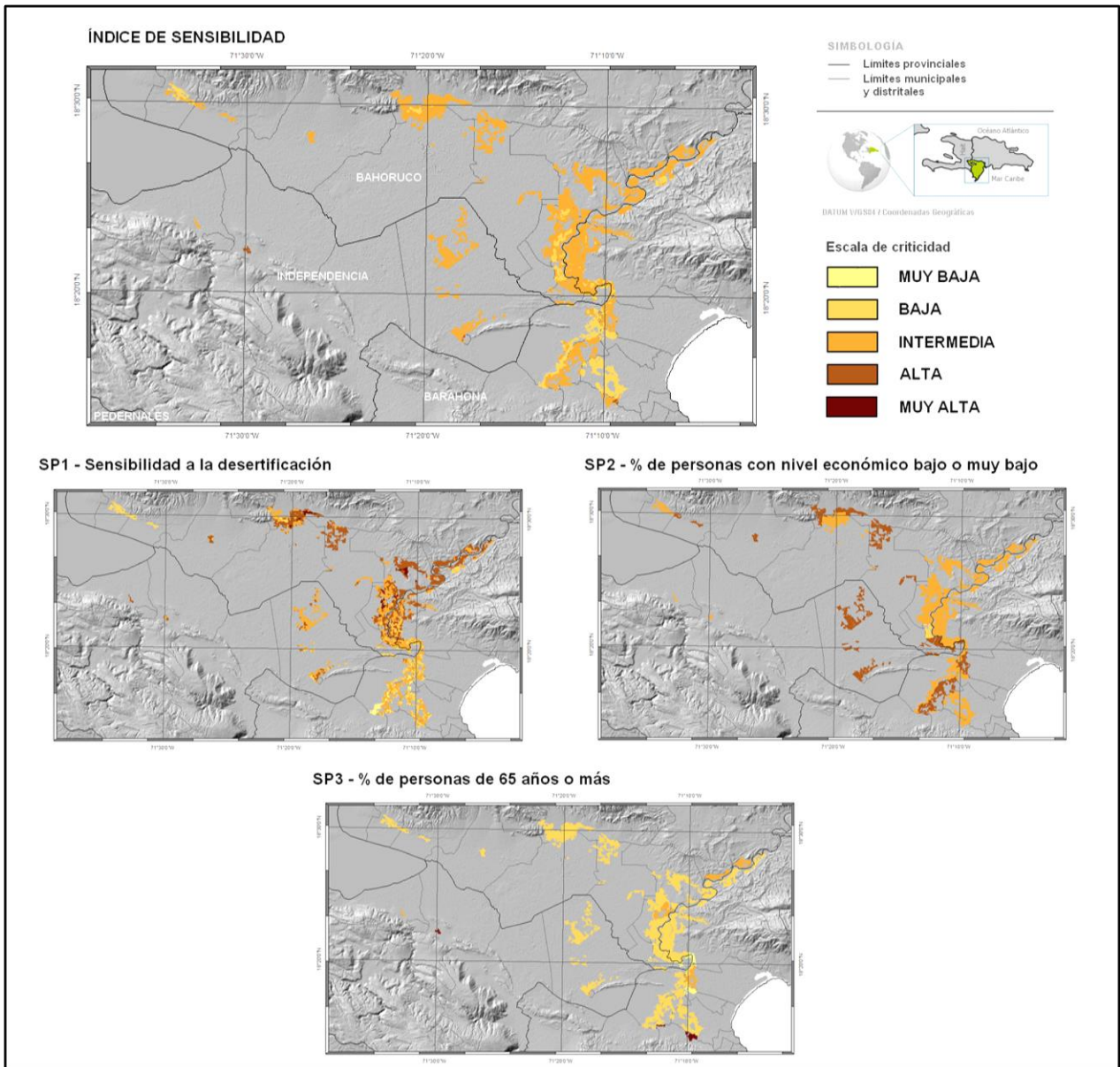


Figura 85: Mapa del Índice de Sensibilidad y sus respectivos indicadores para el SPA del plátano (Autores, 2019).

El análisis muestra que el nivel de sensibilidad del plátano en la región es, por lo general, intermedio, puesto que el 81.3% de las plantaciones entra en esta categoría de sensibilidad. El 18.2%, concentrado prevalentemente en la porción meridional de la región y a lo largo del río Yaque del Sur, presenta niveles bajos de sensibilidad, mientras que el 0.5% restante, ubicado en el extremo meridional, muestra niveles críticos de sensibilidad (Figura 85).

6.4.4 Capacidad adaptativa

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores (Figura 86), según la metodología presentada en la sección 1.3 y el detalle contenido en el Anexo 1 del presente documento.

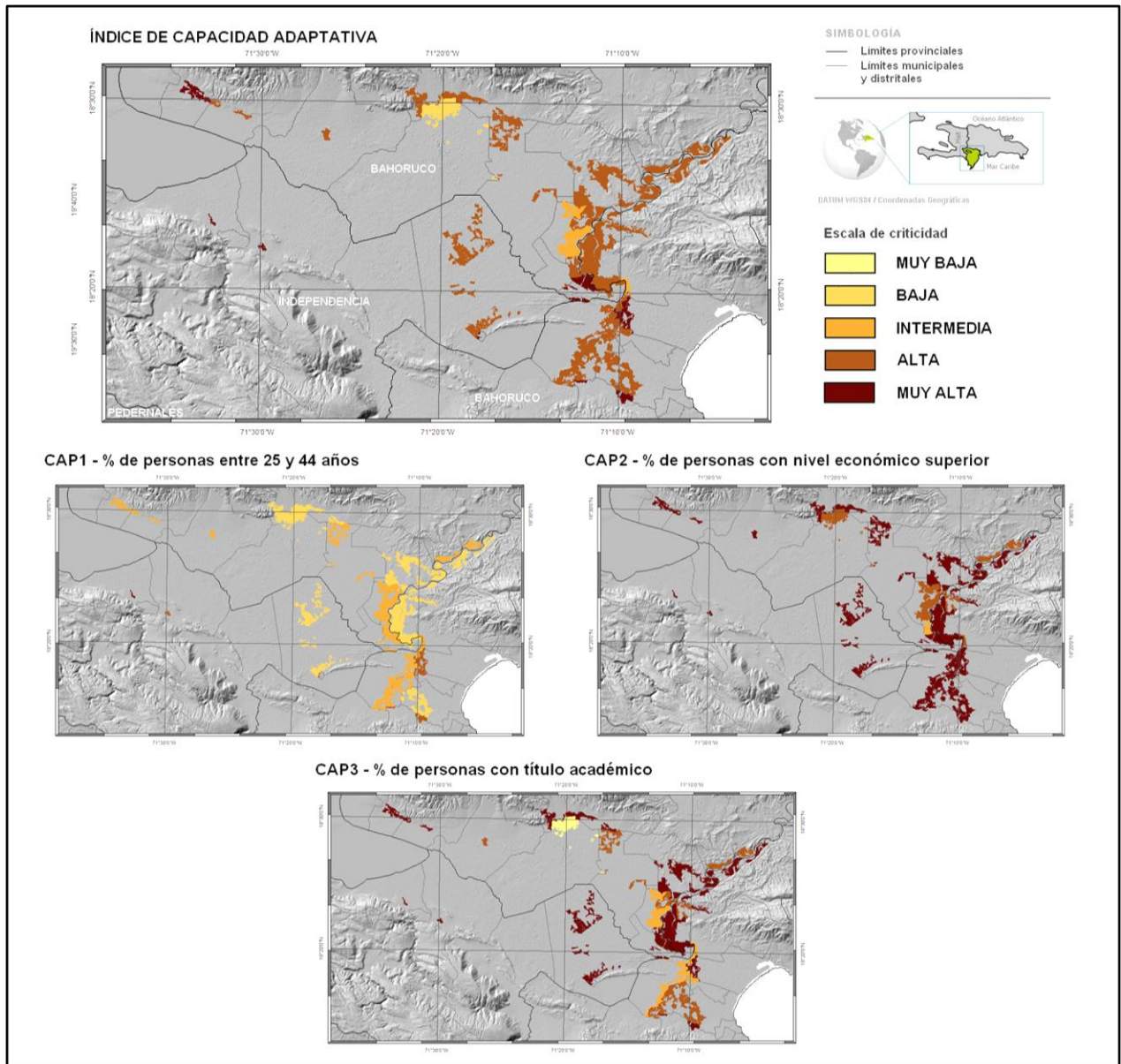


Figura 86: Mapa del Índice de Capacidad Adaptativa y sus respectivos indicadores para el SPA del plátano (Autores, 2019).

La capacidad adaptativa de la región constituye la dimensión crítica, puesto que el 86.8% de las plantaciones presenta características de adaptación de bajas a muy bajas, siendo las condiciones económicas y el nivel escolar los factores más limitantes, las cuales no permiten aprovechar el potencial constituido por el alto porcentaje de población joven que en la región está vinculada a la agricultura (Figura 86).

6.4.5 Índice de vulnerabilidad

A continuación, se presenta el mapa del Índice de Vulnerabilidad, obtenido como combinación de los índices de las respectivas dimensiones de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (Figura 87).

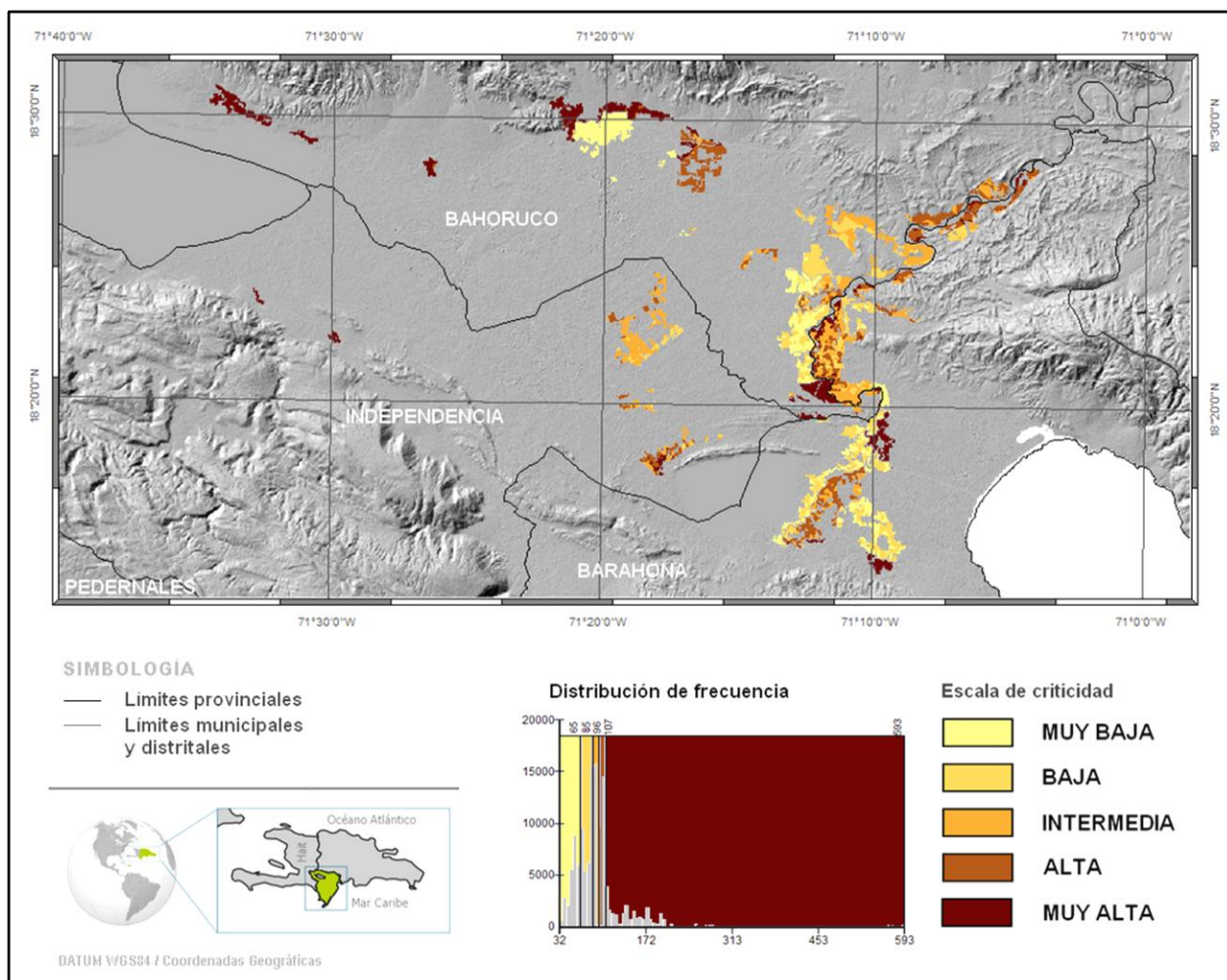


Figura 87: Mapa del Índice de Vulnerabilidad para el SPA del plátano (Autores, 2019).

6.4.6 Impactos de la variabilidad climática observada

Al igual que los demás SPA, la caracterización fina y sistemática de los impactos de la variabilidad climática ya observados para el SPA plátano en la región Sur está limitada por la ausencia de series estadísticas continuas y con niveles de desagregación suficientes (p. ej. por género, nivel socioeconómico, etc.).

Asimismo, los elementos presentados a continuación recuentan los impactos documentados de eventos o tendencias observadas y relevantes para entender la vulnerabilidad específica del sector plátano en la región Sur.

