



TÍTULO

**SENSIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL A LA
DESERTIFICACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO LA VILLA,
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

AUTORA

Valentina Opolenko de Arjona

Fecha de lectura	22/05/2015
Instituciones	Universidad Internacional de Andalucía y Universidad de Huelva
Director	Dr. Francisco Borja Barrera
Programa de	Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias
Doctorado	Experimentales, Sociales y Matemáticas
ISBN	978-84-7993-751-5
©	Valentina Opolenko de Arjona
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha de edición electrónica	2016



Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
- *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
- *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCÍA
UNIVERSIDAD DE HUELVA**

TESIS DOCTORAL

**SENSIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL A LA
DESERTIFICACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO
LA VILLA, REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**POR
VALENTINA OPOLENKO DE ARJONA**

**DIRECTOR
DR. FRANCISCO BORJA BARRERA**

HUELVA, 2014

SENSIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL A LA DESERTIFICACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO LA VILLA, REPÚBLICA DE PANAMÁ

POR

VALENTINA OPOLENKO DE ARJONA

**Tesis presentada para optar al grado de Doctora en Tecnología
Ambiental en la Universidad Internacional de Andalucía**

DIRECTOR

DR. FRANCISCO BORJA BARRERA

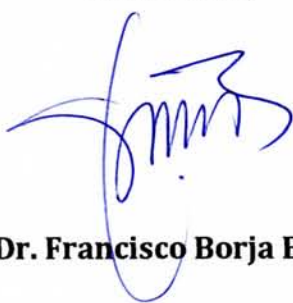
**Profesor Titular de Geografía Física
Departamento de Historia II y Geografía
Facultad de Humanidades
Universidad de Huelva**

HUELVA, 2014

**SENSIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL A LA DESERTIFICACIÓN EN LA
CUENCA DEL RÍO LA VILLA, REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**Tesis presentada para optar al grado de Doctora en Tecnología
Ambiental en la Universidad Internacional de Andalucía**

El Director,



Dr. Francisco Borja Barrera

La Doctoranda,



Da Valentina Opolenko de Arjona

HUELVA, 2014



La Tesis Doctoral, cuya memoria se presenta, ha sido financiada mediante una beca otorgada a través del Programa Nacional de Investigadores para Estudios Doctorales en áreas de Ciencia y Tecnología de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) y el Instituto para la Formación y Aprovechamiento de Recursos Humanos (IFARHU) de la República de Panamá.

«Hago un llamamiento a que todas las personas del mundo alcen su voz y hablen en nombre de este planeta, nuestro único hogar. Cuidemos de la Madre Tierra para que esta pueda seguir cuidando de nosotros como lo ha hecho durante milenios»

(Ban Ki-moon, 2014)

DEDICATORIA

A MIS DOS TIERRAS PATRIAS

*UNA, POR PONERME EN EL LARGO Y EMPINADO CAMINO DE CONOCIMIENTOS
Y LA OTRA, POR PERMITIR CUMPLIR MIS SUEÑOS Y LLEGAR DONDE ESTOY AHORA*

AGRADECIMIENTO

Ante todo a Dios por haberme dado todas las oportunidades y principalmente fuerzas en los momentos más difíciles.

A la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) y al Instituto para la Formación y Aprovechamiento de Recursos Humanos (IFARHU) de la República de Panamá por la beca concedida a través del Programa Nacional de Investigadores para Estudios Doctorales en áreas de Ciencia y Tecnología, que hizo posible la realización de mis estudios de doctorado en la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA) y la Universidad de Huelva (UHU), España.

A mi Director de la tesis el Dr. Francisco Borja Barrera por haberme apoyado y guiado durante el desarrollo de este trabajo pionero en Panamá, poniendo a mi disposición todas las herramientas necesarias que hicieron posible la conclusión del presente trabajo de investigación.

A la Universidad Internacional de Andalucía y a la Universidad de Huelva por abrir sus puertas y ofrecerme esta magnífica oportunidad de superación profesional de tanto significado en mi vida. A todo su personal por el apoyo y la amistad incondicional brindada.

A todos los distinguidos profesores con los que convivimos y nos compartieron sin reserva alguna sus valiosos conocimientos, mi más profundo agradecimiento.

A mis compañeros de clase *Tribu La Rábida 2008*. Gracias a todos por su sabiduría, amistad y ese carisma que Dios les ha otorgado.

A los líderes del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) de la República de Panamá por haber hecho posible formar parte de su prestigioso equipo de trabajo como Consultora Hidrogeóloga *ad honorem*, así como también a la Secretaría Técnica de la Institución por ofrecerme todo el apoyo necesario para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al personal de la Dirección de las Cuencas Hidrográficas de la Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM) por su cooperación y por la facilitación de los datos utilizados en este estudio.

Mi sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la realización y presentación de este trabajo.

Finalmente, quiero rendir un especial agradecimiento a toda mi Querida Familia por su amor, consejos y apoyo paciente e incondicional que me brindaron siempre, lo que me dio fuerza para seguir adelante y concluir éste importante proyecto de mi vida.

A todos, ¡MUCHAS GRACIAS!

ÍNDICE GENERAL



ÍNDICE GENERAL

	<i>Página</i>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xix
 CAPITULO 1. ANTECEDENTES	 1
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.2. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	8
 CAPITULO 2. CONTEXTO MEDIOAMBIENTAL DE LA DESERTIFICACIÓN. ESTADO DEL ARTE	 15
2.1. EL DESPERTAR DE LA CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL	15
2.2. DESERTIFICACION. UNA MANIFESTACIÓN DEL CAMBIO GLOBAL	23
2.2.1. Desertificación. Claves para una definición	23
2.2.2. El encuentro mundial de Río de Janeiro	27
2.2.2.1. La Cumbre de la Tierra	27
2.2.2.2. La lucha contra la Desertificación (UNCCD)	31
2.2.3. De Río de Janeiro a Johannesburgo	34
2.2.3.1. <i>Río+5</i>	34
2.2.3.2. <i>Río+10</i>	37
2.2.4. <i>Río+20</i>	44
2.2.4.1. El alcance mundial de Río+20	44
2.2.4.2. <i>El futuro que queremos</i>	48
2.2.4.3. Panorama post Río+20	51
2.2.4.4. Río+20 y desertificación	53
2.2.5. La iniciativa del Milenio	56
2.2.5.1. Los Objetivos de Desarrollo	56
2.2.5.2. Los Ecosistemas del Milenio	61
2.2.6. Desertificación, cambio climático y cambio global	65
2.2.6.1. Cambio climático inducido y la desertificación	65
2.2.6.2. Cambio global y desertificación	81
2.3. CONCEPTO Y ALCANCE DE LA DESERTIFICACIÓN	84
2.3.1. Definición de la desertificación. Una propuesta actual	84
2.3.2. Factores y procesos de la desertificación	87
2.3.3. Consecuencias de la desertificación	90
2.3.4. Degradación del suelo y erosión	92

2.4. INDICADORES DE LA DESERTIFICACIÓN	95
2.4.1. Desertificación. Un problema complejo de evaluar	95
2.4.2. Indicadores. Conceptos y criterios	97
2.4.3. Indicadores de desertificación	100
2.4.4. Empleo de indicadores de desertificación. Escalas de referencia	105
2.4.4.1. Evaluación de la desertificación a escala mundial	105
2.4.4.2. Aplicación de indicadores para América Latina y Caribe: el caso de Panamá	112
CAPITULO 3. AREA DEL ESTUDIO: CUENCA DEL RÍO LA VILLA	117
3.1. ASPECTOS GENERALES	117
3.2. MEDIO NATURAL	120
3.2.1. Marco geológico y relieve	120
3.2.2. Caracterización hidrológica	126
3.2.3. Caracterización climática	133
3.2.4. Balance hídrico	141
3.2.4.1. Introducción	141
3.2.4.2. Parámetros de balance hídrico	142
3.2.4.3. Cálculo del balance hídrico para la cuenca	148
3.2.5. Vegetación y suelos	150
3.2.6. Capacidad agrológica de los suelos	156
3.2.7. Ecosistemas	159
3.3. POBLACIÓN Y TERRITORIO	164
3.3.1. Población	164
3.3.2. Poblamiento	175
3.3.3. Caracterización económico-productiva	177
3.3.4. Pobreza y desigualdad	183
CAPITULO 4. METODOLOGÍA	189
4.1. FUENTES DOCUMENTALES	189
4.1.1. Información alfanumérica y cartográfica	189
4.1.2. Información georreferenciada	190
4.2. DESARROLLO METODOLÓGICO	192
4.2.1. Fase diagnóstico	192
4.2.1.1. Criterios para la selección de la metodología aplicada	192
4.2.1.2. Valoración de los indicadores seleccionados. <i>El Índice de sostenibilidad ambiental</i>	198
4.2.2. Fase zonificación	205
CAPITULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	209
5.1. DIAGNOSTICO Y ZONIFICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD A LA DESERTIFICACIÓN	209
5.1.1. El uso del SIG para el análisis de sensibilidad medioambiental	209
5.1.2. Calidad del suelo	210

5.1.2.1. Parámetros de calidad del suelo	210
5.1.2.2. Índice de calidad del suelo	217
5.1.3. Calidad climática	219
5.1.3.1. Parámetros de calidad climática	219
5.1.3.2. Índice de calidad climática	222
5.1.4. Calidad de la vegetación	224
5.1.4.1. Parámetros de calidad de la vegetación	224
5.1.4.2. Índice de calidad de la vegetación	227
5.1.5. Calidad del manejo y la gestión	229
5.1.5.1. Parámetros de calidad del manejo y la gestión	229
5.1.5.2. Índice de calidad del manejo y la gestión	235
5.1.6. Zonificación de la sensibilidad medioambiental a la desertificación	237
5.1.7. Proyecciones a corto plazo con la implementación del POTA	240
5.2. PROYECCIÓN DE ESCENARIOS A MEDIANO Y LARGO PLAZO DE SENSIBILIDAD A LA DESERTIFICACIÓN EN LA CUENCA	245
5.2.1. Introducción	245
5.2.2. Parámetros climáticos evaluados	246
5.2.3. Proyecciones del Índice de calidad climática para los años 2050 y 2100	250
5.2.4. Futuros escenarios de sensibilidad a la desertificación en la cuenca	251
5.3. CONSIDERACIONES FINALES	254
CAPITULO 6. CONCLUSIONES GENERALES	255
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	261
ANEXO: MAPA DE SENSIBILIDAD A LA DESERTIFICACIÓN CUENCA DEL RÍO LA VILLA, REPÚBLICA DE PANAMÁ. ESCALA 1:150.000.	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Fuente: Naciones Unidas, 2000.	58
Figura 2.	Conexiones entre los Servicios de los Ecosistemas y el Bienestar Humano. Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.	62
Figura 3.	Marco conceptual de La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.	63
Figura 4.	Concentraciones importantes de gases de efecto invernadero de larga vida en los últimos 2000 años. Fuente: IPCC, 2007.	66
Figura 5.	Ilustración esquemática de los escenarios IE-EE (Informe especial sobre escenarios de emisiones). Fuente: IPCC, 2000.	73
Figura 6.	La simulación de las variaciones de la temperatura de la Tierra y la comparación de los resultados con los cambios medidos puede facilitar una mejor idea de las causas subyacentes de los cambios importantes. Las simulaciones que representa la banda en a) se hicieron sólo con forzamientos naturales (variación solar y actividad volcánica). Las simulaciones de la banda en b) se hicieron con forzamientos antropógenos (gases de efecto invernadero (GEI) y una estimación de los aerosoles de sulfatos) y las simulaciones que recoge la banda en c) se efectuaron con forzamientos naturales y antropógenos. Fuente: IPCC, 2001.	76
Figura 7.	Interrelación y bucle de retroalimentación entre la desertificación, el cambio climático inducido y caída de la biodiversidad, en relación con la pérdida de la capacidad de los ecosistemas para suministrar servicios ambientales. Fuente: Modificado de Adeel, <i>et al.</i> , 2005 por Borja, 2008.	78
Figura 8.	Dimensiones y manifestaciones medioambientales del cambio global entendido como la manifestación a escala planetaria del proceso histórico de antropización. Fuente: Borja, 2009.	82
Figura 9.	Tierras Secas Actuales y sus Categorías. (La definición abarca todas las tierras donde el clima se clasifica como seco subhúmedo, semiárido, árido o hiperárido. Esta clasificación se basa en los valores del índice de aridez). Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.	85
Figura 10.	Uso del suelo en las Tierras Secas. Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.	86
Figura 11.	Descripción esquemática de los caminos de desarrollo en las Tierras Secas. Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.	87
Figura 12.	Esquema conceptual de la definición de Riesgo de Desertificación. Fuente: Rodríguez Surian <i>et al.</i> , 2008.	96
Figura 13.	Traducción de una necesidad de información en información orientada a la política utilizando variables, indicadores e índices. Fuente: Lorenz (1999) citado por ONU/WWAP, 2003.	100
Figura 14.	Marco Conceptual DPSIR. Fuente: AEMA, 2005.	102
Figura 15.	Áreas críticas afectadas por la desertificación en Panamá, con indicación de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2009.	115
Figura 16.	Localización regional del área de investigación. Fuente: Elaboración propia a partir de IGNTG, 2007.	117

Figura 17.	Tierras secas y degradadas en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	118
Figura 18.	Visible degradación de calidad ambiental en la cuenca hidrográfica del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	118
Figura 19.	Paulatino proceso de erosión en la cuenca hidrográfica del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	119
Figura 20.	Deforestación a causa de la creciente actividad ganadera. Parte media de la cuenca. Fuente: Elaboración propia.	119
Figura 21.	Mapa geológico de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de DGRM, 1991.	121
Figura 22.	Mapa de tectolíneales de la República de Panamá. Fuente: Catastro Rural de Tierras y Agua (CARTAP), 1968.	123
Figura 23.	Rangos de pendientes de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	124
Figura 24.	Rangos altitudinales y división de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	125
Figura 25.	Unidades geomorfológicas de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	126
Figura 26.	Cuencas hidrográficas de la República de Panamá con indicación de la cuenca del río La Villa. Fuente: ANAM, 2012.	127
Figura 27.	Río La Villa, que divide las provincias de Herrera y Los Santos, (Ciudad de Chitré - La Villa de Los Santos). Fuente: Elaboración propia.	127
Figura 28.	Principales ríos de la cuenca hidrográfica No. 128 "Río La Villa". Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	128
Figura 29.	Río Estibaná, uno de los principales afluentes del río La Villa, parte media de la cuenca. Fuente: Elaboración propia.	128
Figura 30.	Distribución de caudales mensuales del río La Villa, Estación Macaracas. Fuente: ETESA, 2012.	130
Figura 31.	Distribución de caudales mensuales del río La Villa, Estación Atalayita. Fuente: ETESA, 2012.	130
Figura 32.	Mapa hidrogeológico de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 1999.	131
Figura 33.	Mapa de isoyetas anuales de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	134
Figura 34.	Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Los Santos. Fuente: ETESA, 2012.	136
Figura 35.	Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Valle Rico. Fuente: ETESA, 2012.	136
Figura 36.	Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Chepo. Fuente: ETESA, 2012.	137
Figura 37.	Mapa de temperatura anual de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de CCAD, 2008.	137
Figura 38.	Promedio mensual de evaporación (mm) en la estación Los Santos. Fuente: ETESA, 2012.	139
Figura 39.	Promedio mensual de evaporación (mm) en la estación Chepo. Fuente:	139

	ETESA, 2012.	
Figura 40.	Clasificación de clima en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	140
Figura 41.	Evapotranspiración potencial en la cuenca del río La Villa, en mm/año. Período 1964-2011. Fuente: Elaboración propia a partir de IGNTG, 2007.	144
Figura 42.	Balance hídrico del suelo de la parte baja de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	148
Figura 43.	Balance hídrico del suelo de la parte alta de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	149
Figura 44.	Vegetación (año 2000) en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de IGNTG, 2007.	151
Figura 45.	Taxonomía de suelos en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.	153
Figura 46.	Órdenes de suelo de la cuenca: <i>Inceptisoles</i> identificados en la parte alta y <i>alfisoles</i> en la parte baja de la cuenca. Fuente: Elaboración propia.	154
Figura 47.	Cobertura y uso del suelo en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	155
Figura 48.	Cobertura y principal uso del suelo en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	156
Figura 49.	Distribución de clases agrológicas del suelo en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de CATAPAN, 1970 y CARTAP-MIDA, 2008.	159
Figura 50.	Ecosistemas en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de Banco Mundial, 2002.	164
Figura 51.	Rangos de población por corregimientos en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	166
Figura 52.	Población por provincias Herrera y Los Santos. Censos de 1911 a 2010. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2010b.	171
Figura 53.	Tasa de crecimiento anual (por cada 100 habitantes) provincias Herrera y Los Santos. Censos de 1911 a 2010. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	171
Figura 54.	Pirámide poblacional de la provincia Herrera. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	172
Figura 55.	Pirámide poblacional de la provincia Los Santos. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	173
Figura 56.	Tendencia de nacimientos y defunciones en las provincias de Herrera y Los Santos. Años 2006-2010. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	174
Figura 57.	División administrativa de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	175
Figura 58.	Distribución de los poblados dentro de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	176
Figura 59.	Comunidad de Macaracas, provincia de Los Santos. Iglesia San Juan Bautista. Parte media de la cuenca. Fuente: Elaboración propia.	177
Figura 60.	Viviendas típicas rurales en la parte baja de la cuenca. Distrito de Los Santos. Fuente: Elaboración propia.	177