20% de los eventos meteorológicos extremos que ocurrieron en el país entre 1966 y 2000 se manifestaron con inundaciones, amenazando especialmente Bahoruco, Barahona y San Cristóbal. El

MINAGRI afirma que los costos estimados en apoyo a las zonas inundadas normalmente superan los 350 millones de pesos dominicanos por evento.⁷⁴

Se estima por ejemplo que el huracán Jeanne en el 2004 generó pérdidas en el cultivo del plátano en unas 6,250 ha por un valor de RD\$ 583.6 millones, debido a las inundaciones.⁷⁵

Asimismo, la Tormenta Noel en 2007 causó grandes daños en la región Sur. En el ámbito nacional fueron afectadas 1,250,000 ha de cultivos como frijoles, banano y plátano, siendo las Región Suroeste y Sur las que sufrieron los mayores daños en el sector agrícola, afectaciones de unas 360,940 ha (29% del total nacional de tierras afectadas) y solo en plátanos fueron 167,118 ha dañadas equivalente al 90% de estas pérdidas.⁷⁶

Desde el año 2007, el nivel del Lago Enriquillo empezó a aumentar como consecuencia del paso de tormentas tropicales, lo que afectó considerablemente el área aledaña que principalmente tenía uso agrícola y ganadero.

6.4.7 Conclusiones principales del análisis de vulnerabilidad histórica y actual

En términos relativos, dentro de la región Sur, las plantaciones de banano que presentan los valores más altos de vulnerabilidad no se encuentran concentradas en un núcleo específico, sino que están distribuidas bastante uniformemente en el territorio, con una prevalencia mayor en las porciones meridional y septentrional. Por otro lado, las plantaciones con los valores del Índice de Vulnerabilidad más bajos se observan en un área de la porción septentrional y en algunas zonas de los extremos orientales y meridionales (Figura 86).

La síntesis del análisis histórica y actual del cultivo en la región Sur permite destacar algunos elementos clave para la definición de líneas de acción que puedan incrementar la capacidad adaptativa y resiliencia del sistema productivo en la zona:

- Las plantaciones de plátano presentan altos niveles de exposición especialmente a la sequía. Algunas áreas, concentradas en la porción central de la región, resultan ser críticamente expuesta también a fenómenos de inundaciones asociados a eventos pluviométricos abundantes e/o intensos que ocurran en cuenca media y alta.
- La producción en la región es posible solamente bajo riego, lo cual hace que el sector sea vulnerable en caso de sequía prolongada, por el manejo compartido de los recursos hídricos.
- Según lo destacado anteriormente y de manera parecida al banano, las condiciones de humedad ambiental reducida son, por otro lado, favorables por su efecto de reducción de la incidencia de las enfermedades fúngicas, con obvios beneficios para la producción y comercialización del producto. En este sentido, el desarrollo de estrategias adecuadas de

⁷⁴ MEPyD. 2018. *Contexto actual del agua en la República Dominicana*. Ministerio de Economía Planificación y Desarrollo. Santo Domingo. República Dominicana. 168p.

⁷⁵CEPAL. 2004. *Los efectos socioeconómicos del huracán Jeanne en la República Dominicana. Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Distrito Federal, México. 84p

⁷⁶Comité de seguimiento para la recuperación de Barahona y PNUD. 2009 *Marco Estratégico de Recuperación y Transición al Desarrollo, provincias Barahona, Bahoruco e Independencia*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Santo Domingo. República Dominicana.

adaptación a la sequía y manejo apropiado del recurso hídrico en la región es un supuesto importante para seguir impulsando un sector con alto potencial económico.

- El bajo nivel económico y académico constituyen una limitación significativa en la región, donde el sector agrícola carece, por lo general, de herramientas para el desarrollo de soluciones que incrementen su adaptación y resiliencia a la variabilidad climática.

En la región, aunque a un nivel inferior al de otras regiones, el sector cuenta todavía con un porcentaje relativamente alto de personas en edad productiva que se dedican a la agricultura y que pueden ser destinatarias de programas específicos que fortalezcan los instrumentos a su alcance para mejorar la adaptación y resiliencia del sector.

6.5 Análisis de la vulnerabilidad futura

Los cambios proyectados en esta región para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 son calculados a partir de la media de conjunto para la media anual y mensual, tanto de las temperatura máxima y mínima (evolución en °C) como de las precipitaciones (como porcentaje y milímetros de cambio), en tres Horizontes temporales: 2030, 2050 y 2070, respecto al período de referencia 1986-2005.

6.5.1 Variaciones anuales de la media de conjunto

Las variaciones anuales de la media de conjunto de 16 modelos GCM para las temperaturas máxima y mínima y las precipitaciones son presentadas en Figura 88. Se muestra un rango de incertidumbre para cada una de las tendencias (en azul para el escenario RCP 4.5 y en naranja para el RCP 8.5), mediante el cómputo de los percentiles 10° y 90° (colores azul claro y rosado claro respectivamente en la Figura 88).

Variabilidad inter-modelos – escenario climático RCP 4.5

Globalmente, las proyecciones relativas a las temperaturas medias máxima y mínima muestran un incremento en el tiempo en comparación con el período de referencia, presentando el mismo orden de magnitud sin importar el Horizonte considerado.

- Horizonte 2030: incremento de +0.8°C
- Horizonte 2050: incremento de +1.15°C
- Horizonte 2070: incremento de +1.5°C

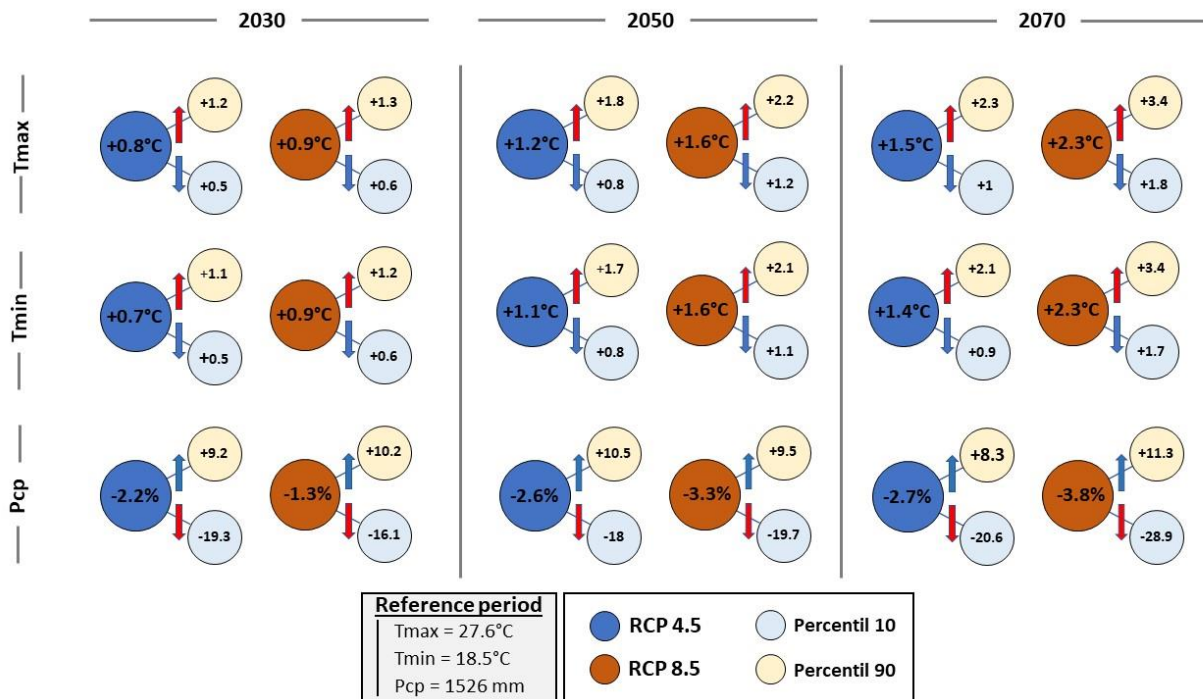


Figura 88: Cambios anuales promedio de temperaturas máximas (Tmax), mínimas (Tmin) y precipitación anual total (Pcp) en la región Sur en 2030, 2050 y 2070.

Considerando el rango de incertidumbre, para los Horizontes del 2030 al 2070 se observan los siguientes cambios:

- Incremento de la temperatura entre +0.5 y +1°C para el 10° percentil;
- Incremento de la temperatura entre +1.2 y +2.3°C para el 90° percentil.

Se prevé una reducción entre -1.9% y -2.4% del acumulado promedio anual respecto al período de referencia del 2030 al 2070, en todos los Horizontes. Este déficit podría alcanzar el -20% para el 10° percentil, con un mínimo de -9% en el 2070. Por otro lado, se observa un incremento del +10% al 23% para el 90° percentil del 2030 al 2070 respectivamente.

Variabilidad para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5

De manera parecida al escenario RCP 4.5, los incrementos de las temperaturas mínima y máxima previstos para el RCP 8.5 presentan el mismo orden de magnitud para todos los Horizontes temporales considerados. Comparando las tendencias de las temperaturas para ambos escenarios, se puede observar lo siguiente:

- Horizonte 2030: un incremento parecido de +0.9°C respecto al período de referencia;
- Horizonte 2050: un incremento mayor, de +0.4°C, en el peor de los escenarios;
- Horizonte 2070: un clima más cálido con un incremento superior a +0.8°C.

En el caso del RCP 8.5, el déficit de precipitación es más pronunciado, de alrededor de -0.8%, en 2050 y 2070 respecto al decremento de las precipitaciones para el RCP 4.5. El rango de los percentiles 10° y 90° es parecido al del RCP 4.5, excepto en 2070, cuando el déficit alcanza el -32% respecto al -9%.

6.5.2 Variaciones estacionales de la media de conjunto

Las Figuras 89 a 92 muestran la variabilidad estacional de las anomalías de las temperaturas máxima y mínima y de las precipitaciones respecto al período de referencia, para los Horizontes 2030, 2050 y 2070, relativamente a los escenarios climáticos RCP 4.5 y RCP 8.5. Según lo especificado arriba, se proporciona el rango de incertidumbre para las estimaciones de los percentiles 10° y 90°.

Temperatura

Para cada Horizonte y escenario, las anomalías de las temperaturas máxima (Figura 89) y mínima (Figura 90) son bastante próximas a la tendencia media anual para todos los meses.

Además, el rango de incertidumbre es regular durante todo el año, siendo la media de conjunto más próxima al 10° percentil. Sin embargo, una variación ligeramente mayor en el rango de incertidumbre puede ser observada en agosto y septiembre, donde las anomalías de las temperaturas mínima y máxima alcanzan +2.5 y casi +4°C en 2070 para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente.

Precipitaciones

Globalmente, un decremento en las precipitaciones ocurre en los períodos junio-julio-agosto (JJA) y septiembre-octubre (SO) respecto al período de referencia, para todos los Horizontes y escenarios (Figura 91 Figura 92):

- Horizonte 2030: los decrementos de la precipitación promedio son de alrededor del -4% en JJA para el RCP 4.5 y -4.5% para el RCP 8.5, y de cerca del -4% en SO para el RCP 4.5 respecto al -1.4% para el RCP 8.5.
- Horizonte 2050: las anomalías de la media de conjunto de las precipitaciones alcanzan un mínimo en julio, siendo de alrededor de -8% y -10% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. Además, el decremento de las precipitaciones es parecido para ambos escenarios, siendo entre 7% y 7.5% en JJA, mientras que se espera que sea peor para el RCP 8.5 en SO, con una reducción de cerca del -7.5% respecto al -4.2% estimado para el RCP 4.5.
- Horizonte 2070: los decrementos promedio en JJA son de alrededor del -6.5% y -9.5% para el RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente. La diferencia principal entre los dos escenarios depende de una reducción mayor en el mes de agosto, -11%, para el RCP 8.5 respecto al -4.7% para el RCP 4.5. Además, no se esperan cambios grandes en ambos escenarios para el período SO, donde se prevé un decremento de un -4.1%.

El 10° percentil muestra dos mínimos en los déficits estimados para todos los escenarios:

- El primero se presenta en junio para los Horizontes 2030 y 2050, moviéndose a julio para el Horizonte 2070;
- El segundo está previsto para octubre en todos los Horizontes.

Finalmente, se puede observar que el 90° percentil muestra un incremento de precipitaciones la mayor parte del tiempo, excepto en julio, donde alcanza el valor cero en ambos escenarios y todos los Horizontes. Esto significa que todos los modelos son coherentes en proyectar una reducción de las precipitaciones en el mes de julio.

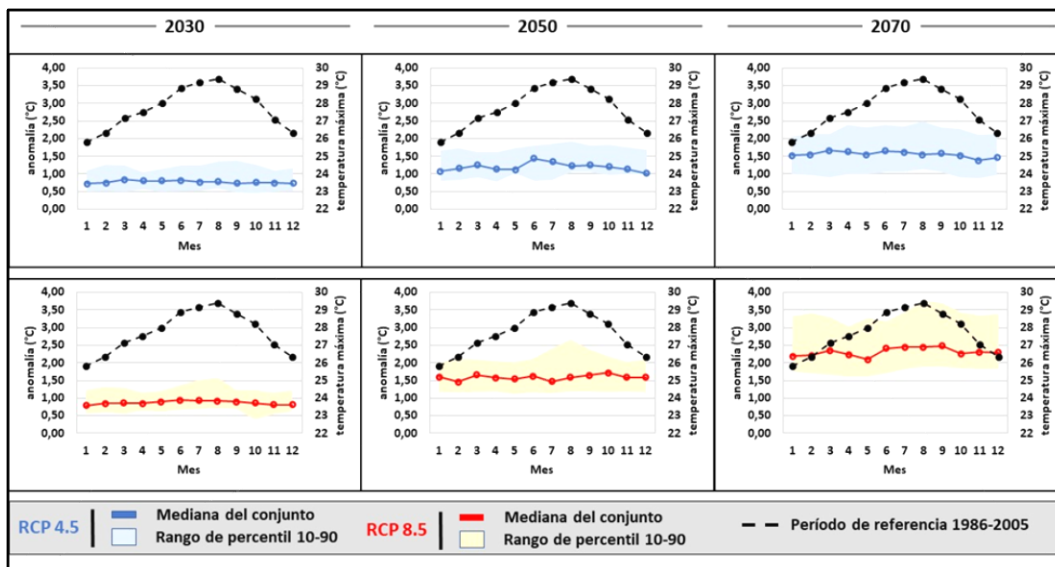


Figura 89: Variaciones mensuales promedio en las temperaturas máximas en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia en la región Sur.

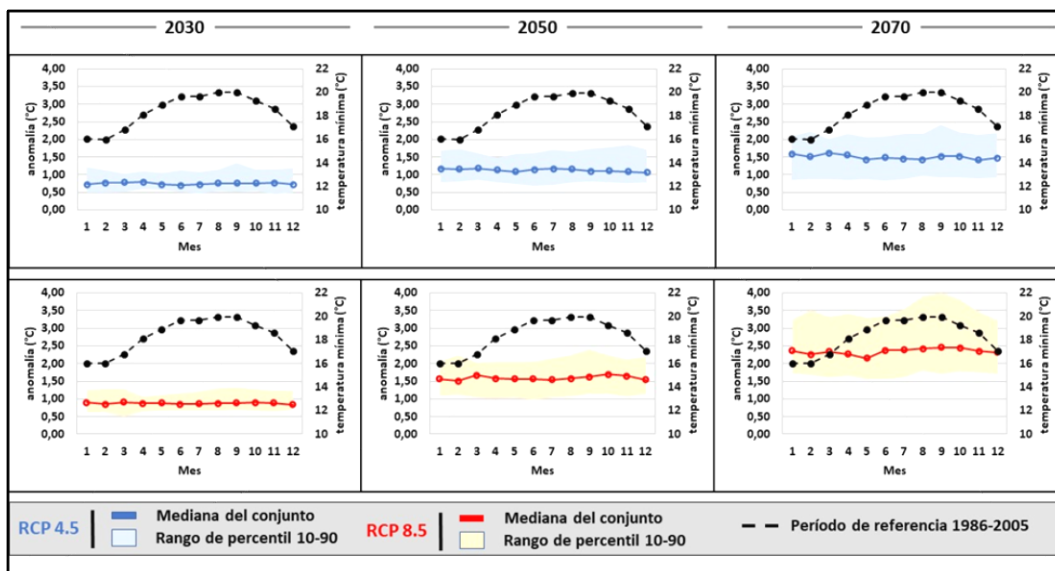


Figura 90: Variaciones mensuales promedio en las temperaturas mínimas en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia en la región Sur.

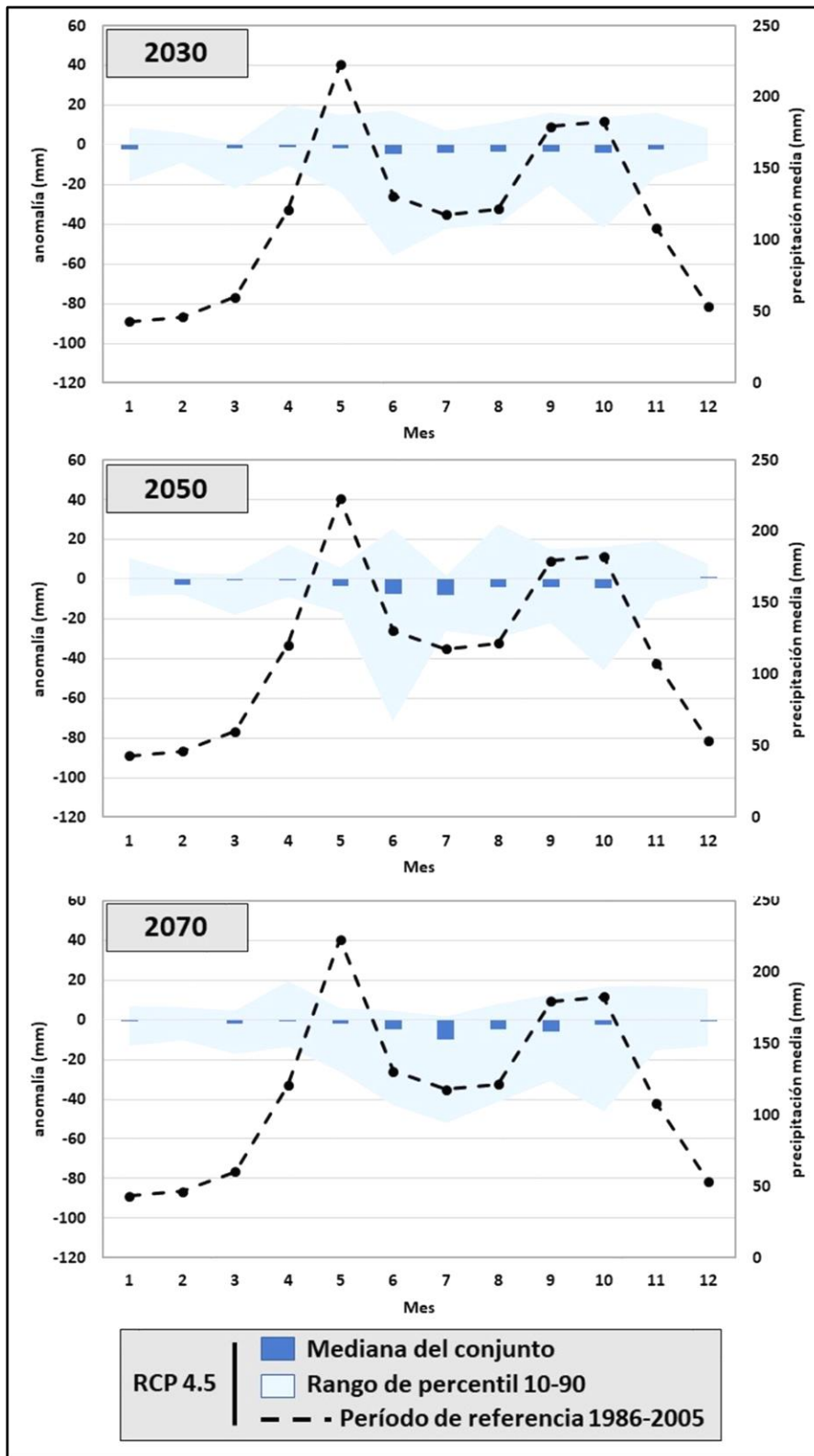


Figura 91: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 4.5 en la región Sur.

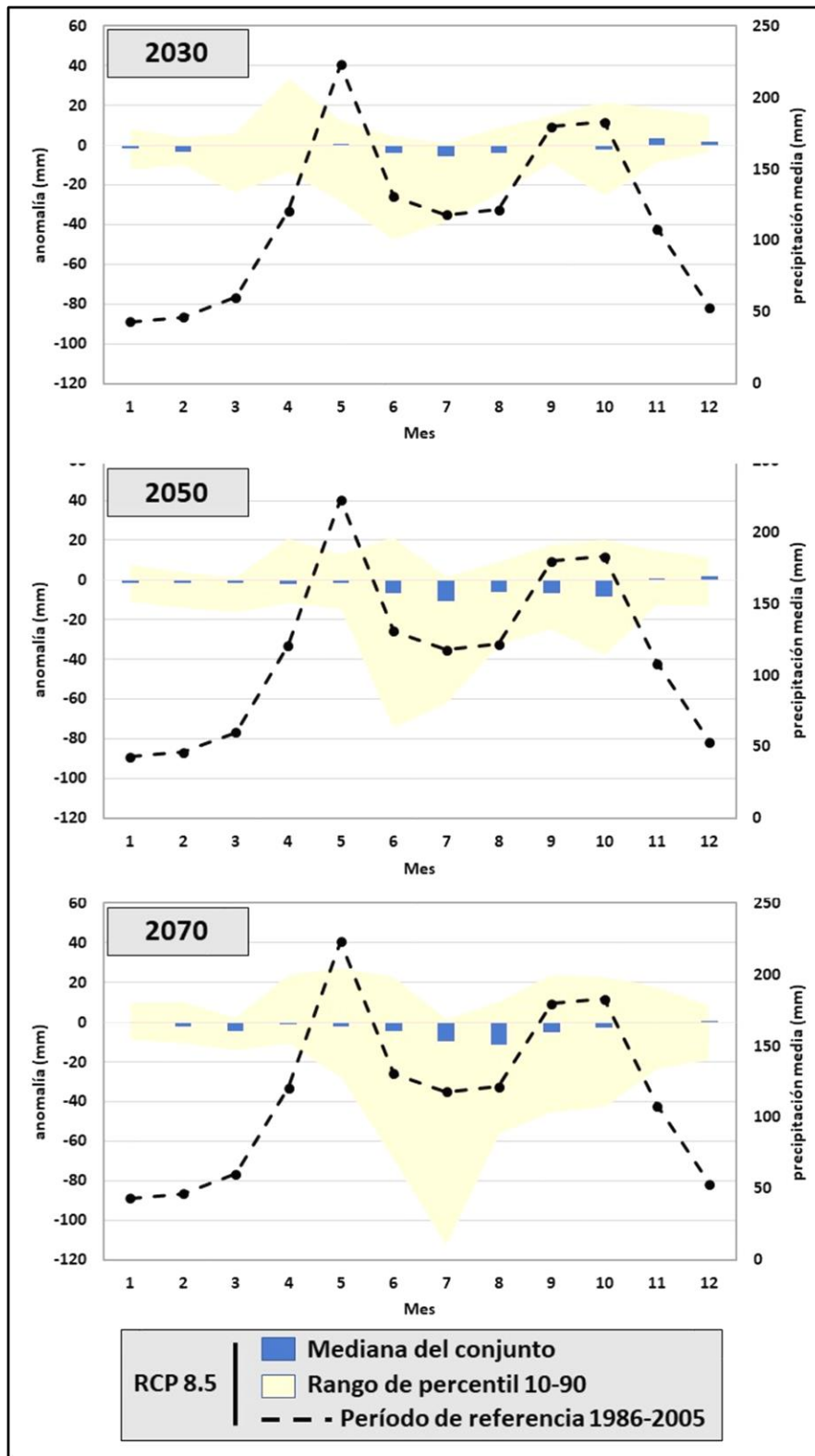


Figura 92: Cambios mensuales promedio de precipitación en 2030, 2050 y 2070 en comparación con el período de referencia para el escenario climático RCP 8.5 y en la región Sur.

6.5.3 Conclusiones principales de las proyecciones climáticas

Los resultados de las simulaciones realizadas destacan que en el futuro la región estará expuesta a condiciones climáticas generalmente más secas y cálidas, así como a precipitaciones extremas más frecuentes.

A partir de estos resultados, para todos los Horizontes temporales, se prevé un incremento de la vulnerabilidad de las plantaciones de plátano, haciéndose más críticos los problemas asociados a la escasez de agua y las altas temperatura, por un lado, y a las inundaciones, por el otro.

Tomando en cuenta que la producción platanera en la región es posible solamente bajo riego, el establecimiento de sistemas apropiados de manejo del recurso hídrico en la zona será clave para la sobrevivencia de la producción en el futuro.

Las fincas ubicadas en la porción occidental de la región, a orilla del Lago Enriqueillo, se configuran como las más críticas en términos de exposición a estrés térmico, que en el futuro podrían perjudicar seriamente su desarrollo y productividad.

Finalmente, las inundaciones constituirán un factor crítico especialmente para las plantaciones ubicadas a lo largo del río Yaque del Sur.

6.6 Síntesis: vulnerabilidad histórica, actual y futura del SPA plátano en la región Sur al cambio climático

Las plantaciones de plátano de la región Sur presentan generalmente un alto nivel de vulnerabilidad, sin que se determine un padrón geográfico claro.

En términos de exposición a los cambios climáticos, el SPA plátano en el Sur se destaca por una exposición fuerte, tanto a las sequías como a las inundaciones. Este cultivo sólo se puede desarrollar con suministro de agua de riego, y la mayoría de las fincas se encuentran en áreas inundables.

En términos de sensibilidad, el 81% de las fincas presentan niveles intermedios, principalmente determinados por la sensibilidad a la desertificación de la mayoría de las tierras cultivadas, y el nivel socioeconómico bajo de los habitantes de los municipios dónde se ubican.

La capacidad adaptativa del SPA se destaca también por ser baja o muy baja para un aproximado 87% de las fincas, lo que refleja en particular la ausencia de personas con nivel económico superior o título académico. Sin embargo, el capital humano del sector sigue importante, con un porcentaje significativo de productores jóvenes.

Al igual que en las demás zonas del país, se proyecta a futuro una tendencia al alza de las temperaturas y a la reducción de las precipitaciones. Lo que deja anticipar un incremento considerable del estrés hídrico de las plantaciones. Dado el contexto actual de insuficiencia de los sistemas de riego existentes, este punto puede volverse crítico a mediano plazo.

En fin, el incremento de la frecuencia de las lluvias extremas deja anticipar problemas recurrentes de inundaciones, en una zona ya sensible.

Los principales impactos anticipados de la variabilidad climática sobre el SPA plátano en la Región Sur, desde el punto de vista del productor, están resumidos en el cuadro siguiente (Figura 93):

Riesgo climático	Impactos directos	Impactos indirectos	Posibles medidas de adaptación
Alza de temperaturas	Estrés hídrico, aumento de evapotranspiración y baja de la producción	Aumento en el consumo de agua, baja de los rendimientos	Mejora de prácticas culturales y manejo de agua
Reducción en el cúmulo de lluvias	Incremento de los ataques de plagas y enfermedades	Baja de rendimientos y de calidad incremento de costos	Rehabilitación o nueva implementación de sistemas de riego y drenaje mejorado, extracción mecánica de agua subterránea.
Cambio en la periodicidad de lluvias			
Incidencia de plagas y enfermedades	Debilitamiento de las plantas, reducción de la producción.		Rotación de cultivos
Inundaciones	Asfixia radicular, muerte de las plantas o alargamiento del ciclo vegetativo. Baja de la producción	Pérdida de cosecha o baja drástica de rendimientos. Puede llevar a la quiebra del productor	Sistemas de drenaje mejorados, incluso con bombas.
Ventarrones	Destrucción parcial o total de las plantaciones. Incrementa los efectos de las sequías y traslada las enfermedades		Barreras vivas y cortinas rompe viento, variedades de porte bajo, manejo cultural con pocas hojas
Salinización de suelos y pérdida de fertilidad	Desarrollo de la planta ralentizado, baja producción. Pérdida de terrenos	Baja de rendimientos y de calidad incremento de costos	Drenajes, enmienda al terreno (materia orgánica, cal y yeso, rotación de cultivos

Figura 93: Síntesis de impactos de la variabilidad climática del SPA plátano en la región Sur. Perspectiva del productor (Autores, 2020).