Figura 61.	Importantes rubros de producción agrícola en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	181
Figura 62.	Actividad pecuaria o ganadería, una de mayor importancia económica en la cuenca. Fuente: Elaboración propia.	183
Figura 63.	Línea de indigencia y pobreza rural en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	186
Figura 64.	Esquema de estimación del Índice de Sensibilidad Medioambiental (ESI). Fuente: Ferrara <i>et al.</i> , 2005.	206
Figura 65.	Parámetro material parental con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de DGRM, 1991.	211
Figura 66.	Parámetro textura del suelo con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.	211
Figura 67.	Parámetro pedregosidad con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.	212
Figura 68.	Parámetro profundidad del suelo con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.	213
Figura 69.	Parámetro inclinación de la pendiente con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	214
Figura 70.	Parámetro redes de drenajes con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.	215
Figura 71.	Parámetro niveles de materia orgánica con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.	215
Figura 72.	Parámetro acidificación del suelo con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.	217
Figura 73.	Índice de calidad del suelo en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	218
Figura 74.	Parámetro precipitación con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	220
Figura 75.	Parámetro aridez con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de UNESCO, 2010.	221
Figura 76.	Parámetro temperatura con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de CCAD, 2008.	222
Figura 77.	Índice de calidad climática en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	223
Figura 78.	Parámetro protección contra la erosión con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.	225
Figura 79.	Parámetro resistencia a la sequía con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.	226
Figura 80.	Parámetro cobertura vegetal (%) con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.	227
Figura 81.	Índice de calidad de la vegetación en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	228
Figura 82.	Parámetro uso de la tierra con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	230
Figura 83.	Parámetro carga ganadera con valores asignados. Fuente: Elaboración	231

	propia a partir de INEC, 2011a.	
Figura 84.	Parámetro pobreza con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b y MEF, 2012.	232
Figura 85.	Parámetro densidad poblacional con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	233
Figura 86.	Parámetro consumo de leña con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	234
Figura 87.	Parámetro protección medioambiental con valores asignados. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011a.	235
Figura 88.	Índice de calidad del manejo y la gestión en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	236
Figura 89.	Esquema de diagnóstico de la sensibilidad medioambiental a la desertificación. Fuente: Elaboración propia.	237
Figura 90.	Mapa de Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	238
Figura 91.	Mapa de Zonificación para el Ordenamiento Territorial Ambiental de la cuenca del río La Villa. Fuente: ANAM, 2008a.	241
Figura 92.	Índice de calidad del manejo y la gestión con la implementación del POTA de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	242
Figura 93.	Proyecciones de Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación con la implementación del POTA de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	243
Figura 94.	Proyecciones del Índice de calidad climática de la cuenca del río La Villa. Año 2050. Fuente: Elaboración propia.	250
Figura 95.	Proyecciones del Índice de calidad climática de la cuenca del río La Villa. Año 2100. Fuente: Elaboración propia.	251
Figura 96.	Mapa de Sensibilidad a la Desertificación en la cuenca del río La Villa. Proyección 2050. Fuente: Elaboración propia.	252
Figura 97.	Mapa de Sensibilidad a la Desertificación en la cuenca del río La Villa. Proyección 2100. Fuente: Elaboración propia.	253
Figura 98.	Proyecciones de Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación en la cuenca para distintos horizontes de tiempo. Fuente: Elaboración propia.	250

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Indicadores ambientales desarrollados conceptualmente para las áreas secas y degradadas de Panamá. Fuente: ANAM, 2007a.	114
Tabla 2.	Formaciones geológicas y la litología de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de DGRM, 1991.	120
Tabla 3.	Rangos de pendientes en porcentaje por superficie en km ² . Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	124
Tabla 4.	Caudales promedios (m ³ /s) en la estación Macaracas (No. 128-01-01). Período: 1959-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	129
Tabla 5.	Caudales promedios (m ³ /s) en la estación Atalayita (No. 128-01-03). Período: 1964-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	129
Tabla 6.	Estaciones de precipitación en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	134
Tabla 7.	Precipitación promedio mensual (mm) en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	135
Tabla 8.	Estaciones meteorológicas en la cuenca del río La Villa y cuencas vecinas. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	135
Tabla 9.	Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Los Santos. Período: 1964-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	136
Tabla 10.	Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Valle Rico. Período: 1972-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	136
Tabla 11.	Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Chepo. Período: 1975-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	137
Tabla 12.	Evaporación mensual en tanque (mm) en la estación Los Santos. Período: 1964-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	138
Tabla 13.	Evaporación mensual en tanque (mm) en la estación Chepo. Período: 1975-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	138
Tabla 14.	Factores para determinar ETR (mm) anual en función de ETP y P. Fuente: IRHE, 1992.	145
Tabla 15.	Evapotranspiración real (mm) en la estación Los Santos. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	145
Tabla 16.	Evapotranspiración real (mm) en la estación Chepo. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	145
Tabla 17.	Parámetros de balance hídrico para la parte baja de la cuenca del río La Villa (estación Los Santos). Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	148
Tabla 18.	Parámetros de balance hídrico para la parte alta de la cuenca del río La Villa (estación Chepo). Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.	149
Tabla 19.	Clasificación y cobertura de vegetación en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de IGNTG, 2007.	151
Tabla 20.	Extensión aproximada de los Órdenes de suelos en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.	152
Tabla 21.	Cobertura y usos actuales del suelo en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	154
Tabla 22.	Clases agrológicas y capacidad de uso del suelo en la cuenca del río La Villa.	157

Fuente: EPR/Soluziona, 2003.

Tabla 23.	Clases agrológicas del suelo de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de CATAPAN, 1970 y CARTAP-MIDA, 2008.	158
Tabla 24.	Clasificación y superficie de ecosistemas en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de Banco Mundial, 2002.	163
Tabla 25.	Habitantes y densidad de población de las provincias Herrera y Los Santos. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	164
Tabla 26.	Distribución y densidad de población en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	165
Tabla 27.	Distribución de la población en la cuenca según la edad. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	167
Tabla 28.	Distribución de población en la cuenca según la división altitudinal. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	168
Tabla 29.	Población y tasa de crecimiento anual por provincias Herrera y Los Santos: Censos de 1911 a 2010. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	170
Tabla 30.	Población por sexo y grupo de edad. Provincia Herrera. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	172
Tabla 31.	Población por sexo y grupo de edad. Provincia Los Santos. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	173
Tabla 32.	Nacimientos y defunciones en las provincias Herrera y Los Santos. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	174
Tabla 33.	Población económicamente activa y no activa en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	178
Tabla 34.	Porcentaje de superficie que ocupa la actividad agrícola y ganadera de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	180
Tabla 35.	Número de explotaciones pecuarias existentes en la cuenca. Fuente: INEC, 2011a.	182
Tabla 36.	Líneas de indigencia y pobreza en Panamá. Años 2006 a 2012 (en dólares). Fuente: MEF, 2012.	184
Tabla 37.	Proporción de personas en condiciones de pobreza e indigencia en las provincias de Herrera y Los Santos. Fuente: MEF, 2011.	185
Tabla 38.	Distribución de ingreso mensual por habitante en zona rural en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	185
Tabla 39.	Estructura de Base de Datos Georreferenciada de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	191
Tabla 40.	Clases y pesos asignados a los parámetros de calidad del suelo utilizados en el cálculo de los índices de calidad parciales. Fuente: Modificado a partir de Kosmas <i>et al.</i> , 1999.	199
Tabla 41.	Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad del suelo. Fuente: Kosmas <i>et al.</i> , 1999.	200
Tabla 42.	Clases y pesos asignados a los parámetros de calidad climática utilizados en el cálculo de los índices de calidad parciales. Fuente: Modificado a partir de Kosmas <i>et al.</i> , 1999.	200
Tabla 43.	Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad climática. Fuente: Kosmas <i>et al.</i> , 1999.	201

Tabla 44.	Clases y pesos asignados a los parámetros de calidad de la vegetación utilizados en el cálculo de los índices de calidad parciales. Fuente: Kosmas <i>et al.</i> , 1999.	202
Tabla 45.	Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad de la vegetación. Fuente: Kosmas <i>et al.</i> , 1999.	202
Tabla 46.	Clases y pesos asignados a los parámetros de calidad del manejo y la gestión utilizados en el cálculo de los índices de calidad parciales. Fuente: Modificado a partir de Kosmas <i>et al.</i> , 1999.	203
Tabla 47.	Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad del manejo y la gestión. Fuente: Kosmas <i>et al.</i> , 1999.	204
Tabla 48.	Clases de los valores e índices de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación. Fuente: Ferrara <i>et al.</i> , 1999 y Kosmas <i>et al.</i> , 1999.	205
Tabla 49.	Parámetro: Material parental de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de DGRM, 1991.	210
Tabla 50.	Parámetro: Textura del suelo en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.	212
Tabla 51.	Parámetro: Fragmentos de roca o pedregosidad en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.	212
Tabla 52.	Parámetro: Profundidad del suelo en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.	213
Tabla 53.	Parámetro: Inclinação de la pendiente en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	214
Tabla 54.	Parámetro: Redes de drenaje en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.	214
Tabla 55.	Parámetro: Niveles de materia orgánica suelo en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.	216
Tabla 56.	Parámetro: Acidificación del suelo en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.	216
Tabla 57.	Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad del suelo. Fuente: Elaboración propia.	218
Tabla 58.	Parámetro: Precipitación en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	220
Tabla 59.	Parámetro: Índice de aridez en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de UNESCO, 2010.	220
Tabla 60.	Parámetro: Temperatura en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de CCAD, 2008.	222
Tabla 61.	Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad climática. Fuente: Elaboración propia.	223
Tabla 62.	Parámetro: Protección contra la erosión en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.	225
Tabla 63.	Parámetro: Resistencia a la sequía en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.	226
Tabla 64.	Parámetro: Cobertura vegetal (%) en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.	227

Tabla 65.	Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad de la vegetación. Fuente: Elaboración propia.	228
Tabla 66.	Parámetro: Uso de tierra en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	230
Tabla 67.	Parámetro: Carga ganadera en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011a.	231
Tabla 68.	Parámetro: Umbral de la pobreza en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b y MEF, 2012.	232
Tabla 69.	Parámetro: Densidad poblacional en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	233
Tabla 70.	Parámetro: Consumo de leña en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.	234
Tabla 71.	Parámetro: Protección medioambiental en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011a.	235
Tabla 72.	Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad del manejo y la gestión. Fuente: Elaboración propia.	236
Tabla 73.	Clases de los valores e Índices de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	239
Tabla 74.	Parámetro: Zonificación ambiental territorial en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.	240
Tabla 75.	Clases de los valores e Índices de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación, cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	244
Tabla 76.	Índices actuales de calidad ambiental de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.	246
Tabla 77.	República de Panamá: Cambio de temperatura media, promedio de los tres modelos, 1980-2000 a 2100 (en grados centígrados). Fuente: CEPAL/CCAD, 2010.	248
Tabla 78.	Proyecciones de temperatura media en la cuenca del río La Villa, 1980-2000 a 2100 (°C). Fuente: Elaboración propia a partir de CEPAL/CCAD, 2010 y ETESA, 2012.	248
Tabla 79.	República de Panamá: Cambio de precipitación media anual, 1980-2000 a 2100. (En porcentajes). Fuente: CEPAL/CCAD, 2010.	249
Tabla 80.	Proyecciones de precipitación media anual (mm) en la cuenca del río La Villa, 1980-2000 a 2100. Fuente: Elaboración propia a partir de CEPAL/CCAD, 2010 y ETESA, 2012.	249
Tabla 81.	Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la situación actual y las futuras proyecciones de la calidad climática. Fuente: Elaboración propia.	251
Tabla 82.	Clases de los valores e Índices de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación, cuenca del río La Villa para distintos horizontes de tiempo. Fuente: Elaboración propia.	253

RESUMEN

La presente tesis doctoral aborda la problemática de la desertificación de la cuenca del río La Villa, un territorio de unos 1.300 km² que vierte sus aguas a la costa pacífica de la República de Panamá. Dicha cuenca se localiza en la península de Azuero y forma parte del denominado *Arco Seco de Panamá*, un ámbito del país muy desfavorecido climáticamente y sometido durante décadas a una intensa degradación ambiental.

El objetivo central de nuestro trabajo es la determinación del grado de *Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación* de la zona de estudio, habiendo cubierto para ello los siguientes pasos metodológicos: a) análisis bibliográfico y de las iniciativas en materia de desertificación, tanto a escala internacional como desde el punto de vista estatal y de las experiencias locales; b) establecimiento de criterios de selección de los indicadores de calidad ambiental y aplicación adaptada de los mismos a nuestra propuesta metodológica; c) análisis de resultados apoyados sobre una cartografía pormenorizada; y d) elaboración de propuestas específicas y directrices encaminadas a la mitigación de los efectos de la desertificación en el área de estudio.

Metodológicamente, y tras una revisión de los mismos, se han aplicado los modelos desarrollados en el proyecto europeo MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*). Este procedimiento se basa en el cálculo del *Índice de Áreas Ambientalmente Sensibles a la Desertificación (ESI)*, el cual permite identificar y discriminar áreas con diferentes grados de sensibilidad ambiental (*crítica, C; frágil, F; potencial, P; y no afectado, N*). Se trata de un índice que incorpora información relativa a factores de calidad ambiental (clima, suelo, vegetación), así como otros de origen antrópico relacionados con el uso y el manejo del suelo (pobreza rural, carga animal, consumo de leña), permitiendo también la modelación del fenómeno atendiendo a distintos horizontes temporales, obteniéndose así una visión de la incidencia futura de la desertificación en la cuenca según escenarios diferentes.

Como elemento principal de nuestra investigación se aporta una colección cartográfica en la que destaca el mapa del estado actual de la *Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación en la cuenca del río La Villa*, en el que se muestra cómo prácticamente no existen zonas sin amenaza de la desertificación, y cómo la mayor parte de la cuenca cae dentro de las categorías de sensibilidad *crítica* (86%) o *frágil* (9%). De igual modo, además de determinar los actuales niveles de sensibilidad medioambiental a la desertificación, se realizan las proyecciones de este fenómeno según distintos horizontes temporales, dado que, debido al cambio climático, se prevé que para 2100 se produzca un aumento de temperatura media anual de la cuenca en torno a 3,6°C, y una disminución de las precipitaciones cercana al 17,5%.

Por último, hemos expuesto que el estado de avanzado deterioro de los ecosistemas de la cuenca tiene que ver, en gran medida, con la pasividad y, hasta cierto punto, con la indiferencia con las que se han planteado hasta ahora las iniciativas de manejo de los recursos naturales de la cuenca estudiada, lo cual ha traído graves repercusiones en la actual situación social, económica y ambiental de la población. Se espera que la información y las indicaciones aportadas por la presente tesis en materia de valoración de sensibilidad medioambiental a la desertificación, sirvan de fundamentos técnicos para identificar posibles escenarios y promover acciones que contribuyan a una gestión sostenible de los recursos de la cuenca. Con nuestro trabajo creemos aportar, así pues, el enfoque y las herramientas adecuadas para la implementación de renovadas políticas de planificación y manejo medioambiental de la cuenca del río La Villa de la República de Panamá.

ABSTRACT

The following doctoral thesis addresses the issue of the desertification of the La Villa river basin, a territory of about 1,300 square kilometers that pours its waters on the pacific coast of the republic of Panama. Said basin is located on the Azuero peninsula and is part of what is known as the Panama *Arco Seco*, a zone of the country that is climatically disadvantaged and subjected for decades to an intense environmental degradation.

The main objective of our work is to assess the degree of *Environmental Sensitivity to Desertification* of the studied zone, having covered for this purpose the following methodological steps: a) an analysis of the literature and initiatives about the issue of desertification encompassing the international, national and local scale; b) the establishment of selection criteria for the indicators of environmental quality and an adapted application of the same to our methodological proposal; c) the analysis of results supported by a detailed cartography; and d) the preparation of specific proposals and guidelines aimed to the mitigation of the effects of desertification on the studied area.

Methodologically, and after reviewing them, they have applied the models developed in the European project MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*). This procedure is based on the calculation of the *Environmental Sensitivity Index (ESI)*, which allows for the identification and discrimination of areas with different degrees of environmental sensitivity (*critical, C; fragile, F; potential, P; not affected, N*). It is an index that incorporates information concerning factors of environmental quality (climate, soil, vegetation), as well as others of anthropic origin, related to the use and management of the soil (rural poverty, animal burden, firewood consumption). This allows for the modeling of the phenomenon over different temporal horizons, obtaining thus a vision of the future incidence of desertification on the basin according to different scenarios.

As the main element of our research we offer a cartographic collection in which stands out the map of the current state of *Environmental Sensitivity to Desertification in*

the La Villa river basin, in which it is shown how there are virtually no zones without the threat of desertification, and how most of the basin falls within the *critical* (86%) or *fragile* (9%) categories. Also, aside from determining the current levels of environmental sensitivity to desertification, appear the projections for this phenomenon according to different temporal horizons, given that due to the climate change it is foreseen that by 2100 there will be an increase in the average annual temperature of the basin of around 3.6 degrees Celsius and a decrease of precipitation close to 17.5%.

Finally, we have shown that the state of advanced deterioration of the basin ecosystems is related to in great part to the passivity, and up to a certain point, the indifference with which the initiatives for natural resource management in the studied area have been treated. This has brought grave repercussions in the current social, economic and environmental situation of the population. We hope that the information and indications contained in the following thesis in the matter of the appreciation of the environmental sensitivity to desertification serve as a technical foundation to identify possible scenarios and to promote actions that foster a sustainable management of the basin's resources. With our work we believe that we contribute thus the perspective and tools fit for the implementation of renewed policies for the planning and management of the La Villa river basin in the republic of Panama.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES



CAPITULO 1. ANTECEDENTES

1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Existe un amplio consenso en cuanto a que la *degradación de las tierras* equivale a la reducción o pérdida de productividad económica y del ecosistema, y que este proceso de disminución de productividad y del valor de los recursos naturales, incluyendo suelos, vegetación y otros componentes biológicos, así como procesos ecológicos, geoquímicos e hidrológicos que operan en aquellos, es el resultado de la interacción de diferentes y complejos factores derivados de las actividades humanas y las variaciones climáticas. La **desertificación** se refiere al mismo fenómeno, pero acotado a las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, definidas de acuerdo con los rangos de valores convenidos para el índice de aridez, que está comprendido entre 0,05 y 0,65 (Naciones Unidas, 1994).

Estas son las definiciones más aceptadas por el conjunto de la comunidad internacional, especialmente por los países signatarios de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación, desde la que se entiende que la desertificación es un problema de carácter global derivado de la acción del ser humano sobre el medio natural. Desde este punto de vista, la desertificación no es un problema aislado, sino la consecuencia de la combinación de una serie de factores biofísicos, políticos, sociales, culturales y económicos (Morales, 2005), y se presenta íntimamente relacionado con el cambio climático, la conservación de la biodiversidad o la necesidad del manejo sustentable de los servicios que la naturaleza ofrece a la sociedad. La desertificación es, en última instancia, un síntoma de ruptura del equilibrio entre el sistema natural y el sistema socioeconómico que los explota.

El fenómeno de desertificación acontece porque los ecosistemas de las tierras áridas, que cubren una tercera parte del total de la superficie del planeta Tierra, son extremadamente vulnerables a la sobreexplotación y al uso inapropiado de los suelos. En dichas zonas, esta dinámica incluye un incremento de los procesos morfogenéticos por agua y viento (apertura de cárcavas, formación de dunas...), en detrimento de la edafogénesis (erosión selectiva de partículas, compactación de suelos...). Además,

también puede haber ruptura de los ciclos biogeoquímicos, incluyendo la redistribución y/o pérdida de nutrientes del sistema, así como una pérdida de eficiencia en el reciclaje de los mismos (Reynolds, 2002). Según Abraham (2004), los procesos de desertificación son complejos, afectando un ciclo de causa-efecto natural y social. La deforestación, la degradación del suelo y la vegetación, el agotamiento de los campos cultivados, la salinización de las tierras bajo riego, el agotamiento y contaminación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, la desaparición de la fauna silvestre, son circunstancias que tienen consecuencias dramáticas en forma de pobreza para muchos de los habitantes del planeta. Sin capital ni control sobre las decisiones respecto a sus recursos, muchos de ellos no han tenido otra opción que sobreutilizarlos o emigrar, abandonando unas tierras que ya no pueden mantenerlos.

Como indican los datos de la *Convención de la ONU para el Combate a la Desertificación* (2010a), una de cada tres personas en el mundo, un total de 2.100 millones, vive en tierras secas o áridas (el 90% de ellas en países en desarrollo); y además, unos 1.000 millones de seres humanos tienen su subsistencia amenazada por la desertificación, una situación que se extiende por todos los continentes. En la actualidad, esas tierras suman más del 40% de la superficie del planeta, mantienen un tercio de las cosechas y sostienen el 50% del ganado. Unos 12 millones de hectáreas de tierra apta para cultivos (más o menos el tamaño de Grecia o Nepal, que permitirían alimentar a seis millones de personas), se pierden cada año por el avance de la desertificación y el deterioro de los suelos. Las mermas monetarias por ese fenómeno se calculan en unos 42.000 millones de dólares de potenciales ingresos perdidos anualmente. No obstante, y por encima de la homogeneidad aparente de estas alarmantes estadísticas, el proceso de desertificación es extremadamente complejo, presentando múltiples variantes según el país, el tipo de sociedad, la estrategia de aprovechamiento de la tierra y de utilización del espacio y las tecnologías empleadas.

Hoy por hoy, la desertificación afecta más intensamente a las poblaciones pobres, posiblemente debido a que su bienestar y sus opciones de futuro se encuentran directamente ligados a la productividad de la tierra. En estos ámbitos de alta vulnerabilidad, la tierra sustenta directamente la agricultura, la ganadería y la actividad

forestal, de donde se obtienen, además del alimento, las principales fuentes de ingreso. La pérdida de suelo y/o de su fertilidad incrementa el riesgo de desabastecimiento, e incluso de hambruna, lo cual es especialmente grave (salvo contadas excepciones) para las poblaciones de las tierras áridas, puesto que en estos ámbitos no suele disponerse de los recursos económicos ni tecnológicos necesarios para hacerles frente, no contándose tampoco con alternativas de desarrollo que minimicen su dependencia directa del suelo y los impactos negativos derivados, por ejemplo, de:

- ✓ El incremento de la pobreza debido a la pérdida de ingresos procedentes de la comercialización, ya que la degradación del suelo afecta a la productividad agrícola, ganadera o forestal, y por tanto influye en su capacidad de generar rentas.
- ✓ Las migraciones forzosas en busca de medios de vida que garanticen un mínimo bienestar de la población.
- ✓ El empeoramiento de la nutrición por la falta de alimento, motivada por la disminución o pérdida de las cosechas y de la producción ganadera.
- ✓ La aparición de conflictos por el control, uso y gestión de la tierra y el agua.

Las poblaciones pauperizadas por esta vía se ven obligadas a extremar la presión sobre su entorno natural a fin de seguir obteniendo alimentos, energía, ingresos... conformándose así un círculo vicioso en el que dichas poblaciones son, a la vez, la causa y las víctimas de la desertificación. Este proceso también se ve reforzado por los modelos de comercio a escala internacional, basados en la explotación a corto plazo de los recursos locales. Por lo que puede decirse que la pobreza lleva a la desertificación y ésta, a su vez, a la pobreza y al hambre, y así sucesivamente. Desde esta perspectiva, las palabras pronunciadas por Indira Gandhi en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, *“la pobreza es la peor forma de contaminación”*, no han perdido su vigencia, pues han pasado casi cuatro décadas desde este evento y, hoy en día, según la declaración del Secretario Ejecutivo de la Convención de la ONU Contra la Desertificación Luc Gnacadja (UNCCD, 2010a), *“el objetivo en esta década es revertir la desertificación, para mitigar sus efectos en la pobreza y en la sustentabilidad del clima”*. Este mismo enfoque es compartido también por la FAO (2005), para la que la desertificación es una causa a la vez que una consecuencia de la pobreza.

Desde el punto de vista de esta Organización Intergubernamental, entre las actividades humanas que desencadenan un proceso de desertificación hay dos categorías muy distintas: la pobreza y el subdesarrollo, y las modernas prácticas productivas que no tiene en cuenta lo suficiente el impacto de las tecnologías utilizadas en la sostenibilidad de los suelos (FAO, 1993). Como ejemplo de ellas podrían ponerse las siguientes:

- ✓ El cultivo de suelos frágiles o expuestos a fenómenos de erosión hídrica y/o eólica.
- ✓ La reducción del tiempo de barbecho de las tierras cultivadas y la falta de fertilizantes orgánicos y minerales.
- ✓ El sobrepastoreo de plantas herbáceas y leñosas (a menudo selectivo).
- ✓ La explotación excesiva de los recursos madereros, en particular, la leña.
- ✓ El uso descontrolado del fuego para la regeneración de los pastos, la caza, los desbroces con fines agrícolas y la resolución de ciertos conflictos sociales.
- ✓ Las técnicas de cultivo que destruyen la estructura del suelo y en particular el uso de maquinaria agrícola poco adecuada.
- ✓ Las prácticas agrícolas exportadoras netas de riqueza química, sobre todo los cultivos comerciales.
- ✓ El desvío del curso de los ríos para levantar diques de riego.
- ✓ El riego de los suelos cuya textura favorece la salinización o la alcalinización, o incluso el anegamiento.

El reconocimiento de relaciones de causalidad entre degradación de la tierra o desertificación, por un lado, y pobreza, por otro, como del hecho de que ésta afecta sobre todo a los campesinos más pobres, también ha puesto de relieve el fenómeno de las migraciones ambientales, temática que ha sido abordada también desde este punto de vista por los organismos internacionales volcados sobre el desarrollo humano. Así, por ejemplo, en diciembre de 2002, el Vicepresidente de Desarrollo Sostenible del Banco Mundial, Ian Jonson, en su discurso inaugural de la Cuarta Conferencia de las partes (COP 4) señaló que *“...dado que siete de cada diez pobres del mundo viven en áreas secas y degradadas, hemos llegado al convencimiento de que existe una estrecha vinculación entre la degradación de la tierra, la desertificación y la pobreza”*. Este dramático señalamiento también ha sido confirmado a través de las impactantes palabras del

Director General de la FAO, el Dr. Jacques Diouf, en la Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria, llamada también la “Cumbre sobre el Hambre”, realizada en Roma en 2009, cuando se alcanzó el umbral crítico de mil millones de personas hambrientas en el mundo, lo que constituye, según el citado mandatario, un *“trágico logro en estos tiempos modernos”* ya que *“mil millones de personas padecen hambre, es decir, una de cada seis personas en el mundo, 105 millones más que en 2008, y cinco niños mueren cada 30 segundos. Aparte de las cifras, esto significa el sufrimiento de cada uno de estos seres humanos, que es un querido niño, o madre, o padre, o hermano, o hermana, o pariente, o amigo, o vecino”* (FAO, 2009a).

Según las estimaciones de la FAO expresadas en 2009, la producción agrícola mundial deberá aumentar un 70 por ciento en 2050 para alimentar a 2.300 millones de personas adicionales. Este aumento deberá producirse enfrentándose a nuevos desafíos, en particular el cambio climático y la rápida urbanización de la sociedad. Debido a la escasez de tierras, los agricultores se verán obligados a obtener un mayor rendimiento de la tierra cultivada en lugar de expandir la superficie de las explotaciones, con lo que ello significa, como hemos explicado, en términos de sobreexplotación del suelo. A nivel mundial, en concreto, se calcula que el 90 por ciento de los incrementos de producción necesarios deberán proceder del aumento del rendimiento y de la intensificación de los cultivos, y tan sólo el 10 por ciento del aumento de la superficie cultivable. Para los países en desarrollo, la FAO prevé que esta proporción sea de 80/20. Pero en países con escasez de tierras, casi todo el crecimiento se obtendrá de la mejora del rendimiento agrario. Sin embargo, la producción alimentaria intensificada ha supuesto tradicionalmente un aumento de la dependencia de los plaguicidas y fertilizantes y un uso excesivo del agua, lo que, lógicamente, incidirá sobre la calidad de los suelos y los recursos hídricos (FAO, 2009b).

Tomando en consideración la perspectiva global descrita más arriba, un primer análisis de la región de Latinoamérica y Caribe nos indica que se trata de un ámbito donde las premisas socioeconómicas necesarias como para que se desaten procesos de desertificación, la pobreza y el subdesarrollo, se cumplen en algunos casos más que sobradamente. Por otra parte, y aunque habitualmente conocida por sus selvas y

bosques, América Latina y el Caribe tienen una cuarta parte de tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas que totalizan en torno a 5 millones de km², situación que se agrava con la pobreza y la presión sobre los recursos naturales de multitud de pueblos (UNCCD, 2010a). De acuerdo con la FAO, las regiones tropicales de América Latina están siendo deforestadas a un ritmo de un 0,7% anual, siendo esta una situación que se encuentra en aumento, presentando las consecuencias adversas esperadas. Por su parte, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL, 2005) señala que en el subcontinente suramericano existen serios problemas estadísticos respecto a las magnitudes del proceso de desertificación, y que una de las causas principales de dicha problemática es *“el cultivo de suelos frágiles o expuestos a fenómenos de erosión”*.

Como regla general, las regiones con suelos vulnerables, altas pendientes, clima seco, fuertes vientos y lluvias ocasionales intensas, son las que sufren los mayores impactos por erosión, la cual se ve intensificada a causa de determinadas actividades humanas, especialmente por la deforestación, la inadecuada remoción de la capa vegetal o la concentración artificial de la escorrentía. Aun así, los problemas de erosión en ámbitos estrictamente tropicales también son, una vez desatados, difíciles de resolver. La profundidad y la rapidez de la meteorización, la alta *erosionabilidad* de los materiales y, sobre todo, la intensidad de las lluvias hacen que los problemas de erosión sean especialmente difíciles (Suárez, 2001).

En América Latina y Caribe, donde de sus 465 millones de habitantes, unos 110 viven por debajo del umbral de la pobreza, la degradación de las tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas constituye uno de los mayores problemas ambientales de la actualidad. El sobrepastoreo y la deforestación destruyen la cubierta vegetal protectora, induciendo la erosión hídrica y/o eólica que decapitan los horizontes superiores del suelo; y unas inadecuadas prácticas agrícolas (irrigación excesiva, uso incontrolado de fertilizantes y plaguicidas...) terminan por eliminar los nutrientes de los suelos y por salinizarlos, o bien por desecarlos o compactarlos, o por sellar su superficie y provocar la acumulación de sustancias tóxicas, etc., con la consiguiente disminución de los rendimientos.

La República de Panamá forma parte de este dramático escenario latinoamericano. Dada su condición de país en desarrollo posee toda la gama de problemas que atañen a esta región del mundo, tales como la pobreza, degradación y pérdida de suelo, contaminación de los recursos hídricos, escasez de agua, desastres naturales, intensa afección del cambio climático, etc. Precisamente, la erosión del suelo es, junto con la sobreexplotación de las aguas subterráneas, los incendios y la salinización, la principal causa de la desertificación, siendo sus causas una importante variabilidad climática y unas conductas humanas irresponsables, y sus consecuencias, una notable pérdida de la productividad de los ecosistemas y del valor del suelo. Las tierras degradadas ocupan un 27% del territorio nacional (ANAM, 2010a) y en ellas habitan cerca de medio millón de personas, muchas de las cuales se encuentran en situaciones de pobreza o pobreza extrema. En general, se trata de espacios geográficos en los que sus habitantes se enfrentan a grandes restricciones biofísicas y económicas, tales como: dificultad de acceso a unas tierras y un agua de buena calidad, a un capital financiero en condiciones asumibles, a mercados y tecnologías modernas y limpias...

El escenario de la pobreza en Panamá concuerda, como en el resto de América Latina y del mundo, con las zonas áridas y degradadas. El Informe sobre Desarrollo Humano 2011 (PNUD, 2011) señala que la pobreza afecta a uno de cada tres panameños; o sea, que la pobreza alcanza al 32,7% de la población (1.113.700 personas). La incidencia de la pobreza varía según las áreas del país, puesto que en la ciudad es del 16,4% y en el ámbito rural es del 52,1%; mientras que en las comunidades indígenas, este porcentaje abarca a casi todos sus habitantes: el 84,1% de la población. Según los datos de GEO Panamá (2010b): *“Estas áreas están sometidas a rigurosas exigencias de productividad (casi el 35% de la tierra tiene uso agropecuario) que supone abuso y mal uso de agroquímicos, prácticas insostenibles de labranza, el sobrepastoreo, la quema y tala”*.

El “Diagnóstico de las Tierras Secas y Degradadas de Panamá”, que sustenta el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Sequía y la Desertificación de Panamá (ANAM, 2004), reconoce la existencia en el país de cuatro áreas críticas sujetas a procesos de sequías y degradación de suelos: el Arco Seco, la Sabana Veragüense, el Corregimiento de Cerro Punta y la Comarca Ngöbe Buglé, las cuales comprenden en total una superficie de

20.787,57 km² y una población estimada en 516.434 personas según el Censo Nacional de Población y Vivienda, 2000 (INEC, 2001). En estas áreas críticas el fenómeno de degradación de los suelos se manifiesta a través del uso intensivo de agroquímicos, las prácticas de cultivos no apropiados para la vocación del suelo y la falta de sistematización de la gestión de sistemas de riego, etc., donde los procesos erosivos se acentúan cada día, reflejándose en una pérdida de la capacidad productiva de los suelos y en un incremento de las tasas de sedimentación en la vertiente del Pacífico, con los consiguientes perjuicios para el buen funcionamiento de muchos de los ecosistemas de la zona.

Nuestra área de estudio, la cuenca de **río la Villa**, se ubica en una de las cuatro zonas reconocidas como críticas: la del **Arco Seco**. Este territorio cuenta con la mayor superficie y el mayor número de habitantes (51% en ambos casos) del conjunto de las tierras degradadas panameñas. Su área es de 10.708 km², lo que representa aproximadamente 15% del territorio nacional, y en ella habitan unas 263.624 personas. Es una zona degradada, pero se caracteriza como una región de alta producción agropecuaria, a pesar de ser un territorio del país con menor cantidad de precipitación anual.

1.2. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las condiciones climáticas y socioeconómicas de La República de Panamá otorgan al país unos elevados índices desertificación. Este fenómeno constituye un problema medioambiental de una gran envergadura, pues afecta a la mayor parte del territorio nacional, aunque en diferentes grados de severidad según las zonas. La Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM, 2010b) calcula que durante la segunda mitad de la pasada década, la degradación de los suelos panameños aumentó en un 5%. Entre los principales motivos de esta degradación contarían el uso inadecuado de los suelos, así como el crecimiento descontrolado de actividades ganaderas.

El territorio de la República de Panamá está dividido en 52 cuencas hidrográficas, 20 de las cuales se encuentran dentro de las consideradas como “tierras secas y degradadas”. La degradación ambiental de estas cuencas es significativa y se evidencia un

amenazador proceso de desertificación, específicamente en las 9 cuencas pertenecientes a la zona crítica que, como dijimos anteriormente, lleva el nombre de Arco Seco. De las 52 cuencas hidrográficas, la *Estrategia Nacional del Ambiente* (ANAM, 1999) identificó 10 de ellas como de actuación prioritaria, en función del alto grado en que ellas son degradadas y/o hechas más vulnerables por las actividades humanas. Entre las llamadas *cuencas prioritarias* se incluye la del río La Villa, por ser una de las más importantes en el ámbito nacional y, en contraste, la más degradada del país. La disponibilidad de agua para distintos usos se reduce anualmente y la explotación intensiva de la tierra ya ha moldeado un ambiente semiárido, el que a su vez se potencia una peligrosa espiral en las relaciones *pobreza - presión de uso sobre los recursos naturales - degradación*.

Bajo este dramático escenario ya descrito, la cuenca del río La Villa es considerada como un ecosistema frágil y con daños ecológicos irreversibles, donde 82,9% de su territorio está dedicado a la ganadería extensiva y a la agricultura ya sea mecanizada o de subsistencia. El Diagnóstico de las Tierras Secas y Degradadas de Panamá, realizado por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM, 2004), reconoce la existencia en dicha cuenca de una superficie aproximada de 740 km² (58% del área total), con clara tendencia a la desertificación de los suelos. Posteriormente esta tendencia ha sido validada por el Proyecto *“Construcción de Indicadores de Sequía y Degradación para las tierras secas y degradadas, identificadas en el Programa de Acción Nacional, (PAN) de Panamá”*, ejecutado por el Comité Nacional de Lucha contra la Sequía y la Desertificación, (CONALSED, 2007), en el cual se logró identificar un total de 10 indicadores prioritarios para evaluar las tierras secas y degradadas de Panamá. El resultado de esta iniciativa nacional permitió solamente medir en forma cualitativa el grado de deterioro o recuperación de los recursos naturales en la República de Panamá, incluida la cuenca de nuestro interés. Tomando en consideración el alcance de los indicadores aplicados en esta medición, no fue posible la elaboración de una cartografía apropiada, que indique de manera concisa los espacios y niveles de los procesos de desertificación en la cuenca del río La Villa, por lo que esta iniciativa puede considerarse como una primera aproximación. Por otro lado, el país y por consiguiente la cuenca, carecen de estudios enfocados específicamente al análisis del fenómeno de desertificación.

Como parte central de la presente investigación, sobre la base de todos los escenarios locales existentes y los aspectos antes mencionados, se valorarán los elementos de la calidad ambiental de la cuenca, relacionados directamente con la desertificación, tales como el suelo, el clima, la vegetación y la gestión del territorio. El diagnóstico integral de dichos elementos permitirá establecer los niveles de degradación de la tierra y el grado de *Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación en la cuenca del río La Villa*. Los resultados de este diagnóstico se plasmarán en una cartografía temática gerefenciada en forma de *Áreas Medioambientalmente Sensibles a la Desertificación*. La valoración de sensibilidad a la desertificación y la cartografía generada por este trabajo, servirán de fundamento técnico para identificar escenarios y proponer estrategias y acciones que puedan contribuir a la gestión sostenible de los recursos naturales en la cuenca. Desde el enfoque instrumental, la presente investigación también plantea una puesta a punto de los mecanismos y la metodología necesarios para generar una herramienta informática ampliable con otros estudios y aplicable a otras cuencas riesgos similares.