Aunado a lo anterior, se pueden destacar los siguientes puntos levantados en los talleres:

- Entre los indicadores de exposición, especialmente para una profundización del análisis de vulnerabilidad, debería ser incluido el indicador “salinidad de suelo”, puesto que los suelos de la zona presentan altos niveles de dicha variable. Para estos fines, en el caso en que las informaciones estén disponibles al nivel de detalle requerido, se podría utilizar la base de datos de las Unidades Regionales de Planificación y Economía (URPE) del Ministerio de Agricultura.
- Un elemento importante, destacado también por los bananeros en el noroeste, es el viento, puesto que esta variable es significativa para la región, determinando, en general, daños cuantiosos a la producción de musáceas. Específicamente, la región Sur es una zona extremadamente ventosa y, por ende, no facilita la producción de plátano. Son frecuentes los

daños asociados a viento fuerte y/o a tornados, que ocasionalmente se registran en la zona. Lamentablemente, no se cuenta con registros de daños asociados a fenómenos meteorológicos. Un factor que agudiza los daños producidos por los vientos es la carencia de buenas prácticas de manejo en las fincas, las cuales frecuentemente no cuentan con barreras rompevientos.

ENFOQUE COMPARATIVO ENTRE LOS 6 SPA

El análisis comparativo de los 6 SPA investigados evidencia que el **cacao** es el sistema productivo con los niveles de criticidad menores, si se excluyen algunas áreas limitadas ubicadas en el distrito municipal de Sabana Grande, donde los factores de vulnerabilidad analizados producen una combinación desfavorable para el cultivo, especialmente debido a una alta exposición a las inundaciones y a la baja capacidad adaptativa (Figura 95).

Los demás sectores presentan mayores niveles de criticidad, siendo el **banano** y el **plátano** de los más vulnerables (Figura 95).

En el caso de la **habichuela**, cabe destacar que la vulnerabilidad de elevada a muy elevada que se puede observar en las áreas montañosas de la provincia San Juan está ligada a un conjunto de factores que inciden negativamente sobre el cultivo y que evidencian que esas zonas no son aptas para la producción de este rubro. En efecto, las altas pendientes, acompañadas por precipitaciones abundantes y suelos poco profundos, hacen que los terrenos queden expuestos a fenómenos de erosión acelerada, cuando se elimina la capa arbórea, para dejar espacio a cultivos de ciclo corto, como la habichuela. El resultado es que la zona montañosa de San Juan luce extremadamente degradada (Figura 94). Por lo tanto, en este caso es oportuno propiciar un cambio de uso de suelo, que permita una recuperación del medioambiente



Figura 94: Degradación de tierra en la Sierra de Neyba en El Cercado (provincia San Juan) (foto: Michela Izzo).

Por otro lado, las plantaciones de habichuela establecidas en el fondo de valle de los ríos San Juan y Yaque del Sur, caracterizadas por un tipo de producción tecnificada, presentan un nivel de vulnerabilidad generalmente inferior, si se excluyen algunas fincas ubicadas en los distritos municipales de Las Zanjás y El Rosario (Figura 95). En este caso, el problema principal está ligado a la baja eficiencia de los sistemas de riego, puesto que en su mayoría son por inundación. Esto expone dichas plantaciones a recibir impactos significativos en caso de episodios de sequía intensa y/o prolongada, que determinen el agotamiento de las fuentes de agua aprovechadas.

Entre los sistemas productivos que presentan los niveles más altos de vulnerabilidad están el banano en el noroeste y el plátano en el sur (Figura 95).

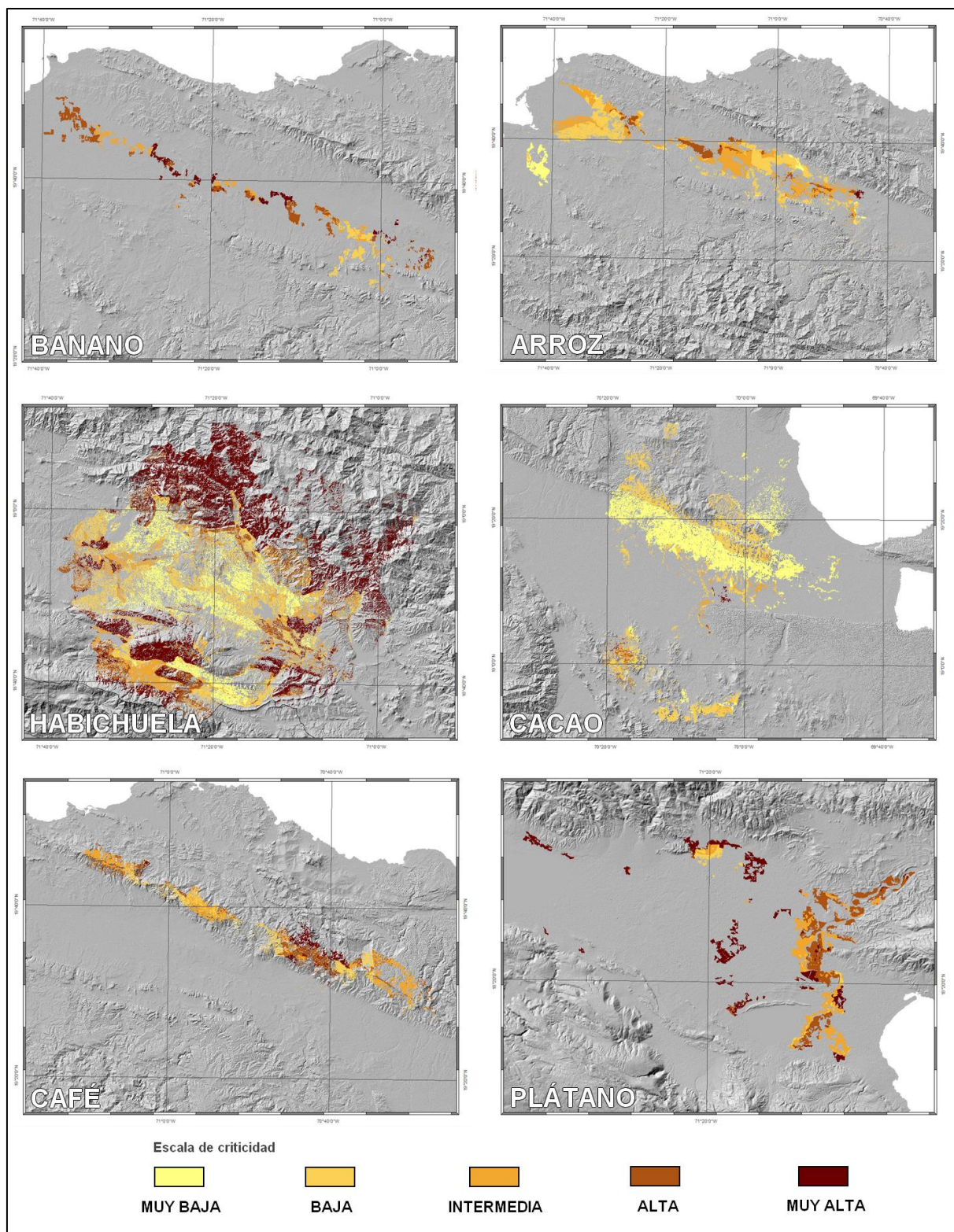


Figura 95: Mapa de Índice de vulnerabilidad actual de los 6 SPA, representado en la misma escala de colores: de amarillo claro (nivel de criticidad MUY BAJO) hasta marrón oscuro (nivel de criticidad MUY ALTO) (Autores, 2019).

En el caso del **banano**, existe una coincidencia de factores que contribuyen a su alta vulnerabilidad. En primer lugar, el cultivo está establecido en una zona que le expone a un déficit hídrico permanente. Si, por un lado, esto reduce la incidencia de enfermedades fúngicas y permite una modalidad orgánica de producción, por el otro requiere de sistemas de riego para poder garantizar la producción. Desde este

punto de vista, en la zona surgen dos dificultades: por un lado, el riego es altamente ineficiente, puesto que es por inundación; por el otro, el banano comparte el territorio de producción con el arroz, cuyas fincas se encuentran río arriba respecto a las plantaciones bananeras y resultan prioritarias en el uso del recurso hídrico. Por lo tanto, el banano está críticamente expuesto a recibir daños y pérdidas significativas en caso de fenómenos de sequía intensa y/o prolongada. Al otro extremo, muchas de las fincas bananeras están sujetas a ser inundadas por las crecidas del río Yaque del Norte, en caso de precipitaciones abundantes e/o intensas que ocurran en cuenca media y alta.

En el caso del **plátano**, la vulnerabilidad presenta caracteres parecidos a lo del banano en el noroeste, puesto que su producción en la zona debe estar sustentada en el riego, siendo estas áreas caracterizadas por clima extremadamente seco. Por otro lado, un porcentaje significativo de las plantaciones está expuesto a inundaciones. Este último problema se considera que será mitigado cuando termine la Presa de Monte Grande, actualmente en construcción, la cual tiene entre sus propósitos el control de avenidas.

En el caso del **arroz**, su vulnerabilidad está vinculada en primer lugar al uso poco eficiente del agua, cuyo consumo es incrementado por estar muchas de las fincas establecidas en terrenos que no retienen adecuadamente la humedad. A la vez, numerosas fincas están expuestas a recibir inundaciones en períodos inapropiados del ciclo productivo, lo cual puede ocasionar daños y pérdidas significativas. Esto hace que algunas plantaciones, concentradas especialmente en los territorios de Guayubín, Villa Vásquez, Hatillo Palma y San Francisco de Jacagua, presenten niveles de alto a muy alto de vulnerabilidad (Figura 95).

En el caso del **café**, en la región Norte, las zonas más vulnerables se encuentran en dos pequeños núcleos en el extremo noroeste, en los distritos de La Caya y Los Hidalgos, y en una zona centro-oriental, que abarca los distritos de San Francisco de Jacagua, Palmar Arriba, Río Grande y Pedro García (Figura 95). En el primer caso, uno de los elementos perjudiciales es la altitud reducida y la exposición a climas generalmente más secos. En el segundo, es la coincidencia de factores naturales y socioeconómicos que determina alta criticidad. Cabe destacar que el sistema productivo del café en la Cordillera Septentrional ha sido seriamente afectado por los ataques de la roya, que en algunos casos han determinado la pérdida completa de las plantaciones y, en algunos casos, especialmente en el territorio de Salcedo, su sustitución por pasto.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El análisis llevado a cabo evidencia que cada uno de los SPA investigados presenta elementos de criticidad específicos, ligados a las características propias del cultivo y a condiciones ambientales y socioeconómicas de la región en la cual están establecidos.

Aunque en términos relativos, es posible afirmar que el cacao es el SPA menos problemático respecto a los demás, cada uno de ellos necesita que se desarrollen e implementen acciones que permitan reducir su vulnerabilidad, de manera acorde a las criticidades identificadas.

Los factores climáticos juegan un rol fundamental para los cultivos. Todos los SPA analizados presentan ciertos niveles de criticidad, especialmente asociados al régimen de precipitación, estando expuestos a daños asociados a escasez de lluvia, por un lado, y a precipitaciones extremas e inundaciones, por el otro. Algunas plantaciones son más vulnerables que otras a las temperaturas altas, estando ubicadas en áreas que ya al presente se encuentran fuera de los rangos térmicos óptimos para el cultivo.

Dichas situaciones hacen que las condiciones climáticas futuras, para las cuales los modelos pronostican lluvias reducidas, temperaturas generalmente más altas y precipitaciones extremas más frecuentes, deben ser tomadas en cuenta para el desarrollo de planes de acción apropiado, que, en el corto, mediano y largo plazo, estén orientados a mitigar los daños asociados y favorecer la adaptación de cada SPA a condiciones climáticas distintas.

Aunque la formulación de recomendaciones específicas y detalladas para la adaptación al cambio climático de los SPA priorizados será el objeto de estudios complementarios, que serán llevados a cabo en una segunda etapa, en el marco de este proyecto, los resultados del presente estudio permiten destacar algunos elementos clave para orientar políticas de sector dirigidas a reducir la vulnerabilidad de los SPA analizados.

En primer lugar, el manejo del agua y las reglas de acceso al sistema de riego son factores fundamentales para los SPA más expuestos a sequía, o sea banano, plátano, arroz y habichuela. Por lo tanto, es necesario mejorar la eficiencia en el uso del agua, estableciendo reglas apropiadas de aprovechamiento y acceso, especialmente en la región Noroeste, donde el consumo de agua iguala o sobrepasa los recursos disponibles en gran parte del año.

La vulnerabilidad asociada al viento fuerte es uno de los elementos críticos más mencionados por los actores locales, especialmente para los SPA del banano y el plátano, donde se observan daños frecuentes asociados a este elemento. Sin embargo, faltan registros y estadísticas específicas, así como mediciones de las variables eólicas que permitan formular análisis detallados en propósito. Esto constituye uno de los puntos a ser mejorados, especialmente tomando en cuenta que las proyecciones disponibles señalan para los años venideros un incremento de la frecuencia de eventos extremos (huracanes en particular).

De forma transversal, las problemáticas socioeconómicas y sociodemográficas afectan a todos los SPA. Se observa una criticidad mayor de los indicadores analizados en las áreas económicamente deprimidas y en las zonas montañosas (caso de los SPA habichuela y café). Por lo tanto, medidas orientadas a la reducción de la vulnerabilidad de los SPA analizados deben enmarcarse en acciones más generales de desarrollo integral de las cuencas.

Para alcanzar la formulación de propuestas de acción concretas y específicas, será necesario investigar con un mayor nivel de detalle los impactos, especialmente socioeconómicos asociados a las condiciones de vulnerabilidad identificadas en el presente estudio. En este sentido, está prevista una fase de análisis destinada a alcanzar dichos objetivos, la cual partirá de los resultados contenidos en los informes de caracterización y vulnerabilidad de los SPA y profundizará dichos aspectos para los dos SPA que serán priorizados. Los resultados de ese análisis serán contenidos en un informe específicamente dedicado a tales fines.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica de los indicadores

A. Indicadores para el SPA del banano

EB1	
Nombre del indicador	Déficit de precipitación anual
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	mm
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Diferencia entre el acumulado anual de precipitación en el territorio y el mínimo de precipitación anual óptima para el cultivo (1440 mm). Diferencia calculada solamente en caso de valores de acumulado inferiores al mínimo requerido.
Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la pluviometría real y el óptimo, mayor es el peligro de que las plantaciones reciban daños asociados a la carencia de agua.

EB2	
Nombre del indicador	Déficit de precipitación mensual
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	Número de meses
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Cálculo del número de meses en los que el acumulado de las precipitaciones es menor del límite inferior del óptimo para el cultivo (120 mm).
Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la pluviometría real y el óptimo, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños asociados a la carencia de agua.

EB3	
Nombre del indicador	Distancia respecto al cauce del río en área inundable
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición

EB3	
Componente	Hidrología
Unidad de medida	m
Fuente del dato	Mapa de las áreas potencialmente inundable del país
Año o periodo de referencia	900 m ²
Metodología del cálculo	Cálculo de la distancia respecto al cauce principal del Río Yaque del Norte dentro del área de la zona inundable.
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	<i>Shapefile</i> proporcionado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI)
Comentarios	Cuanto menor es la distancia del cauce principal del Río Yaque del Norte dentro del área potencialmente inundable, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños y/o pérdidas asociados a fenómenos de inundación y/o encharcamiento.

EB4	
Nombre del indicador	Textura del suelo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Edafología
Unidad de medida	Clase de textura (arenosa, franco-arenosa, franco-arcillosa, arcillosa)
Fuente del dato	Mapa de asociaciones de suelos de la República Dominicana
Año o periodo de referencia	1967
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de textura, dividido en cuatro categorías. Pesos de exposición asignados: Franco-Arenoso (0); Arenoso (20); Franco-Arcilloso (60); Arcilloso (100)
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	OEA, 1967 ⁷⁷
Comentarios	El banano es un cultivo muy sensible al drenaje de los suelos, prefiriendo textura franco-arenosa, que garantizan la percolación apropiada del agua, sin determinar ni encharcamiento ni pérdida rápida del líquido.

EB5	
Nombre del indicador	Profundidad del suelo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Edafología
Unidad de medida	Clase de profundidad (superficial, poco profundo, profundidad media, profundo)
Fuente del dato	Mapa de asociaciones de suelos de la República Dominicana

⁷⁷ OEA. 1967. Mapa de Zonas Ecológicas o de Vida de República Dominicana. In: Reconocimiento y evaluación de los recursos naturales de la República Dominicana: estudio para su desarrollo y planificación, Unión Panamericana, Washington, D.C.

EB5	
Año o periodo de referencia	1967
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de textura, dividido en cuatro categorías. Pesos de exposición asignados: Profundo (0); Profundidad media (20); Poco profundo (60); Superficial (100).
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	OEA, 1967
Comentarios	Los suelos profundos, para el banano así como para otros cultivos, favorecen el desarrollo de la planta y, por ende, la productividad.

B. Indicadores para el SPA del arroz

EA1	
Nombre del indicador	Distancia del óptimo de temperatura
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	°C
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Diferencia entre el valor de temperatura por debajo del mínimo o por encima del máximo y el extremo inferior (25°C) o superior respectivamente (32°C).
Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la temperatura real y el óptimo, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños asociados a estrés térmico.

EA2	
Nombre del indicador	Déficit de precipitación anual
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	mm
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Diferencia entre el acumulado anual de precipitación en el territorio y el mínimo de precipitación anual óptima para el cultivo (1200 mm). Diferencia calculada solamente en caso de valores de acumulados inferiores al mínimo requerido.
Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010

EA2	
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la pluviometría real y el óptimo, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños asociados a la carencia de agua.

EA3	
Nombre del indicador	Distancia respecto al cauce del río en área inundable
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Hidrología
Unidad de medida	m
Fuente del dato	Mapa de las áreas potencialmente inundable del país
Año o periodo de referencia	900 m ²
Metodología del cálculo	Cálculo de la distancia respecto al cauce de las fuentes de agua principales dentro del área de la zona inundable.
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	<i>Shapefile</i> proporcionado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI)
Comentarios	Cuanto menor es la distancia del cauce de las fuentes de agua principales dentro del área potencialmente inundable, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños y/o pérdidas asociados a fenómenos de inundación y/o encharcamiento.

EA4	
Nombre del indicador	Textura del suelo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Edafología
Unidad de medida	Clase de textura (arenosa, franco-arenosa, franco-arcillosa, arcillosa)
Fuente del dato	Mapa de asociaciones de suelos de la República Dominicana
Año o periodo de referencia	1967
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de textura, dividido en cuatro categorías. Pesos de exposición asignados: Arcilloso (0); Franco-Arcilloso (20); Franco-Arenoso (60); Arenoso (100).
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	OEA, 1967
Comentarios	El arroz es un cultivo que necesita de suelos con alto contenido de arcilla, que garanticen la retención de agua.

EA5	
Nombre del indicador	Pendiente
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Topografía
Unidad de medida	%

Fuente del dato	Modelo Digital del Terreno Global
Año o periodo de referencia	2009
Metodología del cálculo	Diferencia entre la pendiente real y el límite superior (5%) del rango óptimo. Cálculo de pendiente mediante la función <i>Slope</i> en el software SIG. Diferencia calculada solamente en el caso de valores reales fuera del rango óptimo.
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	NASA, 2009 ⁷⁸
Comentarios	El incremento de pendiente fuera del rango óptimo aumenta el riesgo de erosión y pérdida de suelo y, a la vez, dificulta las labores asociadas a la producción de este cultivo.

C. Indicadores para el SPA de la habichuela

EH1	
Nombre del indicador	Distancia del óptimo de temperatura
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	°C
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Diferencia entre el valor de temperatura por debajo del mínimo o por encima del máximo y el extremo inferior (18°C) o superior respectivamente (24°C).
Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la temperatura real y el óptimo, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños asociados a estrés térmico.

EH2	
Nombre del indicador	Déficit de precipitación por ciclo productivo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	NA
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Cálculo del número de cuatrimestre (marzo-junio, julio-octubre, noviembre-febrero) en los que el acumulado de las precipitaciones es

⁷⁸ NASA. 2009. Global Digital Elevation Model (GDEM). Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), Washington, DC.

	inferior al límite inferior (300 mm) o superior (500 mm) óptimos para el cultivo. Suma al resultado de las diferencias encontradas entre los valores inferiores o superiores y los óptimos para los tres cuatrimestres.
Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la pluviometría real y el óptimo, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños por déficit hídrico o, al revés, por exceso de agua.

EH3	
Nombre del indicador	Distancia respecto al cauce del río en área inundable
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Hidrología
Unidad de medida	m
Fuente del dato	Mapa de las áreas potencialmente inundable del país
Año o periodo de referencia	900 m ²
Metodología del cálculo	Cálculo de la distancia respecto al cauce de las fuentes de agua principales dentro del área de la zona inundable.
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	<i>Shapefile</i> proporcionado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI)
Comentarios	Cuanto menor es la distancia de las fuentes de agua principales dentro del área potencialmente inundable, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños y/o pérdidas asociados a fenómenos de inundación y/o encharcamiento.

EH4	
Nombre del indicador	Textura del suelo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Edafología
Unidad de medida	Clase de textura (arenosa, franco-arenosa, franco-arcillosa, arcillosa)
Fuente del dato	Mapa de asociaciones de suelos de la República Dominicana
Año o periodo de referencia	1967
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de textura, dividido en cuatro categorías. Pesos de exposición asignados: Franco-Arcilloso (0); Franco-Arenoso (20); Arenoso (60); Arcilloso (100)
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	OEA, 1967
Comentarios	La habichuela es un cultivo que prefiere suelos con textura de franco-arenosa a franco-arcillosa, que garanticen buen drenaje.

EH5

Nombre del indicador	Profundidad del suelo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Edafología
Unidad de medida	Clase de profundidad (superficial, poco profundo, profundidad media, profundo)
Fuente del dato	Mapa de asociaciones de suelos de la República Dominicana
Año o periodo de referencia	1967
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de textura, dividido en cuatro categorías. Pesos de exposición asignados: Profundo (0); Profundidad media (20); Poco profundo (60); Superficial (100).
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	OEA, 1967
Comentarios	Los suelos profundos, para la habichuela así como para otros cultivos, favorecen el desarrollo de la planta y, por ende, la productividad.

EH6	
Nombre del indicador	Pendiente
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Topografía
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Modelo Digital del Terreno Global
Año o periodo de referencia	2009
Metodología del cálculo	Diferencia entre la pendiente real y el límite superior (5%) del rango óptimo. Cálculo de pendiente mediante la función <i>Slope</i> en el software SIG.
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	NASA, 2009
Comentarios	Cuanto más grande es la diferencia de la pendiente real respecto al óptimo, mayor es el riesgo de erosión y pérdida de suelo.

D. Indicadores para el SPA del cacao

ECH1	
Nombre del indicador	Déficit de precipitación mensual
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	Número de meses
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Cálculo del número de meses en los que el acumulado de las precipitaciones es menor del límite inferior del óptimo para el cultivo (100 mm).

Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la pluviometría real y el óptimo, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños asociados a la carencia de agua.

ECH2	
Nombre del indicador	Distancia del óptimo de temperatura
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	°C
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Diferencia entre el valor de temperatura por debajo del mínimo o por encima del máximo y el extremo inferior (24°C) o superior respectivamente (26°C).
Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la temperatura real y el óptimo, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños asociados a estrés térmico.

ECH3	
Nombre del indicador	Textura del suelo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Edafología
Unidad de medida	Clase de textura (arenosa, franco-arenosa, franco-arcillosa, arcillosa)
Fuente del dato	Mapa de asociaciones de suelos de la República Dominicana
Año o periodo de referencia	1967
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de textura, dividido en cuatro categorías. Pesos de exposición asignados: Franco-Arcilloso (0); Franco-Arenoso (10); Arenoso (70); Arcilloso (100).
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	OEA, 1967
Comentarios	El cacao es un cultivo que prefiere suelos con textura franco-arcillosa, con características de buena aeración y, a la vez, buena retención de agua.

ECH4	
Nombre del indicador	Profundidad del suelo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición

Componente	Edafología
Unidad de medida	Clase de profundidad (superficial, poco profundo, profundidad media, profundo)
Fuente del dato	Mapa de asociaciones de suelos de la República Dominicana
Año o periodo de referencia	1967
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de textura, dividido en cuatro categorías. Pesos de exposición asignados: Profundo (0); Profundidad media (20); Poco profundo (60); Superficial (100).
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	OEA, 1967
Comentarios	Los suelos profundos, para el cacao así como para otros cultivos, favorecen el desarrollo de la planta y, por ende, la productividad.

ECH5	
Nombre del indicador	Pendiente
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Topografía
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Modelo Digital del Terreno Global
Año o periodo de referencia	2009
Metodología del cálculo	Diferencia entre la pendiente real y el límite superior (15%) del rango óptimo. Cálculo de pendiente mediante la función <i>Slope</i> en el software SIG. Diferencia calculada solamente en el caso de valor real fuera del rango óptimo.
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	NASA, 2009
Comentarios	Cuanto más grande es la diferencia de la pendiente real respecto al óptimo, mayor es el riesgo de erosión y pérdida de suelo.

ECH6	
Nombre del indicador	Distancia respecto al cauce del río en área inundable
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Hidrología
Unidad de medida	m
Fuente del dato	Mapa de las áreas potencialmente inundable del país
Año o periodo de referencia	900 m ²
Metodología del cálculo	Cálculo de la distancia respecto al cauce de las fuentes de agua principales dentro del área de la zona inundable.
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	<i>Shapefile</i> proporcionado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI)

Comentarios	Cuanto menor es la distancia de las fuentes de agua principales dentro del área potencialmente inundable, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños y/o pérdidas asociados a fenómenos de inundación y/o encharcamiento.
--------------------	---

E. Indicadores para el SPA del café

EC1	
Nombre del indicador	Déficit de precipitación anual
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	mm
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Diferencia entre el acumulado anual de precipitación en el territorio y el mínimo de precipitación anual óptima para el cultivo (1200 mm). Diferencia calculada solamente en caso de valores de acumulado inferiores al mínimo requerido.
Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la pluviometría real y el óptimo, mayor es el peligro de que las plantaciones reciban daños asociados a la carencia de agua.

EC2	
Nombre del indicador	Déficit de precipitación mensual
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	Número de meses
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Cálculo del número de meses en los que el acumulado de las precipitaciones es menor del límite inferior del óptimo para el cultivo (100 mm).
Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la pluviometría real y el óptimo, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños asociados a la carencia de agua.

EC3	
Nombre del indicador	Distancia respecto al cauce del río en área inundable
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición

Componente	Hidrología
Unidad de medida	m
Fuente del dato	Mapa de las áreas potencialmente inundable del país
Año o periodo de referencia	900 m ²
Metodología del cálculo	Cálculo de la distancia respecto al cauce de las fuentes de agua principales dentro del área de la zona inundable.
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	<i>Shapefile</i> proporcionado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI)
Comentarios	Cuanto menor es la distancia del cauce de las fuentes de agua principales dentro del área potencialmente inundable, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños y/o pérdidas asociados a fenómenos de inundación y/o encharcamiento.

EC4	
Nombre del indicador	Textura del suelo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Edafología
Unidad de medida	Clase de textura (arenosa, franco-arenosa, franco-arcillosa, arcillosa)
Fuente del dato	Mapa de asociaciones de suelos de la República Dominicana
Año o periodo de referencia	1967
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de textura, dividido en cuatro categorías. Pesos de exposición asignados: Franco-Arenosa (0); Arenosa (20); Franco-Arcillosa (60); Arcillosa (100).
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	OEA, 1967
Comentarios	El café es un cultivo que prefiere suelos con textura de franco-arenosa a moderadamente franco-arcillosa, que favorezcan el drenaje.