De lo expuesto, el objetivo principal de la presente investigación se cifra en la determinación del grado de *Sensibilidad Ambiental a la Desertificación* en la cuenca hidrográfica del río La Villa, que forma parte de la zona crítica panameña llamada *Arco Seco*, sujeta a procesos de recurrentes sequías, degradación y desertificación de suelos, desarrollando además una metodología que permita la modelación de este fenómeno y valoración de los impactos producidos según la aplicación de determinados índices de calidad ambiental. Entre los objetivos específicos de la investigación podrían destacarse:

- ✓ Identificar y desarrollar un conjunto de indicadores e índices de calidad ambiental (suelo, clima, vegetación y la gestión del territorio), para luego obtener el *Índice de Sensibilidad Medioambiental (ESI)* a la degradación-desertificación en la cuenca del río La Villa, lo que permitirá proveer a los potenciales usuarios la información real, consistente y actualizable en el tiempo, y sería una base fundamental para comprender como actúan los factores que intervienen en el proceso de desertificación.

- ✓ Elaborar el *Mapa de Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación* de la cuenca del río La Villa, con la finalidad de conocer los espacios y niveles de los procesos de la degradación de sus suelos.
- ✓ Proporcionar a los gestores de los recursos naturales en las cuencas vecinas con problemática similar un conjunto de herramientas precisas y eficientes de toma de decisión para el desarrollo de las zonas degradadas de la región.
- ✓ Luego de finalizar la presente investigación, se pretende divulgar en el futuro los resultados de la misma y la metodología propuesta entre todos los actores claves de la cuenca, lo cual representaría el primer paso para su aplicación en futuras investigaciones en otras cuencas hidrográficas del país, que confrontan el mismo problema de degradación de suelos, llegando así a la cobertura nacional con todos los beneficios económicos y sociales que esto representa.

Para exponer las aportaciones de la presente investigación, es de suma importancia tomar en consideración el estado actual del conocimiento sobre la degradación-desertificación en la cuenca del río La Villa, que es esencialmente cualitativo, lo que dificulta la identificación y la aplicación de prácticas estratégicas efectivas de conservación y la rehabilitación de las tierras degradadas. Según Moreira (1991), citado por López Bermúdez (1994), *“resulta evidente que, para saber cómo empezar con una política de aprovechamiento del suelo, y poner en marcha programas de conservación del recurso, parece indiscutible disponer de Información”*. Debido a la urgente necesidad del país de contar con una herramienta en materia de diagnóstico de la desertificación y degradación del suelo, la realización de esta investigación permitirá por primera vez en Panamá, precisar de manera conjunta la intensidad de las variables biofísicas y socioeconómicas que influyen en los procesos de degradación del suelo con la aplicación de un *Índice de Sensibilidad Medioambiental* a la desertificación; luego espaciarlos cartográficamente para poder así observar cuales son los lugares en donde este fenómeno socio-natural viene impactando en mayor o menor magnitud; de manera que se constituye como una herramienta útil que conduzca a formular una propuesta técnico social dirigida a recuperar áreas degradadas y proteger los sistemas naturales.

De esta manera, los principales alcances y aplicaciones de la presente tesis se prevén del siguiente modo:

- ✓ Desarrollo de una investigación que profundiza los conocimientos existentes en materia de degradación-desertificación en la República de Panamá y define una metodología para determinar la sensibilidad del medio natural frente a crecientes procesos de desertificación en cuencas degradadas.
- ✓ Se implementan y se analizan los indicadores o parámetros para determinar el grado de calidad ambiental en la cuenca del río La Villa, para ser representados luego en respectivos mapas temáticos.
- ✓ Se construyen cuatro sub-modelos de calidad ambiental, integrando los mapas temáticos generados, obteniéndose los *mapas de calidad del suelo, de clima y vegetación* para el caso de indicadores biofísicos y *el mapa de calidad del manejo y la gestión* para el caso de los indicadores socioeconómicos.
- ✓ Se construye el modelo principal. De la unión de cuatro sub-modelos, se obtiene el producto final, el *Mapa de Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación* en la cuenca del río La Villa
- ✓ Se construye un mapa de proyecciones a corto plazo de Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación, basado en los resultados del Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental (POTA) de la cuenca del río La Villa, cuya aprobación e implementación están en proceso.
- ✓ Se construyen mapas con diferentes futuros escenarios de sensibilidad medioambiental a la desertificación debido al efecto del cambio climático.
- ✓ Se garantiza que los resultados obtenidos en esta investigación sean de utilidad tanto a nivel científico como para aplicación práctica en campos relacionados con el manejo de los recursos naturales a nivel local, ampliando posteriormente esta cobertura para llegar a nivel nacional.
- ✓ Los resultados obtenidos en este trabajo serán transferidos a la sociedad científica y a los gestores de los recursos naturales por medio de publicaciones en congresos y/o revistas, relacionadas con la temática de la investigación.

En tal sentido, la contribución del presente trabajo sería exponer la metodología de ejecución que permite la realización de un ***Diagnóstico y Zonificación de Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación***, aplicada a un sector piloto, que en este caso representa la cuenca hidrográfica del río La Villa de la República de Panamá.

CAPÍTULO 2

CONTEXTO MEDIOAMBIENTAL DE LA DESERTIFICACIÓN. ESTADO DEL ARTE



CAPITULO 2. CONTEXTO MEDIOAMBIENTAL DE LA DESERTIFICACIÓN. ESTADO DEL ARTE

2.1. EL DESPERTAR DE LA CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL

El siglo XX ha dejado a la humanidad numerosos legados intelectuales y otros tantos pozos de nuevas sensibilidades. Sin duda, uno de ellos es el interés por el medio ambiente, habida cuenta del notable deterioro sufrido por el Planeta a lo largo del proceso de desarrollo industrial y el aumento poblacional. Las consecuencias de esta situación han llegado a tal punto que la conservación de la naturaleza se ha convertido en una de las grandes preocupaciones de nuestro tiempo. En la actualidad, no hay líder a nivel mundial que no califique como impostergable la necesidad de salvar a la “*Madre Tierra*”. No obstante, esta es una preocupación bastante reciente y variable en intensidad, al menos en su dimensión internacional, contando con una historia de sólo unas cuantas décadas, en las que se han ido ensamblando las piezas, supuestamente inconexas, de un rompecabezas mundial para revelar la imagen de un mundo con un futuro incierto (PNUMA, 2002).

El inicio de esta toma de conciencia ambiental mundial quizá pueda establecerse en los años sesenta, en parte espoleada por la difusión masiva del libro *La primavera silenciosa*, de Rachel Carson, obra que pone de relieve los efectos perniciosos de los plaguicidas como DDT el sobre el medio natural y la vida humana. El Dicloro Difencil Tricloroetano fue desarrollado en 1939 por el químico suizo Paul Herman Müller, quien en 1948 ganó el Premio Nobel de Medicina por la puesta a punto de este insecticida, que también demostró ser eficiente contra los agentes causantes del tifus, además de ser un muy buen protector de determinados cultivos. Sin embargo, la meticulosa investigación realizada entre los años 1958 y 1962 por la bióloga Rachel Carson reveló una faceta mucho más oscura del DDT, una que lo mostraba como un agente capaz de provocar cáncer y daños genéticos en los seres humanos, además de contaminar el agua y matar al ganado y numerosas especies salvajes. “*Estamos exponiendo a poblaciones enteras a agentes químicos extremadamente tóxicos, que en muchos casos, tienen efectos acumulativos. Actualmente, este tipo de exposición comienza a suceder tanto antes como*

después del nacimiento. Nadie sabe aún, cuáles serán los resultados de este experimento, ya que no contamos con ningún paralelo anterior que nos sirva como referencia" (Carson, 1962).

Hasta la edición de este transcendental libro, la conservación y la contaminación nunca habían despertado gran interés en la sociedad a escala mundial. Pero las amenazas descritas por la Sra. Carson eran demasiado terroríficas para ser ignoradas, aflorando por primera vez la necesidad de regular los residuos de la producción industrial. El medio ambiente empieza a convertirse en un problema social, entrando a formar parte en las preocupaciones y anhelos de la vida cotidiana de muchos ciudadanos, sobre todo pertenecientes a los países desarrollados. No en vano, a finales de los sesenta empiezan a surgir numerosas entidades ecologistas de carácter no gubernamental (ONG) con el objetivo de hacer del planeta un lugar más habitable. Entre las que presentan una vocación inequívocamente internacional destacan el Club de Roma (1968), Friends of the Earth (Amigos de la Tierra), fundado en San Francisco (1969), Survival International, en Inglaterra (1969) y Greenpeace, en Canadá (1971), algunas de las cuales no han perdido su vigencia a día de hoy.

En 1972, convocados y auspiciados por el entonces flamante Club de Roma, unos jóvenes científicos del MIT (Massachusetts Institute of Technology), bajo la dirección del profesor Dennis L. Meadows desarrollaron un estudio riguroso y exhaustivo sobre las perspectivas de crecimiento de la población humana y la economía global. Con la ayuda de un modelo informático (World3), crearon proyecciones de la evolución mundial y mostraron por primera vez las consecuencias del crecimiento incontrolado en un planeta de recursos finitos. Sus conclusiones fueron recogidas en el libro *Los límites del crecimiento (The Limits of Growth)*, una obra que agitó a la comunidad científica, política y económica internacional al plantear serias objeciones a las bondades del crecimiento (Leis, 2001). Este informe, conocido también como el *Informe de Meadows*, defiende la tesis de que *"en un planeta limitado, las dinámicas de crecimiento exponencial (población y el producto per cápita) no son sostenibles"*. Fue un antecesor del movimiento por la sostenibilidad y predijo la posibilidad de una crisis del sistema, en la medida en que el mundo empezaría a carecer de los bienes básicos para la vida. *"Si las actuales tendencias*

de crecimiento de la población mundial, industrialización, contaminación, producción de alimentos y disminución de recursos permanecen inalterables, los límites de crecimiento en este planeta se alcanzarán en algún momento de los próximos cien años” (Meadows et al., 1972). Sobre la base de considerar cinco “factores críticos” como el crecimiento de la población, producción de alimentos, industrialización, agotamiento de recursos naturales y contaminación, el Informe establece que dos de ellos (crecimiento de la población e industrialización) presentan circuitos positivos que retroalimentan el sistema, pudiendo llevar al planeta al agotamiento de su capacidad de carga y al colapso.

Treinta años después de la publicación del Informe de Meadows, según Ian Johnson, Secretario General del Club de Roma Internacional (2012), *“Los límites del crecimiento”* fue un libro que hizo reflexionar a la sociedad sobre las cuestiones globales y su importancia. También fue una obra polémica. Muchos cuestionaron la capacidad de traducir en modelos algo tan complejo. Sin embargo, los planteamientos básicos formulados en sus páginas han resistido bastante bien el paso del tiempo, y lo que en su día fueron unas ideas revolucionarias, hoy forman parte de la corriente de pensamiento imperante en materia ecológica (Meadows et al., Ed. 2012).

Por otro lado, muy consciente y alarmada por la situación que atravesaba el mundo, con sus claros indicios de que el problema ecológico se agravaba, las Naciones Unidas tomaron en cuenta por primera vez los asuntos del medio ambiente en el 45º período de sesiones del Consejo Económico y Social, el cual, por medio de su resolución 1346 (XLV), de 30 de julio de 1968, recomendó que la Asamblea General convocara una Conferencia de las Naciones Unidas sobre “los problemas del medio humano”. Y así fue como en su 23º período de sesiones, la Asamblea General aprobó la resolución 2398 (XXIII), de 3 de diciembre de 1968, decidió convocar una Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, advirtiendo del *“deterioro constante y acelerado de la calidad del medio humano...”* y de *“los efectos consiguientes en la condición del hombre, su bienestar físico, mental y social, su dignidad y su disfrute de los derechos humanos básicos, tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados”*. La resolución también reconoció que las relaciones entre el hombre y su medio estaban

experimentando profundas modificaciones como consecuencia de los progresos científicos y tecnológicos (ONU, 1968).

El decenio correspondiente a los años setenta se considera realmente el periodo de afianzamiento del ambientalismo moderno. Al inicio de esta década el mundo era muy diferente del actual, especialmente en términos geopolíticos. En aquellos momentos la Guerra Fría dividía a muchas de las naciones más industrializadas del mundo, el periodo de colonización no había terminado, Sudáfrica todavía se gobernaba bajo el signo del apartheid y aún estaba en pie el conocido Muro de Berlín. Este mundo y esta sociedad polarizada es, por tanto, la que acoge en su seno a la conocida como *Conferencia Científica de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano* (o *Conferencia de Estocolmo*, por ser en esta ciudad donde se celebró, en junio de 1972). Fue la primera gran conferencia de la ONU sobre cuestiones ambientales, y marcó un punto de inflexión en el desarrollo de la política internacional en esta materia. Aunque el evento concitó a delegados de 112 países, además de un sinfín de organismos y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, debe señalarse que la entonces Unión Soviética y la mayoría de sus aliados no asistieron. Esa conferencia dio pie a lo que más adelante se conocería como el “*espíritu de compromiso de Estocolmo*”, por medio del cual los representantes de los países desarrollados y países en desarrollo encontraron la manera de acoplar sus puntos de vista fuertemente divergentes (PNUMA, 2002).

La Conferencia de Estocolmo emitió una *Declaración* y un *Plan de Acción* con 109 recomendaciones. En los 26 *Principios* recogidos en el primero de estos documentos se proclamaba que: “*El hombre es a la vez obra y artífice del medio que lo rodea, el cual le da el sustento material y le brinda la oportunidad de desarrollarse intelectual, moral, social y espiritualmente*”. También articuló el derecho de las personas a vivir en un “*medio ambiente de calidad tal que les permita llevar una vida digna y gozar de bienestar*” (ONU, 1972). Además de estos dos trascendentales documentos, otro importante logro de la Conferencia fue la recomendación de crear un Secretariado en las Naciones Unidas como punto focal para la acción y coordinación de las cuestiones del medio ambiente dentro del Organismo. Esta Oficina se conformó definitivamente con el nombre de *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)*, su sede se estableció en Nairobi

(Kenia) y al frente del mismo se colocó a un director ejecutivo cuyas responsabilidades incluían:

- ✓ brindar apoyo al Consejo de Administración del PNUMA;
- ✓ coordinar programas ambientales dentro del sistema de las Naciones Unidas;
- ✓ dar orientación en la formulación e implementación de programas ambientales;
- ✓ asegurar la cooperación de la comunidad científica y de otros profesionales de las diferentes partes del mundo;
- ✓ efectuar recomendaciones sobre la cooperación internacional en materia de medio ambiente; y
- ✓ presentar propuestas de planificación a mediano y largo plazo para programas de las Naciones Unidas en el área del medio ambiente.

Los recursos hídricos, los mamíferos marinos, las fuentes de energía renovables, los bosques, y también la desertificación fueron de los temas que adquirieron mayor preponderancia para este Programa, al cual se hacía referencia durante la Conferencia de Estocolmo como *“la conciencia ambiental del sistema de las Naciones Unidas”*.

Puede afirmarse, pues, que muchos de los hitos medioambientales de los años setenta, se dieron como consecuencia directa de la reunión de Estocolmo (PNUMA, 2002). Gracias a esta Conferencia, por ejemplo, se articuló el derecho de las personas a vivir en un “medio ambiente de calidad tal que les permita llevar una vida digna y gozar de bienestar”, en base al cual, muchas entidades internacionales, como la Organización de la Unidad Africana (OUA), y alrededor de 50 gobiernos de todo el mundo, adoptaron instrumentos o constituciones nacionales reconociendo el medio ambiente como un derecho humano fundamental. Asimismo, gran parte de las legislaciones nacionales sectoriales relativas al medio ambiente se elaboraron a partir de los postulados de Estocolmo. De 1971 a 1975, se aprobaron 31 importantes leyes nacionales ambientales en países pertenecientes a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), en comparación con las 4 promulgadas entre 1956 y 1960. También fue este el periodo en que el medio ambiente se incluyó en un lugar preferente en un gran número de agendas regionales y nacionales, así como entre las carteras ministeriales de muchos

países. Por ejemplo, antes de Estocolmo sólo existían unos 10 ministerios o secretarías de estado dedicadas específicamente a temas medioambientales, mientras que a comienzo de los años ochenta esa cifra se había multiplicado por 11.

Aparte de estos significativos logros, lo que realmente sustentó y dio robustez y alcance a los acuerdos de Estocolmo fue el compromiso adquirido por los distintos países en un gran número de Acuerdos Multilaterales sobre la materia. Entre estas alianzas pueden destacarse la Convención sobre los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas (*Ramsar*, 1971); la Convención para la protección del patrimonio mundial cultural y natural (*Heritage*, 1972); la Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (*CITES*, 1973); o la Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres (*CMS*, 1979).

De igual modo, es después de Estocolmo cuando las organizaciones no gubernamentales (ONG) dedicadas al medio ambiente alcanzan su verdadero protagonismo, aparecen iniciativas como la del Banco Mundial de incorporar consideraciones ambientales dentro de sus programas de financiación para el desarrollo y se crean de los primeros centros de capacitación ambiental a nivel nacional e internacional. Las secuelas de la Conferencia de Estocolmo en la década de los setenta muestran un gran interés y un significativo alcance internacional, destacando eventos como la Primera Conferencia Internacional del Agua en Mar del Plata, celebrada en Argentina en 1975; la primera Conferencia de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos, la cual tuvo lugar en Vancouver (Canadá, 1976); y, especialmente, la Primera Conferencia de Naciones Unidas sobre Desertificación celebrada en Nairobi (Kenia, 1977), donde, como hemos indicado anteriormente, tenía su sede el PNUMA.