EC5	
Nombre del indicador	Profundidad del suelo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Edafología
Unidad de medida	Clase de profundidad (superficial, poco profundo, profundidad media, profundo)
Fuente del dato	Mapa de asociaciones de suelos de la República Dominicana
Año o periodo de referencia	1967
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de textura, dividido en cuatro categorías. Pesos de exposición asignados: Profundo (0); Profundidad media (20); Poco profundo (60); Superficial (100).
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	OEA, 1967

Comentarios	Los suelos profundos, para el café, así como para otros cultivos, favorecen el desarrollo de la planta y, por ende, la productividad.
--------------------	---

F. Indicadores para el SPA del plátano

EP1	
Nombre del indicador	Déficit de precipitación anual
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	mm
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Diferencia entre el acumulado anual de precipitación en el territorio y el mínimo de precipitación anual óptima para el cultivo (1200 mm). Diferencia calculada solamente en el caso de valores de acumulado inferiores al mínimo requerido.
Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la pluviometría real y el óptimo, mayor es el peligro de que las plantaciones reciban daños asociados a la carencia de agua.

EP2	
Nombre del indicador	Déficit de precipitación mensual
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Clima
Unidad de medida	Número de meses
Fuente del dato	Mapa climático de República Dominicana
Año o periodo de referencia	1971-2000
Metodología del cálculo	Cálculo del número de meses en los que el acumulado de las precipitaciones es menor del límite inferior del óptimo para el cultivo (100 mm).
Resolución / Desagregación	1 km ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2010
Comentarios	Cuanto mayor es la diferencia entre la pluviometría real y el óptimo, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños asociados a la carencia de agua.

EP3	
Nombre del indicador	Distancia respecto al cauce del río en área inundable
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Hidrología
Unidad de medida	m

EP3	
Fuente del dato	Mapa de las áreas potencialmente inundable del país
Año o periodo de referencia	900 m ²
Metodología del cálculo	Cálculo de la distancia respecto al cauce de las fuentes de agua principales dentro del área de la zona inundable.
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	<i>Shapefile</i> proporcionado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI)
Comentarios	Cuanto menor es la distancia del cauce de las fuentes de agua principales dentro del área potencialmente inundable, mayor es el riesgo de que las plantaciones reciban daños y/o pérdidas asociados a fenómenos de inundación y/o encharcamiento.

EP4	
Nombre del indicador	Textura del suelo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Edafología
Unidad de medida	Clase de textura (arenosa, franco-arenosa, franco-arcillosa, arcillosa)
Fuente del dato	Mapa de asociaciones de suelos de la República Dominicana
Año o periodo de referencia	1967
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de textura, dividido en cuatro categorías. Pesos de exposición asignados: Franco-Arenoso (0); Arenoso (20); Franco-Arcilloso (60); Arcilloso (100)
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	OEA, 1967
Comentarios	El plátano es un cultivo muy sensible al drenaje de los suelos, prefiriendo textura franco-arenosa, que garantizan la percolación apropiada del agua, sin determinar ni encharcamiento ni pérdida rápida del líquido.

EP5	
Nombre del indicador	Profundidad del suelo
Dimensión de vulnerabilidad	Exposición
Componente	Edafología
Unidad de medida	Clase de profundidad (superficial, poco profundo, profundidad media, profundo)
Fuente del dato	Mapa de asociaciones de suelos de la República Dominicana
Año o periodo de referencia	1967
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de textura, dividido en cuatro categorías. Pesos de exposición asignados: Profundo (0); Profundidad media (20); Poco profundo (60); Superficial (100).
Resolución / Desagregación	900 m ²

Fuente bibliográfica	OEA, 1967
Comentarios	Los suelos profundos, para el banano así como para otros cultivos, favorecen el desarrollo de la planta y, por ende, la productividad.

G.Indicadores comunes a todos los SPA

S1	
Nombre del indicador	Índice de Sensibilidad a la Desertificación
Dimensión de vulnerabilidad	Sensibilidad
Componente	Múltiples
Unidad de medida	NA
Fuente del dato	Mapa de sensibilidad a la desertificación de la República Dominicana
Año o periodo de referencia	2013
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de sensibilidad a la desertificación.
Resolución / Desagregación	900 m ²
Fuente bibliográfica	Izzo et al., 2013 ⁷⁹
Comentarios	La ubicación de una plantación en un área con mayor sensibilidad a la desertificación incrementa el nivel general de vulnerabilidad de esta.

S2	
Nombre del indicador	Porcentaje de personas del sector agrícola con nivel económico bajo o muy bajo
Dimensión de vulnerabilidad	Sensibilidad
Componente	Socioeconomía
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Grupo socioeconómico calculado CPro (indicador Censo Nacional)
Año o periodo de referencia	2010
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de distribución de los valores del indicador a escala distrital.
Resolución / Desagregación	Distrital
Fuente bibliográfica	ONE, 2010
Comentarios	Condiciones económicas bajas reducen las posibilidades de inversiones, así como las posibilidades de recuperación en caso de daño o pérdida.

S3	
Nombre del indicador	Porcentaje de personas del sector agrícola de 65 años o más
Dimensión de vulnerabilidad	Sensibilidad

⁷⁹ Izzo, M., Araujo, N., Aucelli, P.P.C., Maratea, A., Sánchez, A. 2013. Land sensitivity to desertification in the Dominican Republic: an adaptation of the ESA methodology. Land Degradation and Development, 24(5), 486-498. DOI: 10.1002/ldr.2241

S3	
Componente	Socioeconomía
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Edad en grandes grupos (indicador Censo Nacional)
Año o periodo de referencia	2010
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de distribución de los valores del indicador a escala distrital.
Resolución / Desagregación	Distrital
Fuente bibliográfica	ONE, 2010
Comentarios	Porcentajes mayores de población envejecientes en el sector agrícola reducen el relevo generacional y la sostenibilidad de la actividad productiva.

CA1	
Nombre del indicador	Porcentaje de personas del sector agrícola en el rango de edad 25-44 años
Dimensión de vulnerabilidad	Capacidad Adaptativa
Componente	Socioeconomía
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Edad en grupos quinquenales 0, 1-4, ..., 85 y más (indicador Censo Nacional)
Año o periodo de referencia	2010
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de distribución de los valores del indicador a escala distrital.
Resolución / Desagregación	Distrital
Fuente bibliográfica	ONE, 2010
Comentarios	Porcentajes mayores de población en edad productiva en el sector agrícola incrementan las posibilidades de desarrollar e implementar soluciones innovadoras y, en general, aumentan la sostenibilidad.

CA2	
Nombre del indicador	Porcentaje de personas del sector agrícola con nivel económico medio o superior
Dimensión de vulnerabilidad	Capacidad Adaptativa
Componente	Socioeconomía
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Grupo socioeconómico calculado CSPro (indicador Censo Nacional)
Año o periodo de referencia	2010
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de distribución de los valores del indicador a escala distrital.
Resolución / Desagregación	Distrital
Fuente bibliográfica	ONE, 2010
Comentarios	La existencia de grupos que cuentan con mayores facilidades y recursos económicos en el sector agrícola incrementa las posibilidades de

CA2

realizar inversiones para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de los sistemas productivos.

CA3

Nombre del indicador	Porcentaje de personas del sector agrícola con título académico
Dimensión de vulnerabilidad	Capacidad Adaptativa
Componente	Sociología
Unidad de medida	%
Fuente del dato	Nivel educativo más alto al que asistió (indicador Censo Nacional)
Año o periodo de referencia	2010
Metodología del cálculo	Superposición del área de las fincas al mapa de distribución de los valores del indicador a escala distrital.
Resolución / Desagregación	Distrital
Fuente bibliográfica	ONE, 2010
Comentarios	La existencia de grupos que cuentan con formación académica en el sector agrícola incrementa las posibilidades de desarrollar e implementar soluciones innovadoras y, en general, aumenta la sostenibilidad.

Anexo 2. Ficha descriptiva de los talleres regionales

Hora	Actividad	Objetivo	Descripción	Material
08:00	Registro de participantes	Registrar los participantes y establecer grupos para las mesas redondas.	Se da la bienvenida a todos y se establece la lista de los presentes con base en hojas de registro preestablecidas. Se establecen los grupos.	Hojas de registro
15				
30	Bienvenida y presentación del taller	Aclarar los objetivos y resultados esperados del taller.	Se presenta el contexto del estudio y sus etapas, se presenta el orden del día, se contestan preguntas.	Presentación ppt del orden del día 2-4 slides
45				
09:00	Presentación de los resultados de la caracterización del SPA	Compartir los resultados del trabajo de caracterización y del análisis de vulnerabilidad.	Se hacen dos presentaciones distintas (caracterización y luego vulnerabilidad) para el SPA/la región considerada por el taller, siguiendo la estructura de los informes correspondientes.	Dos presentaciones ppt, calibradas par una media hora cada una (15 slides max)
15	Presentación del estudio de vulnerabilidad del SPA			
30				
45				
10:00	Ronda de preguntas y observaciones	Validar / completar los resultados presentados e introducir la reflexión sobre los impactos.	Se abre una ronda de preguntas y comentarios y se toman las retroalimentaciones de los participantes.	N/A
15	Receso y organización de las mesas redondas			
30				
45				
11:00	Mesa redonda por grupos de actores	Caracterizar en cada grupo: - Los impactos potenciales directos de la variabilidad y de los eventos climáticos considerados - Los márgenes de maniobra que se tienen para mitigar estos impactos - Lo que se podría esperar de otros actores para minimizar los impactos - Las implicaciones sobre cuestiones de género y grupos vulnerables	Según el número y el tipo de participantes, se reparten en 3 - 4 grupos: (i) pequeños productores, cooperativas de producción y juntas de regantes, (ii) y grandes productores, (iii) proveedores, intermedios, transformadores y exportadores, (iv) servicios de apoyo gubernamentales, académicos, financieros, y aseguradoras. En cada grupo se procede a responder a las preguntas detonadoras y se llena una hoja de sistematización.	Un facilitador SalvaTerra / Guakía / REDDOM por mesa. Hojas de sistematización, paperboard y plumones.
15				
30				
45				
12:00				
15				
30				
45				
13:00	Restitución y cierre	Compartir los resultados de las mesas redondas, agradecer los participantes	Un participante de cada mesa redonda comparte los resultados sobre la base de su hoja de sistematización. Se dan unas palabras de agradecimiento y cierre.	N/A
15				

Anexo 3. Listas de participantes a los talleres regionales

A.SPA Banano

Facilitadores: Yaneris Collado (Fundación REDDOM), Michela IZZO (Guakia Ambiente) y David COMBAZ (Salva Terra)						
Lugar: Salón de capacitaciones de INDENOR, Mao.						
Fecha: 22 de enero, 2020						
Núm	Nombre(s) y Apellido (s)	Institución o Empresa	Tipo de actor	Género	Teléfono	Correo electrónico
1	Domingo Rengito	IDIAF	Técnico	M	809-223-3505	rengisar@hotmail.com
2	Blanca Curcio	ETH ZURICH	Estudiante	F	417-862-7929	bianca.curci94@gmail.com
3	Alexander Cueto F.	BANELINO	Técnico y productor	M	829-256-0799	bandelinobiodiversidad@gmail.com
4	Juan Reinoso	LA SANTA CRUZ	Técnico y productor	M	829-423-1586	info@santacruz.com.do
5	Eleazar Reyes A.	ASEXBAM	Técnico	M	849-816-2901	checho19reyes@gmail.com
6	Luis Minier	M.A-Agrodosa	Técnico	M	849-451-4114	luisminoo@gmail.com
7	José Ant. Reyes	Asoc. Santa Fe	Técnico y productor	M	829-363-0045	josereyes@asociacionsantafe.com.do
8	Bolívar Andrés Castillo M.	Banco Adopem	Proveedor servicios financieros	M	829-6796159	puchyjnt@gmail.com
9	Senin Alt. Mercedes	INDENOR	Técnico	F	809-519-5488	indenorplanificacion@gmail.com
10	José Luis Ferreira	INDENOR	Técnico	M	829-619-4434	indenordesarrollohumano@gmail.com
11	Darío Vargas	FIKSAR	Consultor agrícola sector banano	M	809-399-1900	dariovargas.rd@gmail.com
12	Luis Bonilla	JAD	Técnico, productor y Presidente JAD.	M	809-707-18-77	larimar13@claro.net.do
13	Orlando Omar	JAD	Técnico y consultor sector banano	M	809-763-8605	

B. SPA Arroz

Facilitador (es): Luis Tolentino (Fundación REDDOM), Mario Veras Barranco (Guakia Ambiente) y Olivier BOUYER (Salva Terra)						
Lugar: Salón de Capacitaciones de La Junta de Regante de Esperanza						
Fecha: 22 de enero, 2020						
Núm.	Nombre(s) y Apellido (s)	Institución o Empresa	Tipo de actor	Género	Teléfono (s)	Correo electrónico
1	Cesarina Rodríguez	CUFE	Productora	F	829-520-2907	juntacufe@gmail.com
2	Mercedes Tejada	CUFE	Productora	F	829-394-3120	
3	Andrea Cruz M.	CUFE	Productora	M	829-425-7466	
4	Juan Cabrera	CUFE	Productor	M	829-494-3429	
5	Héctor Tejada	ARROCERA REYES TEJADA	Comerciante	M	809-585-8045	
6	Reyna Peralta	COOPAVA	Proveedor Servicios Financieros	F	809-585-7876	coopava@hotmail.com
7	José Alberto Bisonó	Factoría Tierra Nueva	Comerciante	M	809-585-1255	jabisonob@gmail.com
8	José Sánchez	Factoría Tierra Nueva	Comercializadora	M	809-390-7703	factoriatierranueva@gmail.com
9	Chanel Cespedes Reyes	Junta CUFE	Productor	M	829-520-0896	profechanel78@gmail.com
10	Pascual Cruz	Junta MAO	Productor	M	809-722-8909	
11	Daniel Morel	Junta CUFE	Productor	M	809-696-2204	
12	Américo Tejada	Junta CUFE	Productor	M	829-520-1011	
13	Víctor Cabrera	Junta CUFE	Productor	M	829-520-3485	cuavictor19@gmail.com
14	Julio Cesar Torres	Ministerio Agricultura	Técnico	M	829-285-2057	cert586@gmail.com
15	Antonio J. Marte	JUNTA CUTE	Productor	M	809-543-2268	
16	Lucas Tejada	Junta Cute	Productor	M	809-504-0564	
17	Andrés Fernández	INDRHI	Técnico	M	809-844-0874	afernandez@gmail.com
18	Ismael Martínez	Asociación Arroceras las Matas Santa Cruz	Comerciante	M	809-722-8493	