La década de los ochenta se caracterizó por profundos cambios en el *status quo* político y social a nivel mundial como la “Perestroika” (1985) o la caída del Muro de Berlín (1989); pero también por la ratificación de graves problemas medioambientales como el agujero de la capa de ozono o el peligro de extinción de especies más o menos emblemáticas. Asimismo, no faltaron eventos catastróficos como el accidente de Bhopal

en la India, el cual se saldó con decenas de miles de personas fallecidas por la emisión de sustancias tóxicas, el accidente nuclear de Chernobil en la República de Ucrania (antigua Unión Soviética), o la muerte por hambruna y la malnutrición de miles de seres humanos en Etiopía, entre otros lugares. Estos sucesos trajeron de nuevo a un primer plano las relaciones entre el medio ambiente y la salud humana, confirmando que las cuestiones ambientales son sistémicas y para atenderlas se requiere de estrategias a largo plazo, acciones integradas de alcance internacional, y la concienciación y el compromiso de la sociedad.

En 1983 se constituye la *Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, CMMAD* (World Commission on Environment and Development, WCED); también conocida como la *Comisión Brundtland*, reuniéndose por primera vez en 1984 en respuesta a la urgente llamada formulada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, en el sentido de establecer una *Agenda Global para el Cambio*. Esta Comisión, liderada por la Señora Gro Harlem Brundtland (ex primera ministra noruega), centró su atención en los siguientes temas (WCED, 1987):

- *Población y recursos humanos*: La población mundial sigue creciendo a un ritmo muy acelerado, especialmente si ese incremento se compara con los recursos disponibles en materia de vivienda, alimentación, energía y salud. Dos propuestas se formulan al respecto: reducir los niveles de pobreza y mejorar el nivel de la educación.
- *Alimentación*: El mundo ha logrado volúmenes increíbles de producción de alimentos. Sin embargo esos alimentos no siempre se encuentran en los lugares en los que más se necesitan.
- *Especies y ecosistemas*: entendidos como recursos para el desarrollo, la Comisión entiende que son muchas las especies del planeta que se encuentran en peligro o están desapareciendo. Este problema debe pasar a convertirse en preocupación política prioritaria.
- *Energía*: se sabe que la demanda de energía se encuentra en rápido aumento, si la satisfacción de la misma se basara en el consumo de recursos no renovables el ecosistema no sería capaz de resistirlo. Los problemas de calentamiento y acidificación serían intolerables. Por eso, son urgentes las medidas que permitan

hacer un mejor uso de la energía. La estructura energética del siglo veintiuno debe basarse en fuentes renovables.

- *Industria:* El mundo producía ya en 1987 siete veces más productos de los que fabricaba en 1950. Los países industrializados han podido comprobar que su tecnología anti contaminación ha sido efectiva desde el punto de vista de costos en términos de salud, propiedad y prevención de daño ambiental, y que las mismas industrias se han vuelto más rentables al realizar un mejor manejo de sus recursos.
- *El reto urbano:* Al comienzo del nuevo siglo prácticamente la mitad de la humanidad habitará en centros urbanos. Sin embargo pocos gobiernos de ciudades tercermundistas cuentan con los recursos, el poder y el personal para suministrarle a sus poblaciones en crecimiento la tierra, los servicios y la infraestructura necesarios para una adecuada forma de vida: agua limpia, sanidad, colegios y transporte. El adecuado manejo administrativo de las ciudades exige la descentralización, de fondos, de poder político y de personal, hacia las autoridades locales.

La Comisión partió de la convicción de que era posible construir un futuro más próspero, más justo y más seguro para la humanidad, emitiendo un informe después de tres años de sucesivos encuentros con los líderes gubernamentales y la ciudadanía de un sinnúmero de países. Con ese valioso aporte internacional y el enfoque optimista de la Comisión, se publicó en abril de 1987 el Informe denominado "*Nuestro Futuro Común*". El Informe plantea la posibilidad de obtener un crecimiento económico basado en políticas de sostenibilidad y expansión de la base de recursos ambientales, pero añadía que "*el concepto de desarrollo sostenible implica límites; no se trata de límites absolutos, sino de aquellos que imponen a los recursos ambientales, por un lado, el estado actual de la tecnología y de la organización social y, por otro, la capacidad de la biosfera de absorber los efectos de las actividades humanas*" (CMMAD, 1992).

Una de las conclusiones más importantes de *Nuestro Futuro Común* ha sido el reconocimiento de que los asuntos ambientales y de desarrollo estaban inexplicablemente ligados y que, por ende, era inapropiado debatir por separado de ellos.

La Comisión afirmó que: *“El medio ambiente y el desarrollo no son retos separados: el desarrollo no puede subsistir con una base de recursos ambientales que se deteriora; el medio ambiente no puede ser protegido cuando el crecimiento ignora el precio de la destrucción ambiental. Estos problemas no pueden ser tratados de manera separada por instituciones y políticas fragmentadas, pues están unidos en un sistema complejo de causa y efecto”*. Como resultado final, la Comisión logró impulsar una aproximación de la sociedad al desarrollo que tomara en cuenta la relación entre los problemas ecológicos, económicos, sociales y tecnológicos, llamando a este enfoque *“desarrollo sostenible”* y definiéndolo como *“el desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas”*. Si, según muchos, la definición intentada por la Comisión Brundtland no fue muy feliz ni demasiado precisa, al menos quedó explícita y sirvió de base a los estados que se comprometieron en Río cinco años después (Urquidí, 2007).

2.2. DESERTIFICACIÓN. UNA MANIFESTACIÓN DEL CAMBIO GLOBAL

2.2.1. Desertificación. Claves para una definición

La noción de la desertificación no es nueva para la humanidad. El abuso de las tierras¹ y los procesos consecuentes de degradación en zonas climáticamente frágiles del planeta están ligados a los inicios de las grandes civilizaciones (Rubio, 2002). Y no hay duda alguna de esto si se observa el estado tan degradado en el que se encuentran hoy en día los emplazamientos de muchas de las grandes civilizaciones de la Historia, caracterizados en aquel entonces por sus tierras fértiles y abundantes cosechas, como las de Mesopotamia (Irak), Persia (Irán), Fenicia (Siria, Líbano), Egipto y Cartago (Túnez) entre otros.

Sin embargo, el término “desertificación” no aparece en la literatura científica hasta el año 1949, cuando fue utilizado por primera vez por el botánico francés A. Aubreville en su libro *Clima, Bosque y Desertificación en el África Tropical*, al describir la destrucción gradual de los bosques de las zonas húmedas adyacentes al desierto del

¹ Utilizamos este término en el sentido dado en la literatura anglosajona.

Sahara en África Occidental, comprobando además cómo la flora local terminaba desapareciendo y la zona se hacía progresivamente más desértica, “... *desiertos reales... están naciendo hoy bajo nuestros ojos en donde la precipitación oscila entre 700 y 1.500 mm*” (según Aubreville, 1949, en Reynolds y Smith, 2002).

Dentro de la terminología implicada, como desertificación, degradación del suelo, o desertización, ha habido históricamente variadas definiciones o acepciones dependiendo del contexto en que se aplican (grado de desarrollo, conocimiento científico, cultural, económico y social de las poblaciones afectadas, etc.), no estando ninguna de ellas aceptada con carácter universal (PACD, 2003). En los años sesenta y setenta una serie de sequías en el África Subsahariana o Sahel, (zona de transición entre el desierto del Sáhara en el norte y la sabana sudanesa en el sur), combinadas con problemas económicos, guerras civiles y hambrunas, contribuyeron a reforzar estas imágenes de la creciente degradación y pérdida de suelo, particularmente cuando los medios de comunicación indicaban que el desierto del Sahara se estaba “desplazando” hacia el sur a una velocidad muy alta, causando la “desertificación del Sahel” (Reynolds y Smith, 2002).

No obstante, hubo que esperar hasta principios de los años 70 para que la problemática de la desertificación del Sahel pasara a un primer plano y para que las instituciones y organismos oficiales asumieran la necesidad urgente de hacer frente al fenómeno devastador de manera conjunta. Durante ese período, los sistemas productivos de supervivencia basados fundamentalmente en el uso del suelo y del agua, sufrieron el impacto de una sobrepresión que los situó al borde de la disfuncionalidad. Como consecuencia, se estima que se vieron afectados unos quinientos millones de hectáreas, se produjo la muerte de unos 10 millones de cabezas de ganado y de entre cien y doscientas mil personas, dejando además a muchas familias sin casa y provocando una migración masiva de la población rural a las áreas urbanas en busca de comida, techo y trabajo (Rubio, 2002).

En aquel entonces las sombrías imágenes de la magnitud del sufrimiento humano generaron una grave preocupación humanitaria, política y científica en todo el mundo. La

sensibilización mundial ante esta situación movilizó a Naciones Unidas y el primer esfuerzo internacional de lucha contra la desertificación comenzó en el año 1973, con el establecimiento de una Oficina para la Región Sudano-Saheliana destinada a prestar ayuda a una región prácticamente devastada en menos de una década. Además de al Sahel, esta ayuda se extendió a otros ocho países del África Occidental que se enfrentaban, en mayor o menor medida, al mismo problema, así como a otros 22 países situados entre el Sahara y el ecuador.

Cuatro años más tarde en 1977, como resultado de la creciente conciencia ambiental, las Naciones Unidas convocó una *Conferencia sobre Desertificación (UNCOD)*, que se celebró en Nairobi ese mismo año. En esta reunión se abordó el problema de la desertificación por primera vez a escala mundial, incluyéndose los aspectos económicos, sociales y ambientales. Los más de más de 90 países participantes detectaron la gravedad del proceso de degradación, preparándose una primera cartografía de las regiones afectadas, además de identificar las causas y efectos de la degradación. Por otro lado, también fue posible discutir y llegar a algunos acuerdos entre representantes de instituciones y científicos acerca de la necesidad de un enfoque integral del problema de la desertificación y la insuficiencia de las investigaciones que sólo abarcan uno o algunos de sus aspectos como el clima, agua, suelo, vegetación, uso de la tierra y otros. Todas estas acciones sirvieron de base para la elaboración, por parte de la Conferencia, del *Plan de Acción de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (PACD)*, en el que se incluye una serie de directrices y recomendaciones destinadas a ayudar a los países afectados y a preparar planes que contemplen, estimulen y coordinen la asistencia de la comunidad internacional. Según la Secretaría de la Convención de Lucha contra la Desertificación (1995), en teoría, este Plan de Acción no dejaba nada que desear con unos planteamientos y objetivos muy amplios y ambiciosos, pero en la práctica, su aplicación distó mucho de colmar las esperanzas que en él se habían puesto, ya que la valoración de los resultados del PACD que se fueron realizando años después, no aportaba indicio alguno para el optimismo. La extensión y la intensidad de los procesos de desertificación no sólo no se reducían, sino que continuaban extendiéndose.

Tristemente esta situación contribuyó, por su parte, a que durante la década de los 80 la temática perdiera fuerza e interés para los organismos internacionales, y que desde su inicio, ni los gobiernos de los países afectados ni los donantes internacionales le concedieran la prioridad suficiente, lo que trajo como consecuencia que, después de transcurrir 14 años desde la creación del PACD, en 1991, sólo 20 gobiernos – menos de una cuarta parte de los países afectados – habían elaborado planes nacionales de lucha contra la desertificación, debido al atraso en la entrega de la ayuda económica extranjera para la ejecución del referido Plan de Acción. Cuando por fin los gobiernos y los donantes llegaron a un entendimiento, el esfuerzo se perdió por falta de coordinación y seguimiento de esos planes. A todo eso hay que unir que se prestó muy poca atención a los aspectos sociales de la desertificación, con poblaciones afectadas que no eran consultadas y quedaban marginadas, lo cual contribuyó aún más al empeoramiento del problema.

En la Conferencia de 1977 también se consensuó internacionalmente el concepto de *desertificación*, definiéndose como el *"proceso de conversión a desierto de las zonas que climáticamente no son desiertos"* o bien *"la disminución progresiva o destrucción del potencial biológico del suelo, que en sus últimas instancias puede conducir a condición de desierto"*. Esta definición amplia, sin restricciones geográficas ni bioclimáticas y sin especificar causas y procesos involucrados, ha sido la más utilizada por su carácter sintético y por su facilidad en transmitir un mensaje de alarma y concienciación capaz de movilizar a los organismos internacionales, a la comunidad científica y al ciudadano en general, siendo capaz de ayudar a generar importantes recursos para abordar la lucha contra el proceso (Rubio, 2001). Sin embargo, según el autor que acabamos de citar, la escasa precisión de esta definición del fenómeno de desertificación, por no considerar de forma explícita la naturaleza antrópica de los factores últimos desencadenantes, resultó inadecuada, específicamente cuando en diferentes partes del mundo se trató de efectuar una evaluación cuantitativa de la desertificación. Ello condujo a cierto confusiónismo y también a la proliferación de otras muchas definiciones y enfoques distintos sobre el concepto de desertificación, con lo cual la adopción de medidas y, en general, la implementación de planes de acción y de lucha contra el proceso chocaron contra

inadecuados conceptos y análisis desacertados que, lamentablemente, no ayudaron a combatir la expansión e intensificación del proceso de desertificación.

2.2.2. El encuentro mundial de Río de Janeiro

2.2.2.1. La Cumbre de la Tierra

Con la aprobación del Plan de Acción para la Lucha contra la Desertificación (PACD), la comunidad internacional reconoció que la desertificación constituye un problema mayor de carácter económico, social y ambiental, y que concierne a numerosos países en todas las regiones del mundo. Pero desafortunadamente, a pesar de todos los esfuerzos hechos, este Plan ha sido considerado como un fracaso, declarándose el decenio de los ochenta como la “*década perdida*” (PNUMA, 2002). En esta misma línea, la Comisión Brundtland concluyó igualmente que *“la década actual (los años ochenta) está marcada por un retroceso en las preocupaciones de carácter social. Los científicos llaman nuestra atención hacia problemas urgentes y complejos relacionados con nuestra supervivencia: calentamiento mundial, amenazas a la capa de ozono de la Tierra, desiertos que consumen tierras aptas para la agricultura. Respondemos pidiendo más detalles y asignando los problemas a instituciones mal preparadas para enfrentarlos”* (WCED, 1987).

En 1990-91, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) retoma el tema de la desertificación, convocando a grupos de análisis y revisión para lograr una mejor aproximación al problema, llegando a la conclusión de que, si bien se han registrado “ejemplos locales de éxito”, el problema de la degradación de tierras en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas se ha intensificado. Por esa razón, durante los preparativos de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), que se celebró en Río de Janeiro en junio de 1992, las naciones en desarrollo, encabezadas por los países africanos insistieron en la necesidad de prestar más atención a la desertificación y a los efectos de la sequía. Dicha Conferencia, conocida como **La Cumbre para la Tierra**, fue un momento decisivo en las negociaciones internacionales sobre las cuestiones del medio ambiente y el desarrollo,

contando con la presencia de 172 gobiernos, incluidos 108 Jefes de Estado y de Gobierno, además de unos 10.000 delegados y unas 1.400 organizaciones no gubernamentales (ONG). El objetivo principal de esta Conferencia fue introducir un programa extenso y un nuevo plan para la acción internacional en temas de medio ambiente y desarrollo, que ayudaran a guiar la cooperación internacional y el desarrollo de programas en el siglo XXI.

La Cumbre produjo por lo menos siete logros trascendentes (ONU, 1992a):

1. El *Programa 21*: programa de acciones, minucioso y amplio que exigía nuevas formas de invertir en nuestro futuro para poder alcanzar el desarrollo sostenible en el siglo XXI. Sus recomendaciones iban desde nuevos métodos educativos, hasta nuevas formas de preservar los recursos naturales, pasando por nuevos caminos para participar en el diseño de una economía sostenible. La pretensión global del Programa 21 era impresionante, ya que su objetivo era nada menos que crear un mundo seguro y justo en el que toda existencia fuese digna y plena. Se considera como uno de los logros más importantes de CNUMAD.
2. La *Declaración de Río* sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: conjunto de 27 principios universalmente aplicables para guiar la acción internacional basada en la responsabilidad medioambiental y económica, definiendo además los derechos civiles y obligaciones de los Estados. Incluye las siguientes ideas: la incertidumbre en el ámbito científico no ha de demorar la adopción de medidas de protección del medio ambiente; los Estados tienen el "derecho soberano de aprovechar sus propios recursos" pero no han de causar daños al medioambiente de otros Estados; la eliminación de la pobreza y la reducción de las disparidades en los niveles de vida en todo el mundo son indispensables para el desarrollo sostenible, y la plena participación de la mujer es imprescindible para lograr ese desarrollo.
3. El *Convenio Marco sobre los Cambios Climáticos (UNFCCC)*: acuerdo legalmente vinculante (instrumento con fuerza jurídica obligatoria), firmado por 154 gobiernos en la Cumbre en Río, cuyo objetivo principal es la "estabilización de las concentraciones de gases invernadero en la atmósfera a un nivel que prevendría la peligrosa interferencia antropogénica (causada por el hombre) con el sistema climático". El principio de "responsabilidad común pero diferenciada" que se

adoptó en este Convenio ha servido de guía para la adopción de una estructura regulatoria. Este principio reflejó la realidad de que la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero procede de países industrializados. Entró en vigor en 1994.

4. El *Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)*: acuerdo legalmente vinculante, que hasta la fecha ha sido firmado por 168 países. Representa un paso importantísimo hacia la conservación de la diversidad biológica, hacia el uso sostenible de sus componentes y hacia el reparto justo y equitativo de los beneficios derivados del uso de recursos genéticos. Entró en vigor en 1993.
5. La *Declaración de Principios Forestales*: conjunto de 15 principios no vinculantes, que rigen la política nacional e internacional para la protección, la administración y el uso más sostenibles de los recursos forestales mundiales. Estos principios son muy importantes ya que representan el primer y principal consenso internacional sobre un mejor uso y una conservación de todo tipo de bosques. En la Declaración se dispone, fundamentalmente, que todos los países, en especial los países desarrollados, deberían esforzarse por reverdecer la Tierra mediante la reforestación y la conservación forestal; que los Estados tienen derecho a desarrollar sus bosques conforme a sus necesidades socioeconómicas, y que deben aportarse a los países en desarrollo recursos financieros destinados concretamente a establecer programas de conservación forestal con miras a promover una política económica y social de sustitución. Tras la aprobación de los principios relativos a los bosques se estableció, en 1995, un Grupo Intergubernamental sobre los Bosques, en calidad de órgano subsidiario de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.
6. La *Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CDS)*: fue establecida después de la Cumbre de la Tierra para apoyar, alentar y supervisar a los gobiernos, los organismos de las Naciones Unidas y los grupos principales, tales como los sectores comercial e industrial, las organizaciones no gubernamentales y otros sectores de la sociedad civil, en las medidas que habrían de adoptar para aplicar los acuerdos alcanzados en la Cumbre de la Tierra. Esta Comisión se reúne anualmente en Nueva York, presenta informes al Consejo Económico y Social y

formula recomendaciones a la Asamblea General. El mandato de la Comisión consiste en examinar la aplicación de los acuerdos alcanzados en la Cumbre de la Tierra, impartir orientación normativa a los gobiernos y a los grupos principales que realizan actividades relacionadas con el desarrollo sostenible, a y fortalecer el Programa 21 elaborando nuevas estrategias en caso necesario. La Comisión intenta promover el diálogo y crear asociaciones entre los gobiernos, los organismos de las Naciones Unidas y los grupos principales, lo cual resulta fundamental para promover el desarrollo sostenible en todo el mundo.

7. El *Acuerdo para negociar un Convenio Mundial de Desertificación*: establece un Comité Intergubernamental de Negociación (CIND) a fin de preparar, antes de junio de 1994, el texto de una Convención de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave y/o Desertificación, en particular en África.

Además de estos logros, la Conferencia admite ampliamente la redefinición del concepto de desertificación aprobado en Nairobi, subrayando la adopción de medidas encaminadas a fomentar el desarrollo sostenible a nivel comunitario, quedando finalmente definida como: ***un proceso complejo que reduce la productividad y el valor de los recursos naturales, en el contexto específico de condiciones climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, como resultado de variaciones climáticas y actuaciones humanas adversas*** (UNCED, 1992).

La celebración de esta Primera Cumbre de la Tierra ha sido considerada como uno de lo más importantes acontecimientos ecológicos y de protección a la Naturaleza jamás realizados por la Humanidad. Su importancia radicó en que fue capaz de centrar la atención mundial en la idea de que los problemas medioambientales del planeta estaban íntimamente relacionados con las condiciones económicas y los problemas de justicia social. Asimismo, demostró que las necesidades sociales, medioambientales y económicas se deben equilibrar las unas con las otras para obtener resultados sostenibles a largo plazo. Por último, la Conferencia también indicó que las acciones o decisiones locales más insignificantes, buenas o malas, tienen repercusiones potenciales a escala mundial.

2.2.2.2. La lucha contra la Desertificación (UNCCD)

Para la elaboración del Convenio contra la Desertificación (CD), la Asamblea de Naciones Unidas creó un Comité Intergubernamental que celebró cinco sesiones de trabajo, en Nairobi, en Ginebra en dos ocasiones, en Nueva York y en París. Como resultado de estas reuniones, luego de trece meses, fue aprobada en París el 17 de junio de 1994 la ***Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África***, con la finalidad de “luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía”, asignando la prioridad a África por ser el continente más afectado. En el preámbulo de esta Convención se consignaba que “la importancia de los esfuerzos realizados y la experiencia acumulada por los estados y las organizaciones internacionales en la lucha contra la desertificación y la mitigación de los efectos de la sequía, particularmente mediante la aplicación del Plan de Acción de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación”, pero se reconocía que, *“a pesar de los esfuerzos desplegados, no se han realizado los progresos esperados”* siendo *“preciso adoptar un enfoque nuevo y más efectivo a todos los niveles, en el marco del desarrollo sostenible”* (ONU, 1994).

En la reunión en París se aprobó finalmente el texto definitivo del Convenio, así como cuatro Anexos: Anexo I, de Implementación Regional para África; Anexo II, de Implementación Regional para Asia; Anexo III, de Implementación Regional para América Latina y El Caribe; y Anexo IV, de Implementación Regional para el Mediterráneo Norte. El Convenio fue firmado oficialmente en la capital francesa los días 14 y 15 de octubre de 1994, siendo cuatro los ejes principales en los que se basó:

1. La sostenibilidad
2. La degradación del suelo
3. La pobreza
4. El desarrollo económico y social respetuoso con los recursos naturales

No obstante esta identificación de ejes de actuación separados, en todo momento se intentó aplicar un enfoque integrado, es decir, considerar todos los problemas que

afectan a la degradación del suelo, incluyendo factores sociales, económicos y ambientales, con el objetivo principal de *“luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África, mediante la adopción de medidas eficaces en todos los niveles, apoyadas por acuerdos de cooperación y asociación internacionales, en el marco de un enfoque integrado acorde con el Programa 21, para contribuir al logro del desarrollo sostenible en las zonas afectadas”* (ONU, 1994).

Para alcanzar tal objetivo y aplicar las disposiciones de la Convención, las entidades firmantes del Convenio (las *Partes*) quedan comprometidas a guiarse, entre otros, por los siguientes principios:

- ✓ El *primer principio* de la Convención exhorta a la Partes a “garantizar que las decisiones relativas a la elaboración y ejecución de programas de lucha contra la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía se adopten con la participación de la población y de las comunidades locales y que, a niveles superiores, se cree un entorno propicio que facilite la adopción de medidas a los niveles nacional y local”;
- ✓ El *segundo principio* solicita que “las Partes, en un espíritu de solidaridad y asociación internacionales, deben mejorar la cooperación y la coordinación a nivel subregional, regional e internacional, y encauzar mejor los recursos financieros, humanos, de organización y técnicos adonde se necesiten”;
- ✓ El *tercer principio* recomienda que “las Partes deben fomentar, en un espíritu de asociación, la cooperación a todos los niveles del gobierno, las comunidades, las organizaciones no gubernamentales y los usuarios de la tierra, a fin de que se comprenda mejor el carácter y el valor de los recursos de tierras y de los escasos recursos hídricos en las zonas afectadas y promover el uso sostenible de dichos recursos”; y
- ✓ El *cuarto principio* establece que “las Partes deben tener plenamente en cuenta las necesidades y las circunstancias especiales de los países en desarrollo afectados que son Partes, en particular los países menos adelantados”.

A parte de estos principios, la Convención también establece una serie de obligaciones generales, señalando que “las Partes cumplirán las obligaciones contraídas en virtud de la presente Convención individual o conjuntamente, a través de los acuerdos multilaterales y bilaterales establecidos o que se prevea establecer, o de unos y otros, según corresponda, haciendo hincapié en la necesidad de coordinar esfuerzos y preparar una estrategia coherente a largo plazo a todos los niveles”, debiendo adoptar, asimismo, un enfoque integrado que tenga en cuenta los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos de los procesos de desertificación y sequía; integrando estrategias encaminadas a erradicar la pobreza en sus esfuerzos de lucha contra la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía; y reforzando la cooperación subregional, regional e internacional, entre otros. Además de las obligaciones generales, se establecen las obligaciones diferenciadas según se sean países afectados o países desarrollados. Asimismo, se establece la prioridad en las diversas formas de asistencia que presten los países Partes desarrollados a los programas de acción nacionales, subregionales y regionales de los países Partes en desarrollo afectados, en particular los de África, ya sea directamente o por medio de las organizaciones multilaterales pertinentes, o de ambas formas. La importancia de los programas de acción nacional obedece a que los mismos tienen como objetivo determinar cuáles son los factores que contribuyen a la desertificación y las medidas prácticas necesarias para luchar contra la ella y mitigar los efectos de la sequía.

Un aspecto relevante del Convenio se refiere al papel sin precedentes dado a los actores sociales (especialmente a las ONG) y al sector privado en la preparación y ejecución de programas para evitar la desertificación. Estos programas abarcan las directrices de acción para todos los sectores relevantes para el uso sostenible de la tierra (por ejemplo agricultura, silvicultura, gestión de los recursos hídricos, ordenamiento territorial y planes de uso del suelo, así como estrategias generales de lucha contra la pobreza). Reconociendo que la desertificación y la sequía constituyen problemas de dimensiones mundiales, ya que sus efectos inciden en todas las regiones del mundo, y que es necesario que la comunidad internacional adopte medidas conjuntas para luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía, el 19 de diciembre de 1994 la Asamblea General de las Naciones Unidas en su Resolución 49/155 proclama el 17 de

junio como Día Mundial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Se invitó a los gobiernos de todo el mundo a que dedicaran este día a sensibilizar a la opinión pública respecto a la necesidad de la cooperación internacional en la lucha contra la desertificación y los efectos de la sequía y a la aplicación de las disposiciones de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación.

Desde entonces, cuando la UNCCD entró legalmente en vigor en diciembre de 1996, todos los países que ratificaron la Convención quedaron comprometidos legalmente con los enfoques innovadores para el desarrollo de tierras secas que promueve la misma. Esta Convención, a diferencia de algunos otros tratados internacionales sobre el medio ambiente, impone a los países obligaciones concretas en cuanto a la adopción de medidas prácticas, particularmente en el ámbito local, donde la desertificación debe combatirse en primer lugar, y atribuye gran importancia a los mecanismos necesarios para llevarla a la realidad y vigilar los progresos de la aplicación. Actualmente los 193 países firmantes de esta Convención han tomado conciencia que la desertificación y la sequía constituyen problemas de dimensión mundial, que afectan el desarrollo sostenible de los distintos países, por la relación que guardan con problemas tales como la pobreza, la salud, la desnutrición, la falta de seguridad alimentaria y los problemas derivados de la migración, el desplazamiento de personas y la dinámica geográfica; de los países firmantes, 102 han elaborado un programa de acción nacional. Además, existen programas de acciones subregionales y regionales. La aplicación consecuente de estos programas es un factor decisivo para el logro de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio, siendo los Objetivos 1 “Luchar contra la pobreza” y 7 “Proteger el medio ambiente” los más trascendentales.

2.2.3. De Río de Janeiro a Johannesburgo

2.2.3.1. Río+5

En la Resolución 51/181 de 16 de diciembre de 1996, la Asamblea General de las Naciones Unidas invita al Secretario General a que presente, en el período extraordinario de sesiones a celebrar en 1997, una evaluación general de la ejecución del Programa 21,

decidiendo examinar "la aplicación de los principios de la Declaración de Río en todos los planos, a saber, nacional, regional e internacional, y formular recomendaciones pertinentes a ese respecto" (ONU, 1997). En junio de 1997 se reunió en Nueva York la XIX Sesión Especial de la Asamblea General de las Naciones Unidas, conocida como **Cumbre de la Tierra+5 o Río+5**, en la cual se evaluaron los avances y retrocesos en el cumplimiento de la Agenda 21, programa global de acción y los compromisos concertados en Río de Janeiro en 1992, para alcanzar el desarrollo sostenible. Según la información oficial, asistieron 53 Jefes de Estado, 81 ministros, 29 representaciones permanentes ante las Naciones Unidas, 17 presidentes de organismos internacionales y 12 representantes de las ONG's, quienes procedieron a valorar en qué medida habían respondido los países, las organizaciones internacionales y la sociedad civil al reto de Río 92, examinándose los adelantos alcanzados en estos 5 años. La evaluación Río+5 se llevó a cabo en eventos que reunieron a los actores gubernamentales y no gubernamentales involucrados con la sustentabilidad del desarrollo a nivel local, regional y mundial. El órgano negociador de esta sesión especial se denominó Comité de la Totalidad (COW). Las negociaciones del Comité se plasmaron en dos documentos consensuados por los países: el *Programa para el cumplimiento de la Agenda 21*, y como su prólogo la *Declaración de Compromiso*, sobre la base de 197 documentos, teniendo como objetivo impulsar el enorme paso requerido que permitiera pasar de "la agenda a la acción". Río+5 fue un punto focal de un proceso diseñado para utilizar las revisiones del quinto aniversario de la primera Cumbre de la Tierra como una oportunidad de revitalizar el proceso de acción, producir nuevas alianzas y ayudar a estimular los ímpetus de acción por parte de los gobiernos y las organizaciones intergubernamentales. Se obtuvieron diversos acuerdos, como:

- ✓ Necesidad de adoptar objetivos jurídicamente vinculantes para reducir la emisión de los gases de efecto invernadero, causantes del cambio climático
- ✓ Necesidad de encontrar nuevas modalidades sostenibles de producción, distribución y utilización de la energía
- ✓ Necesidad de enfocarse en la erradicación de la pobreza como requisito previo del desarrollo sostenible

El balance realizado en esta Cumbre mostró que, a pesar de los compromisos adoptados en Río 92, el concepto básico de desarrollo sostenible no había sido todavía

propiamente comprendido, no se habían verificado las adecuaciones de políticas y los cambios estructurales necesarios poder implementar los acuerdos alcanzados. El deterioro ambiental en todas sus escalas, local regional y global, no se había logrado frenar y sus causas no habían sido atacadas con suficiente fuerza. En la reunión se reconoció que en los cinco años transcurridos desde el primer encuentro se habían logrado avances en el mejoramiento de la calidad del aire y del agua y en la producción de alimentos; sin embargo, debido al acelerado crecimiento de la población, estas mejoras fueron mínimas, y continuaban existiendo grandes retos tales como la erradicación de la pobreza, la protección de la atmósfera y de la biodiversidad, entre otros. El panorama mundial que se presentaba no era alentador, la mayoría de los objetivos de la Cumbre de la Tierra no se habían cumplido la sobreexplotación de los recursos naturales mundiales se había intensificado. Finalmente, el deterioro ambiental ligado a la pobreza tampoco había sido superado. Las conclusiones de esta Cumbre de Río+5, han sido consideradas decepcionantes, ya que ninguno de los tres principales problemas abordados por la Cumbre de 1992 estaban, cinco años después, en vías de solución, siendo su raíz, fundamentalmente, de carácter económico. Algunos diarios que daban el seguimiento al evento, publicaron en sus titulares: "Fracasa la Cumbre de la Tierra al no lograr ningún compromiso en los objetivos principales".

¿Río+5 ó Río-5? O dicho de otro modo: ¿se ha retrocedido más que avanzado, desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD)? Este juicio puede ser excesivo, porque se han realizado algunos avances. Pero incluso la Asamblea General Extraordinaria de la ONU señala que "las perspectivas de conjunto son más sombrías hoy que en 1992". Mientras que la aplicación de las convenciones se atasca, que los indicadores medioambientales siguen siendo negativos y que los industriales frenan el paso a unos modos de producción más limpios, la creciente movilización de la opinión pública y de agentes locales no ha bastado para reconciliar a la humanidad con su medio ambiente (UNESCO, 1997). Así pues, el presidente de la Comisión de Desarrollo Sostenible, Mostapha Tolba, y el vicepresidente del Worldwatch Institute, Christopher Flavin, hacen un balance muy crítico del periodo inmediatamente posterior a la Cumbre de la Tierra. Según el Sr. M. Tolba, presidente de la Comisión de Desarrollo Sostenible *"...nadie puede ver ese balance de color de rosa: los cambios*

negativos han superado ampliamente a los positivos”, en la línea de lo que opina el Sr. C. Flavin, vicepresidente del Worldwatch Institute, quien está convencido de que “La respuesta no se encuentra en un plan centralizado impuesto desde arriba, sino en una mezcla ecléctica de acuerdos internacionales, de políticas gubernamentales sensatas, de empleo con buen criterio de fondos privados y de iniciativas atrevidas de organizaciones y gobiernos locales. Río fue quizás el último combate de aquéllos que esperaban grandes “planes Marshall” para resolver los problemas del planeta. Sin embargo, Río tuvo el mérito de establecer un vínculo oficial entre medio ambiente y desarrollo, reconociendo explícitamente, entre otros, que la pobreza es un motor de la degradación del medio ambiente” (UNESCO, 1997).

“Los cinco años que han pasado desde la Conferencia de Río han mostrado claramente que los cambios en las estructuras económicas y políticas no han sido seguidos por progresos importantes en la lucha contra la pobreza y la depredación de los recursos naturales”, dijo Fernando Henrique Cardozo, Presidente de Brasil, país anfitrión de la Cumbre para la Tierra en 1992, ante la Asamblea extraordinaria de la ONU en su discurso inaugural. Sus palabras han sido una dura denuncia del fracaso de la comunidad internacional para poner en marcha los compromisos acordados en Río de Janeiro en 1992. El mandatario indicó que para avanzar en esta agenda hay que dejar de “mirar al pasado con complacencia...y poner de nuevo al desarrollo sostenible como una prioridad en las relaciones internacionales”. De esta manera, desafortunadamente, la conclusión general de la Cumbre Río+5 fue que, mientras se verificó algún avance en lo relativo al desarrollo sostenible, muchos de los objetivos del Programa 21 se quedaron muy lejos de ser alcanzados (ONU, 1997).

2.2.3.2. Río+10

A pesar de haber presentado muchos inconvenientes desde el principio del decenio de los setenta, momento considerado como el de la aparición del *ambientalismo moderno*, los últimos treinta años brindaron a la sociedad sólidos cimientos para la construcción del desarrollo sostenible en las próximas décadas. El ánimo que prevalece en los círculos ambientales es de un optimismo moderado acerca del progreso futuro en

general, aunque matizado por varios imponderables como la amenaza del cambio climático (PNUMA, 2002).

Durante 2002 el interés y la conciencia ambiental recibieron los estímulos de la preparación para la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible (CMDs). Cuando la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la celebración de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible no era ningún secreto -ni siquiera una cuestión que hubiera que debatir- que el avance en el logro del desarrollo sostenible había sido extremadamente decepcionante desde la Cumbre de la Tierra de 1992, ya que la pobreza había aumentado y la degradación del medio ambiente había empeorado. Lo que el mundo deseaba, según lo que afirmaba la Asamblea General, no era un nuevo debate filosófico o político sino más bien una cumbre de acciones y resultados (ONU, 2002a)

La **Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible** de Johannesburgo, también conocida como **Río+10** por celebrarse una década después de la Reunión de Río de Janeiro, tuvo lugar entre el 6 y el 14 de septiembre de 2002 en la capital sudafricana, siendo el mayor encuentro de este tipo jamás celebrado. A dicha Cumbre asistieron 104 jefes de estado y de gobierno y 9.000 representantes de 190 países con una única finalidad: poner freno a la pobreza y a la degradación ambiental. En la Conferencia además de los representantes gubernamentales tuvieron un rol muy activo los denominados “Grupos Principales”, ya definidos en la Agenda 21, representando distintos sectores de la actividad económica y actores de variados estamentos sociales y políticos.

En línea con la primera Cumbre de la Tierra, que fijó el rumbo a seguir en pos del Desarrollo Sostenible, la Cumbre de Johannesburgo tuvo como objetivo dar seguimiento a las directrices marcadas en 1992 y evaluar los avances logrados a lo largo de la década que separó a ambos eventos. Era necesario realizar un balance de los compromisos que fueron cumplidos y los que aún habían quedado pendientes, ya que la realidad mostró de una manera cruda, la inactividad al respecto durante diez años por parte de los gobiernos y los conglomerados económicos e industriales, al dejar sólo en el ámbito discursivo las medidas propuestas (no implementación del Programa 21).