C.SPA Cacao

Facilitador (es): Yaneris Collado (Fundación REDDOM) Michela IZZO (Guakia Ambiente), Olivier BOUYER (Salva Terra)						
Lugar: Salón de capacitaciones de la estación experimental del IDIAF, Mata Larga, San Francisco de Macorís						
Fecha: 23 de enero, 2020						
Núm.	Nombre(s) y Apellido (s)	Institución o Empresa	Tipo de actor	Género	Teléfono (s)	Correo electrónico
1	Nelsida Martínez	IDIAF	Técnico	F	829-837-1810	nelsidadmartinez2608@gmail.com
2	Altagracia Ureña Paulino	Estudiante	Estudiante	F	829-423-0395	
3	Elsa Sánchez	IDIAF	Técnico	F	809-235-1266	elsasanchez1104@hotmail.com
4	Janle Alberti Cruz	M.A	Técnico	M	829-725-0364	j.alberticc20@gmail.com
5	Marianny Reynoso	M.A	Técnico	F	849-254-2204	mariannyreynosobetances22@gmail.com
6	Edward Miguel Frias	M.A	Técnico	M	829-536-7102	efriasfrias@gmail.com
7	José Antonio Núñez	M.A	Técnico	M	809-961-8299	joseagronomo14@gmail.com
8	Delki José Mendoza	CONACADO	Técnico	M	809-264-3902	delkimendoza741@gmail.com
9	José Ramón Tejada	CONACADO	Técnico	M	829-502-8592	joseramontejada85@gmail.com
10	Susana Yocasta Galán	IDIAF	Técnico	F	829-213-0829	dicertrdnordeste@gmail.com
11	José Elías Vargas	UMEMPROTEC	Técnico	M	829-275-1120	joseluisvargas@hotmail.com
12	Alejandro María Núñez	Estación Experimental IDIAF	Técnico	M	829-423-0390	alenork@hotmail.com
13	Luis Manuel Ramos Taveras		Productor	M		
14	Pedro Domínguez	IDIAF	Productor	M	809-209-6300	pedroantonio26@hotmail.com
15	Tony Galan	INADEB	Técnico	M	809-3585819	
16	Luis E. López	INADEB	Técnico	M	809-235-2680	edmundoluis23@yahoo.com
17	Carlos Darío Negrín		Productor	M	809-638-2829	c_negrin17@hotmail.com
18	Orlando Rodríguez	IDIAF	Técnico	M	809-850-7181	orodriguezcacao@hotmail.com
19	Manuel A. polo	IDA	Técnico	M	809-881-0505	manuelplom@gmail.com
20	Alberto Peña Hernández		Productor	M	809-715-5856	penahernandez@gmail.com
21	Artemio Peralta	Asociación de Productores de Cacao del Cibao	Productor	M	809-543-7192	antonio_peralta@hotmail.com
22	Elena Cruz	IAD	Técnico	F	809-513-6769	decruz0814@hotmail.com
23	Daury Reyes	Banco Adopem	Servicios financieros	M	829-420-9951	
24	Bruno Veras	Asociación de productores	Productor	M	809-710-3620	

D. SPA Café

Facilitador (es): Luis Tolentino (Fundación REDDOM), Mario Veras Barranco (Guakia Ambiente) y David COMBAZ (Salva Terra)						
Lugar: Salón de capacitaciones del Centro Cultural Padre Félix Ascarante en Salcedo						
Fecha: 23 de enero, 2020						
Núm.	Nombre(s) y Apellido (s)	Institución o Empresa	Tipo de actor	Género	Teléfono (s)	Correo electrónico
1	Eladio Guzmán	COOPDIESA	Técnico	M	829-967-1344	
2	Elizet Cruz	FEDA	Técnico	M	809-501-0747	
3	Yasmin De La Cruz	Directora Centro promoción Cultural, Salcedo	Técnico	F	809-618-5852	dculturahermanasmirabal@gmail.com
4	Carmen Julia	Distrito Educativo	Académica	F	829-291-1978	
5	Emmanuel Picahardo	INDOCAFE	Técnico	M	809-826-6094	
6	Atacio Salcedo	Ministerio Agricultura	Técnico	M	829-679-1934	astaciosalcd@hotmail.com
7	Juan Isidro Rodríguez	Ministerio Agricultura	Técnico	M	829-679-1939	ovallejosealfredo@gmail.com
8	José A. Núñez Ramos	INDOCAFE	Técnico	M	829-397-4788	josenunez0658@gmail.com
9	Miguel Ureña	INDOCAFE	Técnico	M	829-459-4362	miguel_u.p@hotmail.com
10	Miguel Mercado	INDOCAFE	Técnico	M	829-428-7647	miguelmercadocamila@gmail.com
11	Pablo Suarez	Productor Independiente	Productor	M	849-856-5550	psuarez@hotmail.com
12	Emilario R. Pichardo	Asociación Caficultores Villa Trina	Productor	M	809-978-3130	
13	Gregorio Camilo	Asociación de Caficultores La Altagracia	Productor	M	809-804-2918	gregoriorg25@gmail.com
14	Belkis Ramírez	CAFESA	Técnico	F	809-389-7590	
15	José Antonio Rosario	CAFESA	Técnico	M	829-929-0122	jrosario1@yahoo.com.mx
16	Aracelis Vargas	Productora	Productora	F	809-810-5252	
17	Juan Núñez	Productor	Productor	M	809-914-5384	montellanosalceso@gmail.com
18	Juan Bencosme	INDOCAFE- Productor	Productor	M	809-669-8062	juanbencosme56@gmail.com
19	Leonardo Marte	CAFESA-CMCJ	Técnico	M	829-929-1393	lic.leonardomarte@gmail.com
20	Santa Luna	CAFESA	Técnico	M	829-748-3090	
21	Juan Isidro Cordero	CAFESA	Productor	M	849-650-6783	
22	Ángel Molina	CAFESA	Productor	M	829-33-8921	
23	Darío Blanco Sosa	Ministerio de Agricultura	Técnico	M	829-679-1940	dblancososa@yahoo.com
24	Aridio González	CEPDCAFEM	Productor	M	829-756-8816	
25	Ramón Antonio Núñez	INDOCAFE	Técnico	M	829-467-7304	ramonnunez@hotmail.com
26	Ramón Acosta	Asoc. Prof. José R Vasquez	Productor	M	809-693-6622	

27	Ángel Brito	CEPDOCAFEN	Productor	M	809-817-1546	
28	Juan Pablo Tejada G.	CEPDOFEN	Productor	M	809-607-3398	
29	Jenny Evangelista	CEPDOFEN	Productora	M	829-655-2695	
30	Francisco Grullon	CEPDOFEN	Productor	M		
31	Teófilo Tejada	CEPDOFEN	Productor	M		
32	José Luis Brouen	Banco Adopem	Servicios Financieros	M	829-216-4042	
33	Ramón Díaz	INDOCAFE	Técnico	M	809-815-9631	
34	Roberto Adames	INDOCAFE	Técnico	M	829-548-4554	
35	Fausto Rosario	INDOCAFE	Técnico	M	849-205-8252	
36	Ynocencio Martínez	FEGRUCA	Productor	M	849-5778630	fegruca@gmail.com
37	Bernarda del Carmen Reyes	FEGRUCA	Productora	F	809-771-3414	fegruca@gmail.com
38	Bernardo Martínez	FEGRUCA	Productor	M	809-480-8370	fegruca@gmail.com
39	Juan Garcia	ASCAVITRI	Productor	M	829-6324650	
40	Pedro Antonio Lantigua	ASCAVITRI	Productor	M	809-958-3657	
41	José M. Candelario	INDOCAFE	Técnico	M	809-910-3002	
42	Ana Mercedes Lora	CAFESA	Técnico	M	829-368-7378	

E. SPA Habichuela

Facilitador (es) Luis Tolentino (Fundación REDDOM), Mario Veras Barranco (Guakia Ambiente) y Olivier BOUYER (Salva Terra)						
Lugar: Salón de la Asociación de Molineros de San Juan						
Fecha: viernes 24 de enero, 2020						
Núm.	Nombre(s) y Apellido (s)	Institución o Empresa	Tipo de actor	Género	Teléfono (s)	Correo electrónico
1	José F. Alcántara	Banco Adopem	Servicios financieros	M	829-222-8660	jalcantara@adopem.com.do
2	Madelym Victoriano	ASOCIACION MOLINEROS	Comerciante	F	829-589-2176	asociacionmolineros@hotmail.com
3	José Luis Dirocie	Asoc. De Molineros	Comerciante	M	829-558-7597	
4	Ramón A. Batista	Ministerio de Agricultura	Técnico	M	829-697-3940	
5	Cirilo Santiago Díaz	M.A	Técnico	M	809-371-5511	
6	Tirso Bido Jiménez	Junta de Regante V. S.	Productor	M	829-877-6166	
7	Narcy A. Soler	M.A	Técnico	M	809-949-5122	nancysoler@gmail.com
8	Francisco Recio C.	M.A	Técnico	M	809-727-6918	
9	José Enrique de la Rosa	M.A	Técnico	M	809-782-4225	enrique1234@gmail.com
10	Cristóbal Ferreras	M.A	Técnico	M	829-302-8358	ffcristobal@yahoo.com
11	Juan Mateo Hidalgo	M.A	Técnico	M	829-839-1312	
12	Ronald Abreu A.	Banco Adopem	Servicios financieros	M	829-451-0181	
13	Manuel E. Carrasco	Ministerio Agricultura	Técnico	M	849-629-7179	manuelk37@hotmail.com
14	Diomedes Mato	M.A	Técnico	M	829-846-0898	
15	Wilson Terrero T.	FECADESJ	Técnico	M	829-554-4872	terrero232@gmail.com
16	Francisco Mateo	Asotecal M.F. Asociación tec. agrónoma	Técnico	M	829-526-4918	franciscomateo1210@gmail.com
17	Domingo Aquino	M.A	Técnico	M	809-861-5102	
18	Adelio Ramírez		Productor	M	809-406-7904	
19	Juan Fragoso	FECAREST	Técnico	M	809-359-6992	jfragososanchez@yahoo.com
20	Manuel Matos	CAM	Técnico	M	849-2722157	causj2013@gmail.com
21	Eduardo Suero	Asociación de Agricultura Espiritud	Productor	M	849-620-3116	eduardosuero650@gmail.com
22	Alejandro Ramírez	Asociación de molineros	Comerciante	M	809-707-1749	alejandroramirez@hotmail.com

F. SPA Plátano

Facilitador (es): Yaneris Collado, Michela Izzo y David COMBAZ						
Lugar: Salón de conferencias de UCATEBA, Barahona						
Fecha: 24 de enero, 2020						
Núm.	Nombre(s) y Apellido (s)	Institución o Empresa	Tipo de actor	Género	Teléfono (s)	Correo electrónico
1	Iris Sol Díaz Reyes	M.A	Técnico	F	809-451-3508	iris_sol7@hotmail.com
2	Ronny Galarza Medina	M.A	Técnico	M	829-233-0641	rggm@gmail.com
3	Manuel de lo R. Terrero	M.A	Técnico	M	809-673-8764	manuelt.@gmail.com
4	Ana Ledys Matos Espinal	M.A	Técnico	F	829-260-9262	analdis0@gmail.com
5	Carlos G. Batista Matos	Asociación de Productores	Productor	M	829-252-4447	
6	Ramon A. Urbaz	INDRHI	Técnico	M	829-598-7100	
7	Ramón Ernesto Brito Feliz	INDRHI	Chofer	M	849-262-4336	
8	Alfonzo Matos	INDRHI	Productor	M	829-880-2534	
9	Santa C. Reyes	MA	Técnico	M	829-429-6462	santareyes04@hotmail.com
10	Ramon Segura	JAD	Técnico	M	809-645-8090	ramonsegura3456@gmail.com
11	Antonio López	Asociación de Productores del Peñon	Productor	M	809-229-3036	
12	Luis Enrique Cuva López	M.A	Técnico	M	809-271-6834	cuevalopez98@gmail.com
13	Domingo Jiménez	M.A	Técnico	M	809-259-7751	
14	Carlo Francisco Ruiz	M.A	Técnico	M	809-979-0785	
15	Miguel Ángel Cruz	M.A	Técnico	M	809-710-4651	
16	Benjamín Toral F.	IDIAF	Técnico	M	809223-6202	toralbenjamin@hotmail.com
17	Alfredo Padilla	INDRHI	Técnico	M	809-213-2090	
18	Héctor Espinosa	INDRHI	Técnico	M	809-618-4616	
19	Lidia Joselena Feliz	INDRHI	Técnico	F	809-916-7047	
20	Claudio Piñeyro B.	INDRHI	Técnico	M	829-213-1601	
21	Keila Gómez	MA	Técnico	M	829-329-6875	
22	Juan Ceballo	CPC-LEMBA	Técnico	M	829-638-6851	juan.c.ceballo@hotmail.com
23	Damaris Gómez	INDRHI	Ing. Civil	F	809-743-3262	yosita_1568@yahoo.com
24	Raysa Benítez Florian	SOEBA	Técnico	F	809-707-5471	raysabf09@hotmail.com
25	Jorge Peña	Asociación de Productores	Productor	M	829-508-4251	
26	Noris Rosario Merón	Pastoral Social Diócesis de Barahona		F	809-283-3357	norysrosariomeron@gmail.com

27	Clara M. Feliz	Centro LEMBA	Licda. Sociocultural	F	809-841-0294	pclamba@hotmail.com
28	Manuel de lo R. Terrero	Pastoral Social Diócesis de Barahona	Técnico	M	809-350-3579	
29	Nelson Manuel Pérez B.	FUNDASUR	Técnico	M	809-342-3222	balbuenaperez@hotmail.com
30	Carlos Alcántara	Junta de Peq. Yaques	Productor	M	809-4907328	
31	Juan Ant. Espinossa	Productor	Productor	M	829-459-1454	
32	Eduardo Gonzalez	M.A	Técnico	M	849-632-6855	eduardogonzalez26@gmail.com
33	Yuni Cuello F.	IDA	Técnico	F	809-921-9905	yuny03@hotmail.com
34	Issamar Martínez R.	IDA	Técnico	F	829-671-6008	issamar.martinez@hotmail.com
35	Bernaldo Ferreira	MA	Técnico	M	809-863-9467	
36	Bolívar Cuevas	IAD	Técnico	M	809-258-5554	bolivarcuevas@gmail.com
37	Arelys Delgado Peña	MA	Técnico	F	829-213-2092	arelypeco@gmail.com
38	Domingo Piñeyro	IDA	Técnico	M	829-277-6319	domingopineyro@yahoo.com
40	Luis Lazala	IDA	Técnico	M	809-842-8667	ad_ahabanero@hotmail.com
41	Ramón T. Espinal	MA	Técnico	M	809-775-0231	
42	Senón Baez	MA	Técnico	M	809-399-5976	
43	Wilson Ruiz	MA	Técnico	M	809-995-9056	
44	Manolo Guevara	MA	Técnico	M	849-632-1922	manologuevaa809@gmail.com

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adger, W.N. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Ajayi, I.R., Afolabi, O.M., Fayose, R.S., Sunday, A.G., Mohammed, M.Z. 2012. Modeling temperature as a constraining factor for cocoa yield in Ondo State. *American International Journal of Contemporary Research*, 2(7), 172-178.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I. 2013. Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8, 7-20.
- ANACAFE. 1998. Manual práctico para el caficultor. Asociación Nacional del Café, Guatemala.
- Anim-Kwapong, G.J., Frimpong, E.B. 2005. Vulnerability of agriculture to climate change: impact of climate change on cocoa production. Vulnerability and adaptation assessment under The Netherlands Climate Change Studies Assistance Programme Phase 2 (NCCSAP2). Cocoa Research Institute of Ghana, New TafoAkim.
- Bastista, L. 2009. El cultivo del cacao: Guía Técnica. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF), Santo Domingo.
- Brooks, N. 2003. *Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework*. Working Paper, Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich.
- Campbell, J.D., Taylor, M.A., Stephenson, T.S., Watson, R.A., Whyte, F.S. 2011. Future climate of the Caribbean from a regional climate model. *International Journal of Climatology*, 31, 1866-1878. <https://doi.org/10.1002/joc.2200>.
- CEDAF. 2001. El cultivo del plátano. Serie Cultivos, Guía Técnica No. 28, 2ª edición. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Santo Domingo.
- DICTA. 2003. Manual técnico para el cultivo del arroz (*Oryza sativa*). Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Comayagua, Honduras.
- Downing, T.E., Patwardhan, A., Mukhala, E., Stephen, L., Winograd, M., Ziervogel, G. 2002. *Vulnerability assessment for climate adaptation*. Adaptation Planning Framework Technical Paper, 3. Habana/Oxford.
- FDA. 1995. Cultivo de habichuela. Boletín Técnico No. 2, 2ª edición. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Santo Domingo.
- Friedman, R. 2014. Cocoa in a changing climate: projecting hot spots of vulnerability. Technical Report.
- Hall, T.C., Sealy, A.M., Stephenson, T.S., Kusunoki, S., Taylor, M.A., Chen, A.A., Kitoh, A. 2013: Future climate of the Caribbean from a super-high-resolution atmospheric general circulation model. *Theoretical and Applied Climatology*, 113, 271-287. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0779-7>.

- Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J. and Lister, D.H. (2014), Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology* **34**, 623-642 [doi:10.1002/joc.3711](https://doi.org/10.1002/joc.3711)
- ICCO. 2015. Origins of cocoa and its spread around the world. International Cocoa Organization, London. <http://www.icco.org/about-cocoa/growing-cocoa.html>
- ICMA. 2016a. *Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Las Terrenas para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal*. Asociación Internacional de Ciudades y Municipios (ICMA), Programa de Planificación para la Adaptación Climática, USAID-FEDOMU-ICF International. Santo Domingo, República Dominicana.
- ICMA. 2016b. *Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio San Pedro para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal*. Asociación Internacional de Ciudades y Municipios (ICMA), Programa de Planificación para la Adaptación Climática, USAID-FEDOMU-ICF International. Santo Domingo, República Dominicana.
- ICMA. 2016c. *Evaluación de la vulnerabilidad climática del Distrito Nacional para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal*. Asociación Internacional de Ciudades y Municipios (ICMA), Programa de Planificación para la Adaptación Climática, USAID-FEDOMU-ICF International. Santo Domingo, República Dominicana.
- ICMA. 2016d. *Evaluación de la vulnerabilidad climática del Municipio Santiago para el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal*. Asociación Internacional de Ciudades y Municipios (ICMA), Programa de Planificación para la Adaptación Climática, USAID-FEDOMU-ICF International. Santo Domingo, República Dominicana.
- IDIAF. 2004a. *Musáceas: resultados de investigación*. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias, Santo Domingo.
- IDIAF. 2004b. *Agroforestería: resultados de investigación*. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias, Santo Domingo.
- INDRHI-SEA. 1997. Interpretación y codificación de encuestas (Primera parte). Subsecretaría de Investigación, Extensión y Capacitación Agropecuarias, Departamento de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación Agrícola del Suroeste, San Juan de la Maguana.
- INTAGRI. 2019. *Requerimientos de clima y suelo para el cultivo de banano*. Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, México.
- IPCC. 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. C. B. Field et al., Eds., Cambridge University Press. Cambridge.
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Working Group II contribution to the IPCC's Fifth Assessment Report (WGII AR5). Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Izzo, M. 2013. *Análisis multitemporal de uso del suelo y eficacia de políticas territoriales en la cuenca de Los Dajaos, con enfoque en la adaptación al cambio climático y reducción de la vulnerabilidad*. Programa de Protección Ambiental. USAID, Ministerio de Medio Ambiente, The Nature Conservancy, IDDI. Santo Domingo, República Dominicana.

- Izzo, M. 2014. *Diagnóstico de infraestructuras de agua y saneamiento en barrios de la zona norte del Distrito Nacional, orientado a la definición de políticas territoriales de reducción de la vulnerabilidad frente al cambio climático, de resiliencia y adaptación al mismo*. Programa Gestión Fiscal Local Basada en Resultados en el ADN, incluyendo la Promoción del Turismo. USAID - IDDI, Santo Domingo, República Dominicana.
- Izzo, M., Aucelli, P.P.C., Maratea, A., Méndez, R., Pérez, C., Roskopf, C.M., Segura, H. 2010. A new climatic map of the Dominican Republic based on the Thornthwaite classification. *Physical Geography*, 32(5), 455-472. DOI: 10.2747/0272-3646.31.5.455
- Izzo, M., Rathe, L., Arias Rodríguez, D. 2012. *Puntos críticos para la vulnerabilidad a la variabilidad y el cambio climático en la República Dominicana y su adaptación al mismo*. Instituto Dominicano de Desarrollo Integral (IDDI), The Nature Conservancy (TNC), United States Agency for International Development (USAID). Santo Domingo.
- Izzo, M., Araujo, N., Aucelli, P.P.C., Maratea, A., Sánchez, A. 2013. Land sensitivity to desertification in the Dominican Republic: an adaptation of the ESA methodology. *Land Degradation and Development*, 24(5), 486-498. DOI: 10.1002/ldr.2241
- Izzo, M., Aucelli, P.P.C., Maratea, A. Under final revision for publication. Historical trends of rain and air temperature in the Dominican Republic. *International Journal of Climatology*.
- Jarvis, A., Ramírez, J., Zapata, E., Laderach, P. 2011. Cambio climático: modelos y métodos para la seguridad alimentaria. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia.
- Kane, R., & Radosevich, D. 2010. *Conducting health outcomes research*. Sudbury, MA: Jones & Bartlett.
- Karmalkar, A.V., Bradley, R.S. 2017. Consequences of global warming of 1.5°C and 2°C for regional temperature and precipitation changes in the contiguous United States. *PLoS ONE*, 12, e0168697. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168697>.
- Karmalkar, A.V., Taylor, M.A., Campbell, J., Stephenson, T., New, M., Centella, A., Benzanilla, A., Charlery, J. 2013. A review of observed and projected changes in climate for the islands in the Caribbean. *Atmósfera*, 26, 283-309. [https://doi.org/10.1016/S0187-6236\(13\)71076-2](https://doi.org/10.1016/S0187-6236(13)71076-2).
- Läderach, P., Martínez-Valle, A., Schroth, G., Castro, N. 2013. Predicting the future climatic suitability for cocoa farming of the world's leading producer countries, Ghana and Côte d'Ivoire. *Climatic Change*, 119(3-4), 841-854.
- Ministerio Agricultura. 2019. Estadísticas agropecuarias. Santo Domingo. <http://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/>
- Ministerio Ambiente. 2012. *Mapa de Cobertura y Uso de Suelo de la República Dominicana*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Santo Domingo.
- Ministerio Ambiente. 2018. Tercera Comunicación Nacional de República Dominicana para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Consejo Nacional de Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL). Santo Domingo.

- Mitchell, T.D. and Jones, P.D., 2005: An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *International Journal of Climatology* **25**, 693-712. [doi:10.1002/joc.1181](https://doi.org/10.1002/joc.1181)
- Monroig Inglés, M.F. 2012. El café y el cambio climático. Universidad de Puerto Rico, Servicio de Extensión Agrícola.
- Monterroso Rivas, A.I., Conde Álvarez, A.C., Gómez Díaz, J.D., López García, J. 2007. Vulnerabilidad y riesgo en agricultura por cambio climático en la Región Centro del Estado de Veracruz, México. *Zonas Áridas*, 11(1), 47-60.
- Moquete, C. 2010. El cultivo de arroz: Guía Técnica. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF), Santo Domingo.
- Mwongera, C., Shikuku, K.M., Winowiecki, L., Twyman, J., Läderach, P., Ampaire, E., van Asten, P., Twomlow, S. 2015. *Climate-smart agriculture rapid appraisal (CSA-RA): A prioritization tool for outscaling CSA. Step-by-step guidelines*. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali, Colombia.
- NASA. 2009. Global Digital Elevation Model (GDEM). Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), Washington, DC.
- OEA. 1967. *Mapa de Zonas Ecológicas o de Vida de República Dominicana*. In: Reconocimiento y evaluación de los recursos naturales de la República Dominicana: estudio para su desarrollo y planificación, Unión Panamericana, Washington, D.C.
- ONE. 2010. *IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010*. Oficina Nacional de Estadística, Santo Domingo.
- Pelling, M. 2010. *Adaptation to climate change: From resilience to transformation*. London: Routledge.
- Pérez, C.R., Jury, M.R. 2013. Spatial and temporal analysis of climate change in Hispaniola. *Theoretical and Applied Climatology*, 113(1-2), 213-224. DOI 10.1007/s00704-012-0781-0
- PNUD. 2013. *Mapa de desarrollo humano de la República Dominicana*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Santo Domingo.
- Preston, B., Yuen, E., & Westaway, R. 2011. Putting vulnerability to climate change on the map: A review of approaches, benefits and risks. *Sustainability Science*, 6(2), 177–202.
- REDDOM. 2012. Análisis vulnerabilidad y plan de adaptación al cambio climático en clústeres seleccionados. AGRORED, United States Agency for International Development (USAID). Santo Domingo.
- REDDOM. 2015a. *Análisis de vulnerabilidad de los sectores de ganadería de leche y banano en la Línea Noroeste*. Fundación REDDOM, United States Agency for International Development (USAID). Santo Domingo.
- REDDOM. 2015b. *Análisis de vulnerabilidad del sector cacaotero en la provincia Monte Plata*. Fundación REDDOM, United States Agency for International Development (USAID). Santo Domingo.

- Ruiz Corral, J.A., Medina García, G., González Acuña, I.J., Flores López, H.E., Ramírez Ojeda, G., Ortiz Trejo, C., Byerly, Murphy, K.F., Martínez Parra, R.A. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. 2ª Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Jalisco, México.
- Soto, M. 1992. *Banano: cultivo y comercialización*. San José, Costa Rica.
- Taylor, M.A., Clarke, L.A., Centella, A., Bezanilla, A., Stephenson, T.S., Jones, J.J., Campbell, J.D., Vichot, A., Charlery, J. 2018. Future Caribbean climates in a world of rising temperatures: the 1.5 vs 2.0 dilemma. *Journal of Climate*, 31, 2907-2926. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0074.1>
- Taylor K. E., R. J. Stouffer, and G. A. Meehl, 2012: An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *B Am Meteorol Soc*, 93,485-498. 10.1175/bams-d-11-00094.1
- Wreford, A., Moran, D., Adger, N. 2010. Climate change and agriculture: impacts, adaptation and mitigation. Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD), Paris.
- Wisner, B. 2016. B. 2016. *Vulnerability as concept, model, metric, and tool*. *Natural Hazard Science*. DOI: 10.1093/acrefore/9780199389407.013.25
- Wisner, B., & Kelman, I. 2015. *Community resilience to disasters*. In J. Wright (Ed.), *International encyclopedia of social and behavioural sciences* (2nd ed.), vol. 4 (pp. 354–360). Elsevier, Oxford.
- Zuidema, P.A., Leffelaar, P.A., Gerritsma, W., Mommer, L., Anten, N.P.R. 2005. A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. *Agricultural Systems*, 84, 195-225.