Por otro lado, además de la evaluación de lo alcanzado en la década anterior, la Cumbre debía consensuar una agenda global con acciones concretas y mecanismos que permitieran medir el cumplimiento de las metas que lleven hacia la sostenibilidad en el siglo XXI, reforzando así los compromisos asumidos en la Cumbre, que empezaban a dilatarse más de lo deseado, frenando el deterioro del ambiente y mejorando el nivel de vida de los más desfavorecidos. Finalmente, los resultados de la Cumbre quedaron recogidos en dos importantes documentos adoptados por consenso: la *“Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible”*, suscrita por todos los Jefes de Estado y de Gobierno, y el *“Plan de Aplicación de Johannesburgo”*. Este último fue el producto de un largo y complejo proceso de negociación cumplido a nivel de técnicos, expertos y diplomáticos antes y durante la Cumbre. Las diferentes delegaciones participantes llegaron a Johannesburgo con un borrador de Plan de Acción que había sido consensuado en casi sus tres cuartas partes, logro alcanzado en la última reunión preparatoria celebrada a principios de junio en Bali (Indonesia). El gran reto era llegar a aprobar el 25% restante, donde se encontraban los aspectos más controvertidos del Plan (AMBIENTA, 2002), como quedó recogido en el comunicado difundido por Naciones Unidas tras la reunión mantenida en la ciudad indonesia: "se han realizado acuerdos sustanciales en muchas cuestiones que pueden impulsar los esfuerzos en la lucha contra la pobreza y la protección del Medio Ambiente, pero las conversaciones no han podido limar las diferencias en algunos puntos clave que deberán ser resueltos en la Cumbre de Johannesburgo" (Matas, 2002).

La Declaración de Johannesburgo

La Declaración de Johannesburgo consta de 37 puntos llenos de compromisos con la humanidad y el medio ambiente, y en pro del desarrollo sostenible. En ellos, los altos dignatarios presentes en la Cumbre se comprometen a *“construir una sociedad mundial humanitaria y equitativa y generosa, consciente de la necesidad de respetar la dignidad de todos los seres humanos”*. Además asumen *“la responsabilidad colectiva de promover y fortalecer, en los planos local, nacional, regional y mundial, el desarrollo económico, desarrollo social y la protección ambiental, pilares interdependientes y sinérgicos del desarrollo sostenible”* (ONU, 2002a). También reconocen que los objetivos primordiales y

requisitos fundamentales de un desarrollo sostenible deben centrarse en la erradicación de la pobreza, cambio radical de los patrones de producción y consumo, y de ordenación de la base de recursos naturales para el desarrollo social y económico. Reconociendo, asimismo, que la brecha que separa al mundo desarrollado del mundo en desarrollo, es cada vez mayor y representa una grave amenaza a la prosperidad, seguridad y estabilidad mundiales. Por otro lado, los Jefes de Estado y de Gobierno también aceptan unánimemente que *“el medio ambiente mundial sigue deteriorándose. Continúa la pérdida de biodiversidad; siguen agotándose las poblaciones de peces; la desertificación avanza cobrándose cada vez más tierras fértiles; ya se hacen evidentes los efectos adversos del cambio del clima; los desastres naturales son más frecuentes y más devastadores, y los países en desarrollo se han vuelto más vulnerables, en tanto que la contaminación del aire, el agua y los mares sigue privando a millones de seres humanos de una vida digna”*.

Entre otros compromisos, los altos dignatarios reafirman la promesa de asignar especial importancia a la lucha contra problemas mundiales que representan graves amenazas al desarrollo sostenible de la población y darle prioridad. La Declaración de Johannesburgo consagra, además, los compromisos de ejercer periódicamente la vigilancia del logro de las metas y objetivos del desarrollo sostenible, de actuar conjuntamente, unidos en una determinación común, para salvar el planeta, promover el desarrollo humano y alcanzar la prosperidad universal y la paz, comprometiéndose a cumplir el Plan de Implementación de Johannesburgo y a propiciar el logro de las metas temporales, socioeconómicas y ambientales que el mismo contiene. En resumen, se comprometen *“solemnemente, ante los pueblos del mundo y las generaciones que heredarán la tierra, a actuar para que se haga realidad el desarrollo sostenible”*.

El Plan de Aplicación de Johannesburgo

El Plan de Acción, o *Plan de Aplicación de Johannesburgo*, está constituido siete grandes áreas de compromiso con el desarrollo sostenible, las cuales contienen un total de 170 acciones:

1. Erradicación de la pobreza.

2. Modificación de las modalidades insostenibles de consumo y producción.
3. Protección y gestión de la base de los recursos naturales del desarrollo económico y social.
4. El desarrollo sostenible en un mundo en vías de globalización.
5. La salud y el desarrollo sostenible.
6. Desarrollo sostenible de los pequeños Estados insulares en desarrollo.
7. Desarrollo sostenible para África.

Además, el documento incluye otras iniciativas regionales, así como referencias diversas a los medios de ejecución y el marco institucional para el desarrollo sostenible. Muchas de estas consideraciones no son nuevas, ya que algunos elementos se han extraído de la Agenda 21 aprobada en Río de Janeiro, así como de los resultados de la Cumbre del Milenio y otras conferencias importantes de la ONU de la última década. Entre algunos temas de especial interés plasmados en el documento que comentamos, destaca el tema de la pobreza, porque la erradicación de la misma *“constituye el mayor desafío que enfrenta el mundo en la actualidad y un requisito indispensable del desarrollo sostenible, en particular para los países en desarrollo”* (ONU, 2002a).

Para que estos países puedan alcanzar sus metas en materia de desarrollo sostenible, en consonancia con las metas y los objetivos convenidos internacionalmente en relación con la pobreza (incluidos los que figuran en el Programa 21, los documentos finales de otras conferencias de las Naciones Unidas y la Declaración del Milenio), es indispensable que cuenten con medidas concertadas a todos los niveles. Tales acuerdos deben concernir desde el establecimiento de un fondo de solidaridad mundial para la erradicación de la pobreza y la promoción del desarrollo social y humano en los países en desarrollo, hasta la elaboración de programas nacionales de desarrollo sostenible y desarrollo a nivel local y de las comunidades, como parte de las estrategias de reducción de la pobreza impulsadas por los propios países. Sobre el tema de la erradicación de la pobreza, en el Plan de Aplicación se recoge la intención de reducir a la mitad la proporción de personas con ingresos inferiores de un dólar por día para el año 2015, así como el número de personas que padecen hambre, para lo que se acuerda establecer un Fondo Mundial de Solidaridad.

Teniendo en cuenta la gran extensión del Plan de Aplicación, se puede destacar, de manera resumida, compromisos específicos tales como la reducción a la mitad para 2015 el número de personas que no tienen acceso a servicios básicos de saneamiento; producir y utilizar productos químicos para 2020 siguiendo métodos que no tengan efectos negativos importantes sobre la salud humana y el medio ambiente; mantener o restablecer, de modo urgente y a ser posible para 2015, las poblaciones de peces agotadas a niveles que puedan dar la producción máxima sostenible; y lograr para 2010 una reducción importante de la tasa actual de pérdida de la diversidad biológica (ONU, 2002a). También se establecieron, entre otros, compromisos encaminados a:

- ✓ Asegurar que los niños en todas partes, puedan completar la educación primaria y tengan acceso a todos los niveles de educación.
- ✓ Incrementar la disponibilidad de alimentos.
- ✓ Combatir la desertificación y mitigar los efectos de las sequías y de las inundaciones.
- ✓ Adoptar acciones conjuntas en todos los niveles para mejorar el acceso a fuentes confiables y accesibles de servicios de energía para el desarrollo sostenible suficientes para facilitar el logro de las metas del Milenio.
- ✓ Fortalecer la contribución del desarrollo industrial a la erradicación de la pobreza y a la gestión sostenible de los recursos naturales.
- ✓ Introducir cambios en la manera como producen las y consume las sociedades.
- ✓ Impulsar la transferencia de técnicas y conocimientos sobre agricultura sostenible, incluida la gerencia de los recursos naturales a los granjeros pequeños y medios, a los pescadores y a las poblaciones rurales pobres.

Como Cumbre centrada en la aplicación de medidas, Johannesburgo no ha producido resultados llamativos, sino todo lo contrario: no ha habido acuerdos que permitan concertar nuevos tratados y muchas de las metas convenidas no han pasado de una serie de reuniones de nivel mediano. A este respecto *"sabíamos desde el principio del proceso de Johannesburgo que la Cumbre no produciría nuevos tratados ni logros espectaculares"*, señaló el Sr. Desai, Secretario General Adjunto de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. Sin embargo la desilusión no cundió del todo, pues *"...los resultados de la Cumbre han sido mucho más amplios que cualesquiera otros anteriores."*

No sólo hemos establecido un plan de trabajo, sino que hemos individualizado a los agentes que se espera que logren los resultados" (ONU, 2002b).

Y puede que esto sea cierto. La Cumbre de Johannesburgo puso los cimientos y abrió el camino para la acción. Sin embargo, entre las metas, calendarios y compromisos que en ella se acordaron, en ninguno ha habido soluciones milagrosas, en especial en la lucha contra la pobreza y contra el continuo deterioro del medio ambiente natural. Sin embargo sí se comprendió que era necesario adoptar medidas prácticas y sostenidas para enfrentarse a los problemas más apremiantes que tiene planteado nuestra sociedad. El Secretario General de las Naciones Unidas, Sr. Kofi Annan, dijo ante los representantes de la prensa el último día de la Cumbre: *"Creo que debemos ser prudentes y no esperar que conferencias como ésta produzcan milagros. Pero sí podemos esperar que conferencias como ésta produzcan compromisos políticos y un impulso y una energía dirigidos al logro de las metas fijadas"*.

Aún así, al conocerse el contenido de los documentos elaborados durante la Cumbre, ONG's ambientalistas de alcance nacional e internacional, instituciones científicas, personalidades de la política y de las ciencias de todo el mundo expresaron una opinión, en general, crítica las y poco favorables. En particular, algunas ONG consideraron que la Cumbre no había ido suficientemente lejos en el establecimiento de metas para aumentar la utilización de las fuentes de energía renovables. También se criticó en que no se acordaran objetivos y se fijaran plazos concretos para el incremento del uso de las energías renovables, a causa del bloqueo promovido Estados Unidos y los países petroleros de la OPEP. Los pequeños Estados insulares en desarrollo también esperaban algo más de la cumbre, ya que necesitaban más ayuda para afrontar los retos comerciales de la mundialización, y no entendían cómo las iniciativas para promover la utilización de fuentes de energía renovables se veían frustradas por las multinacionales, petroleras, principalmente, que exigían un rendimiento inmediato de sus inversiones. Comercio y globalización fue, en efecto, según las organizaciones no gubernamentales, el punto más débil del plan, ya que en este ámbito sólo se acordó, sin plazo concreto, "recomendar" a los países una reducción de las subvenciones dañinas al medio ambiente e incompatibles con un desarrollo sostenible, en especial los subsidios a las explotaciones

de carbón mineral. Con respecto al punto de la *Ayuda al desarrollo*, el Plan de Acción "urge" a los países industrializados hacer "esfuerzos concretos" por elevar su ayuda al desarrollo al 0,7 por ciento de su Producto Interno Bruto (PIB). Este objetivo, proclamado por Naciones Unidas en 1970, figuró ya en la declaración final de la Cumbre de Río de 1992, pero en 2002 sólo lo han alcanzado cinco países. En contrapartida, y como ya hemos indicado, el Plan de Acción instó a crear un Fondo Mundial de Solidaridad para la Lucha contra la Pobreza, basado en contribuciones voluntarias (ONU, 2002b).

Definitivamente, los resultados de la Cumbre defraudaron profundamente a las organizaciones ciudadanas, que demandaban de los gobiernos asistentes más compromisos en la lucha contra la pobreza o el cambio climático, y en defensa de la biodiversidad. Las críticas generales más fuertes a la Declaración y al Plan de Implementación están dirigidas, básicamente a la ausencia de plazos establecidos para el logro de las metas enunciadas, así como de sanciones a aplicar en el caso de incumplimiento de las mismas. Las opiniones más críticas hablan de un retroceso frente a Río'92, llegando a denominar a la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible como **Río -10**, ya que habiendo sido el mayor evento internacional celebrado hasta el presente, en términos de convocatoria y representación, esta Cumbre Mundial no logró recrear una visión innovadora que permita la real y concreta implementación del Desarrollo Sustentable. En cualquier caso, como dijo el Secretario General de Naciones Unidas Kofi Annan en la clausura de la Cumbre, la verdadera prueba de los resultados de la Cumbre serán las acciones que se tomen después de ella, *"Esto no es el final. Es el principio"* (ONU, 2002b).

2.2.4. Río+20

2.2.4.1. El alcance mundial de Río+20

La denominada Cumbre **Río+20** hace referencia de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible que tuvo lugar nuevamente en Río de Janeiro de Brasil, en junio de 2012. Durante su preparación, que duro varios años, este encuentro fue considerado como una oportunidad histórica para definir las vías hacia un futuro

sostenible, un futuro con más empleo y más energía limpia, con una mayor seguridad y un nivel de vida digno para todos. Al menos, así lo creía Ban Ki-moon, Secretario General de las Naciones Unidas, cuando anunciaba a todos que: *“En Río+20 el mundo se congregará en una de las reuniones sobre el desarrollo sostenible más importante de nuestro tiempo. Ese acontecimiento nos exigirá una visión clara: una economía verde sostenible que proteja la salud del medio ambiente y que, simultáneamente, apoye la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio mediante el crecimiento del ingreso, el trabajo digno y la erradicación de la pobreza”* (ONU, 2012b).

Este trascendental evento, que convocó a más de 50 mil participantes, entre ellos a un centenar de jefes de Estado y Gobierno, se realizó 20 años después de la histórica Cumbre de la Tierra de 1992 celebrada en Río, en la que, en aquel entonces, se sentaron las bases y se tomaron importantes decisiones que permitieron avances en temas como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la desertificación. En la Conferencia de 2012, los líderes mundiales, junto con miles de participantes del sector privado, las ONG y otros grupos, se unieron para dar forma al proceso que había de reducir la pobreza, fomentar la equidad social y garantizar la protección del medio ambiente en un planeta cada vez más poblado. Las conversaciones oficiales se centraron en dos temas principales: cómo construir una economía ecológica para lograr el desarrollo sostenible y sacar a la gente de la pobreza, y cómo mejorar la coordinación internacional para el desarrollo sostenible. En palabras de Sha Zukang, Secretario General de la Conferencia Río+20: *“¡El desarrollo sostenible no es una opción! Es el único camino que permite a la humanidad compartir una vida digna en este nuestro único planeta. Río+20 brinda a nuestra generación la oportunidad de recorrer ese camino”* (ONU, 2012b).

Sin duda alguna, esta Conferencia puede considerarse como la mayor cumbre en la historia de la ONU, ya que logró reunir durante 10 días a líderes y representantes de 191 países en busca de unas "metas de desarrollo sostenible", pero lo que no puede decirse es que haya sido la más aplaudida. El encuentro concluyó, además de con la promulgación de un documento de 53 páginas titulado ***"El Futuro que queremos"*** (ONU, 2012a), con una ola de críticas provenientes de multitud de sectores sociales. Y es que, a pesar de que el texto fue objeto de meses de negociación, primero en Nueva York y

finalmente en Río de Janeiro, nunca hubo consenso general sobre los objetivos que, según algunos signatarios, el documento dado a la luz carecía de metas responsables, específicas y medibles. En opinión del rotativo boliviano *Los Tiempos* (2012), la razón principal para el desencanto radicaba en que para muchos se trataba de un documento de mínimos, que no respondía al desafío mundial de meter bajo un mismo paraguas el crecimiento económico, la preservación del medio ambiente y la inclusión social. *"Después de dos años de negociaciones tenemos un texto que sólo genera más procesos. Esto es significativamente decepcionante. El lenguaje es débil y el resultado no se acerca a lo que la gente y el planeta necesitan"*, diría Lasse Gustavsson, jefe de la Delegación del Fondo Mundial de la Naturaleza (WWF) en Río+20, a la Agence France-Press, quien poco después también manifestaría, junto a otros ecologistas, activistas y líderes comerciales, que *"...El enverdecimiento de nuestras economías se tendrá que producir sin las bendiciones de los líderes mundiales"*, convencido de que el progreso en temas medioambientales debe hacerse a nivel local con el sector privado y sin la ayuda de acuerdos internacionales, y que los individuos y las compañías, y no los Gobiernos, deben liderar los esfuerzos para mejorar el medio ambiente (Los Tiempos, 2012).

Según el Boletín GAL (2012), igualmente, para el Secretario General de International Trade Union Confederation (Confederación Sindical Internacional) Sharon Burrow, una de las organizaciones presentes en la Cumbre, el mundo que se pretende conseguir no llegará por parte de los líderes mundiales, a quienes les falta el coraje para acudir, sentarse en una mesa y negociar por sí mismos. Por su parte, la Secretaria de Estado norteamericana, Hillary Clinton, que llegó al final de la Cumbre para un rápido anuncio sobre los proyecto de su país en África y para mantener una serie de encuentros bilaterales con varios líderes mundiales, vino a admitido lo mismo: *"Los Gobiernos no pueden solucionar solos los problemas a los que nos enfrentamos"*, diría, *"desde el cambio climático a la persistente pobreza y la escasez crónica de energía"*. De hecho, según comentó *Europa Press*, algunos líderes de gobierno, como el presidente del Gobierno Español Mariano Rajoy, entre otros, se han marchado antes de que concluyera la Cumbre, alegando su preocupación por el empeoramiento de la deuda soberana en Europa o por la continuada violencia en Oriente Medio. Otros ni si quiera aparecieron, como el presidente de Estados Unidos Barack Obama, la canciller alemana Angela Merkel o el

primer ministro del Reino Unido David Cameron, aunque sí estuvieron presentes unos días antes a la Cumbre del G-20, en Los Cabos de México.

Esta actitud viene a corroborar el temor expresado al llegar a la Cumbre por el presidente chileno, Sebastián Piñera, quien afirmó a la BBC Mundo (2012a) que *"...La crisis económica afecta el objetivo del desarrollo sustentable porque cada país busca proteger sus propios intereses y se olvida un poco de los intereses comunes"*. Según esta misma cadena, el documento final de la Cumbre abre un camino para definir metas de desarrollo sostenible a fines de 2014, apoya la "economía verde" y prevé negociaciones para la proteger la vida marina. Pero, sin embargo, la falta de plazos y metas tangibles, por ejemplo, en el caso de la eliminación de los subsidios a los combustibles fósiles, supone una frustración para la sociedad civil, y hace que la Cumbre pueda considerarse como un "fracaso". *"Ponemos de relieve que la economía verde debería contribuir a la erradicación de la pobreza y el crecimiento económico sostenible"*, señala el texto aprobado, pero deja en el aire lo que significa ese concepto, ya que - sigue diciendo el documento - *"cada país dispone de diferentes enfoques, visiones, modelos e instrumentos, en función de sus circunstancias y prioridades nacionales"*.

Sobre la ruta para avanzar hacia el desarrollo sostenible, el otro pilar del proceso de Río+20, el documento se limita a exhortar a todos los países a que le den "prioridad" en la asignación de recursos. La esperanza de este evento era alcanzar una nueva fase de compromisos globales para la protección del medioambiente, la reducción de la pobreza y la promoción de la igualdad. Pero tras el cierre de la nueva cumbre, Kit Vaughan, Coordinador del área de Cambio Climático para la organización humanitaria internacional Care, sostuvo para la BBC Mundo que Río+20 representaba *"20 años perdidos"*: *"Lo principal hace 20 años fue la visión de dirección y urgencia de los líderes mundiales"...* *"Si miramos lo que sale de Río+20, no hay urgencia [ni] compromisos legalmente vinculantes"* (BBC Mundo, 2012b). En términos muy parecidos se manifestaron, por una parte, el máximo representante de Greenpeace, Kumi Naidoo: *"Río+20 fue un fracaso épico. La historia nos demuestra que el cambio sólo ocurre cuando hombres y mujeres decentes dicen basta. Tenemos que ser capaces de decirlo más fuerte que nunca. Vamos a asumir esa lucha de manera mucho más fuerte"*, y, por otra, Daniel Mittler, Director de Políticas

Públicas de Greenpeace, quien indicó que *"Nos prometieron el 'futuro que queremos' (jugando con el título de la declaración final), pero ahora seremos reconocidos únicamente como una máquina contaminadora que va a cocinar el planeta, vaciar los océanos y destruir las florestas tropicales"* (AFP, 2012).

Tras la Cumbre Río+20, la solución a la grave crisis ecológica del planeta quedó en el aire, pendiente de difíciles negociaciones a celebrar en los años siguientes y de la voluntad política de unos los países que se muestran reacios a poner las cartas sobre la mesa. Como dijo a France Press Martin Khor, director del South Center (un Instituto de Expertos para Países en Desarrollo con sede en Ginebra): *"El documento está lleno de acciones a ser desarrolladas" hasta 2015, pero "estas sólo llevarán a soluciones firmes y efectivas si hay voluntad política de los gobiernos y una presión suficiente de la sociedad"*. En declaraciones a la misma agencia de noticias, Jeffrey Sachs, Director del Instituto de la Tierra de la Universidad de Columbia, recordó que los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que impusieron metas a los países para enfrentar los desafíos de pobreza, hambre o salud, hicieron una gran contribución para enfrentar los problemas del planeta, pero fue el impulso de la sociedad civil el que movilizó a los gobiernos. *"Aprendimos una lección: no podemos confiar en los políticos y diplomáticos para conseguir que el trabajo se haga"*, concluyó.

2.2.4.2. El futuro que queremos

A pesar de ser una declaración muy criticada por ambientalistas, científicos, sociedad civil y hasta por las delegaciones de algunos de los gobiernos, por considerarla poco ambiciosa, *El futuro que queremos* define ciertos lineamientos interesantes para la transición socioeconómica del planeta hacia una "economía verde" basada en un modelo de desarrollo económico con erradicación de la pobreza y protección ambiental.

El documento define las grandes prioridades actuales, destacando aspectos tales como el combate a la pobreza y el hambre, la protección de los bosques, los océanos y la biodiversidad, y la necesidad de alcanzar una agricultura y un sistema energético sostenibles. El texto insta a una serie de acciones en distintos ámbitos; no sólo en materia

de ecología y desarrollo, sino también en cuestiones como igualdad de género o fomento de la investigación. Algunos de los principales puntos del documento son (ONU, 2012a):

- ✓ *Erradicación de la Pobreza:* Por primera vez en una conferencia de la ONU, el documento apunta la erradicación de la pobreza como el principal desafío global y como una condición misma para alcanzar el desarrollo sostenible.
- ✓ Creación de un foro político de alto nivel para el desarrollo sostenible en el ámbito de las Naciones Unidas, que en el futuro reemplazará al Consejo de Desarrollo Sostenible creado en la Cumbre de la Tierra de Río 1992.
- ✓ *Concreción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):* El documento aprueba la adopción de una lista de ODS que será definida por una comisión a ser formada en la próxima Asamblea General de la ONU y que presentaría sus conclusiones en la cita siguiente, la de 2013. Las metas deberán ser perseguidas a partir de 2015 -cuando finaliza el plazo de implementación de los Objetivos del Milenio- y hasta 2030.
- ✓ *Determinación de los Mecanismos de Implementación de ODS:* Ante la ausencia de compromisos de los países para financiar los ODS, la cumbre anunció la creación de otra comisión de 30 miembros que buscará definir mecanismos de financiamiento y de transferencia tecnológica para implementar la transición hacia la "economía verde". Dicha comisión sería designada en la siguiente Asamblea General de la ONU y tendría de plazo hasta 2014 para presentar sus conclusiones.
- ✓ Fortalecimiento del PNUMA: se propone elevar a un nuevo nivel el Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, con el objetivo de lograr una participación universal en el organismo, que también pasará a tener una fuente de financiamiento estable a través del presupuesto de la ONU, en lugar de tener que financiarse sólo con aportes voluntarios, como hasta ese momento.
- ✓ *Cambio de Modelo de Producción y Consumo:* El documento aprueba un plan de diez años para modificar los actuales patrones de producción y consumo, y adoptar un modelo sostenible.
- ✓ *Reconsideración del Índice de Medición de Desarrollo:* La declaración propone abandonar el actual sistema de medición del nivel de desarrollo de los países,

basado exclusivamente en el desempeño económico (PIB), por un nuevo índice, que tome en cuenta los criterios de desarrollo social y de protección ambiental.

- ✓ *Adopción del concepto "Economía Verde"*: Los 191 países participantes en la cumbre adoptaron el concepto de "economía verde". Aunque el documento no establece una definición única y universal para esta noción, se trata de perseguir un cambio en el modelo de desarrollo que reduzca la presión sobre los recursos naturales.
- ✓ *Reiteración de los "Principios de Río 92"*: Pese a que no se trató de una nueva resolución, la reafirmación de los principios adoptados en la Cumbre de la Tierra de 1992, en especial el de las Responsabilidades Comunes pero Diferenciadas entre países desarrollados y en desarrollo, fue apuntada por Brasil como una de las principales conquistas de las negociaciones.

La Declaración supone una renovación de los “...*compromisos con el desarrollo sostenible, para garantizar la promoción de un futuro económica, social y ambientalmente sostenible para nuestro planeta*”, e impulsa la transición hacia una «economía verde», un concepto promovido por los europeos pero criticado por varios de los países en desarrollo y de los grupos activistas que temen que represente una vía hacia la mercantilización de la naturaleza y promueva el proteccionismo en detrimento de naciones pobres. Pese a estas suspicacias, la noción de «economía verde» fue finalmente por todas las delegaciones y se ha convertido en una de las señas de identidad de la Declaración; su definición, no obstante, no fue muy precisa, indicándose que, en cualquier caso, las soberanías nacionales deberían ser respetadas por encima de todo. El texto también pone en marcha un proceso para adoptar Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales deberían servir para medir los avances sociales y ambientales de los distintos países, reemplazando a los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU cuando estos expiren en 2015.

Los líderes políticos, empresas privadas y organizaciones reunidos en Río+20 firmaron alrededor de 700 compromisos mediante los cuales decidieron dedicar a programas de desarrollo sostenible un total de 513.000 millones de dólares (unos

408.000 millones de euros). De estos fondos, 323.000 millones de dólares irán destinados a la iniciativa *Energía Sostenible para Todos*, que encabeza el Secretario General de la ONU, Ban Ki-moon, y que plantea como objetivo universalizar antes de 2030 el acceso a fuentes sostenibles. Para esa misma fecha, advirtió Ban Ki-moon, necesitaremos *“un 50% más de alimentos, un 45% más de energía y un 30% más de agua sólo para vivir como vivimos hoy”*, estimándose que, para 2050, la población mundial será de 9.500 millones de personas.

Pese a las críticas y desencuentros, el responsable de la Cumbre, Sha Zukang, la calificó como de un gran éxito por su alta participación y por los acuerdos logrados, entendiendo que el *“...documento final da una base firme al bienestar social, económico y medioambiental. Es nuestra responsabilidad trabajar sobre él. El desarrollo sostenible es la única opción para la humanidad, para nuestro planeta compartido, para nuestro futuro en común”*. Como ejemplo de este éxito citó, no sólo el hecho de que se hayan establecido definitivamente los objetivos del desarrollo sostenible, sino también el que se haya configurado *“un foro de alto nivel para supervisar la implantación de todos los compromisos”*.

2.2.4.3. Panorama post Río+20

Como hemos indicado, el final de la Cumbre Río+20 reflejó las contradicciones existentes entre los gobiernos, las organizaciones no gubernamentales y las distintas corrientes sociales, abriendo una brecha importante entre dos posturas claramente enfrentadas. Por un lado, Ban Ki-moon se mostró *“agradecido y animado”* por los *“fuertes compromisos políticos”* acordados en Río de Janeiro ante las 50.000 personas que asistieron a la Cumbre. El interés demostrado ha permitido, a juicio del máximo mandatario de la ONU, adoptar un *“documento sólido [...] una visión sobre la cual podemos construir nuestros sueños”*, que nos permitirá *“avanzar en la senda del desarrollo sostenible”*. Mientras que, por otro lado, la sociedad civil denunció, a veces de manera furibunda, el *“fracaso”* y la falta de ambición de Río+20. Como señaló Kumi Naidoo, de Greenpeace Internacional, el acuerdo final es bastante *“abstracto y no se corresponde con la realidad [...] lo que vemos aquí no es el mundo que queremos, es un*

mundo en que las corporaciones contaminadoras y aquellos que destruyen el medio ambiente dominan" (Hoy Diario Digital, 2012).

A pesar de todas estas contradicciones, al finalizar el evento, el Secretario General de Naciones Unidas, solicitó a los líderes mundiales que actuaran en consonancia con los compromisos adquiridos durante la Cumbre, a fin de conseguir la prosperidad económica, social y medioambiental de todos los pueblos el mundo. *"Terminaron los discursos. Ahora empieza el trabajo"*, exclamó Ban Ki-moon durante la ceremonia de clausura. Aunque algunos gobiernos estaban razonablemente satisfechos con los resultados del documento final, otros se fueron fuertemente decepcionados, e incluso enojados por una supuesta falta de ambición, por la inconcreción de plazos y de metas tangibles para hacer frente, entre otros aspectos ya citados, a los problemas derivados del aumento del consumo, la población y la industrialización. De manera que la Cumbre terminó con el convencimiento de que se aplazaba la aplicación de muchas de las propuestas sobre protección de los recursos naturales mundiales frente al cambio climático y la globalización, dejando a muchos de los asistentes preguntándose: ¿Y ahora qué?

Ante esta cuestión, hubo quien, como la ministra de Medio Ambiente de Brasil, Izabella Teixeira, estaba convencido de que el trabajo práctico sobre lo acordado en Río+20 se pondría en marcha de forma inmediata, sosteniendo que *"...Tenemos los métodos y los plazos que deben cumplirse hasta completar el proceso que estará consolidado para 2014 o 2015"*; pero también hubo quien mostró sus dudas, como hizo Martin Khor, director del South Center, quien declaró a la agencia France Press que la inmensa mayoría de las acciones contempladas en el documento consensuado en Brasil *"...sólo llevarán a soluciones firmes y efectivas si hay voluntad política de los gobiernos y una presión suficiente de la sociedad"*. Más pragmático se mostró el comisario de Medio Ambiente de la Unión Europea, Janez Potocnik, quien afirmó a Reuters que *"...Hemos de volver a darle una vuelta y ver [el texto] con menos emociones y entonces centrarnos concretamente en el proceso después de Río"* (Agencia de noticias REUTERS, 2012).

En el horizonte inmediato de Río+20 se encuentran los Objetivos de Desarrollo Sostenible que, teóricamente, se fijarán, como muy tarde, a finales de 2014, y cuyo fin es

evaluar y dar continuidad, a partir de que en 2015, a los Objetivos de Desarrollo del Milenio en su misión de erradicar la pobreza. Responsables de Naciones Unidas están ya trabajando para evitar el exceso de solapamiento entre ambos conjuntos de objetivos de desarrollo, así como en la definición efectiva de las nuevas metas y en la valoración económica del proceso, con la idea de presentar sus resultados a finales de 2014. Pero *"...Antes de que empecemos a avanzar con los objetivos universales, todavía hay asuntos pendientes de resolver [...] La discusión ahora es sobre la agenda posterior a 2015. Esa negociación será muy importante"*, dijo a este respecto el Dr. Donald Kaberuka, Presidente del Banco de Desarrollo Africano (REUTERS, 2012). El trabajo sobre otro tipo de cuestiones llevará más tiempo, para 2020 o 2025, según se especifica en el acuerdo. Pero lo que no se ha establecido en este acuerdo es si habrá una nueva cumbre en esta materia para dentro de diez años, o de 20... Lo que ocurre es que muy posiblemente, como afirma Kumi Naidoo, *"No tenemos 20 años ni incluso 10"* (Hoy Diario Digital, 2012).

2.2.4.4. Río+20 y desertificación

En septiembre de 2011, en el marco del sexagésimo sexto Período de Sesiones de la Asamblea General de las Naciones Unidas en Nueva York, la Reunión de Alto Nivel sobre *"La lucha contra la desertificación, la degradación de la tierra y la sequía en el contexto del desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza"*, que tuvo como la prioridad temática lograr una *"Tasa Cero de Degradación de la Tierra"* (ZNLD de sus siglas en inglés), convocó a líderes políticos de todo el mundo. Los objetivos de esta reunión fueron los siguientes (UNCCD, 2011):

- ✓ Crear conciencia sobre la desertificación, la degradación de la tierra y la sequía al más alto nivel político.
- ✓ Reafirmar el cumplimiento de todos los compromisos establecidos en la Convención Marco y Plan Estratégico Decenal (2008-2018).
- ✓ Asegurarse de que se asignara la mayor prioridad a las iniciativas encaminadas a luchar contra la desertificación y la degradación de la tierra, y a mitigar los efectos de la sequía, en el seno de las reuniones internacionales, en particular en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20).

Al finalizar la reunión, muchos de los representantes de Estados Miembros destacaron que el compromiso para construir un mundo con una tasa cero de degradación de la tierra sería un importante resultado de Río+20. Tal ZNLD se habría alcanzado cuando, durante un determinado periodo de tiempo, la tierra no degradada permanece sana y la que ya está degradada es restaurada. *“Mantener el suelo sano y restaurar la tierra degradada en las tierras secas puede garantizar la seguridad alimentaria, aliviar la pobreza y el hambre rural, y construir resiliencia sobre los retos ambientales más importantes. Las prácticas exitosas para lograr una tasa neta cero de degradación de la tierra podrían ser por consiguiente adaptadas de forma efectiva y adoptadas en las tierras que no son secas. En definitiva, el establecimiento de un objetivo de ZNLD a nivel global contribuiría a construir la resiliencia necesaria en las tierras secas y no secas, y permitir el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, adaptación al cambio climático, mitigación y conservación de la biodiversidad”* (UNCCD, 2012).

Como resultado de esta reunión y de cara a Río+20, la UNCCD proporcionó un análisis de las posibles implicaciones e impactos de esta meta para los responsables de políticas, enfoque que permitiría a la comunidad global identificar las oportunidades de inversión, evitando parte de la degradación de la tierra y proporcionando beneficios del uso sostenible de la tierra. *“Los esfuerzos mundiales por detener y revertir la degradación de la tierra son parte integrante de la construcción del futuro que queremos. La utilización sostenible de la tierra es un requisito para hacer salir a miles de millones de personas de la pobreza, facilitar la seguridad alimentaria y nutricional, y salvaguardar las existencias de agua; además, constituye la piedra angular del desarrollo sostenible”,* reza el mensaje del Secretario General de la ONU, Ban Ki-moon, en el Día Mundial de Lucha contra la Desertificación de 2012, quien también se subrayó que: *“Río+20 nos ofrece la oportunidad de mostrar los numerosos sistemas inteligentes y eficaces de gestión de tierras y las opciones que existen o que se están desarrollando. Veinte años después de la aprobación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, asegurémonos de que el compromiso con la gestión sostenible de la tierra ocupe un lugar prominente en los resultados oficiales de Río, así como en las actividades de movilización más amplias en favor de la sostenibilidad, que también será parte del legado de esa Conferencia. Sin un suelo saludable, la vida en la Tierra es insostenible”* (ONU, 2012c).

Así pues, según los planteamientos generales de Naciones Unidas, crear el “*futuro que queremos*” comienza con los compromisos de preservar la tierra no degradada y el suelo, y de equilibrar la degradación de las tierras con la recuperación de una cantidad igual de las tierras degradadas, lo cual quedó plasmado en 5 de los 283 apartados del documento final de la Conferencia Río+20, en concreto en los puntos 205 a 209 (ONU, 2012a), donde se habla de la *desertificación, degradación de la tierra y sequía*. Dichos apartados reflejan en su contenido el reconocimiento de la importancia económica y social de una buena gestión de la tierra, incluido el suelo, y en particular su contribución al crecimiento económico, la biodiversidad, la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria, la erradicación de la pobreza, así como en relación con el empoderamiento de la mujer, las medidas para hacer frente al cambio climático o aumentar la disponibilidad de agua.

Se destaca también que la desertificación, la degradación de la tierra y la sequía son problemas de escala global, que siguen suponiendo un serio desafío para el desarrollo sostenible de todos los países, en particular del mundo subdesarrollado. Además, estas patologías expresan una profunda preocupación por las consecuencias devastadoras de la sequía y la hambruna cíclicas en África, en particular en el Cuerno de África y la región del Sahel, y piden que se tomen medidas urgentes a corto, medio y largo plazo a todos los niveles de la administración.

El documento final de Río+20, en los puntos antes mencionados, reconoce la necesidad de que se tomen medidas urgentes para revertir la degradación del suelo, reafirmando el apoyo y fortalecimiento de la aplicación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y su Plan Estratégico Decenal (2008-2018), mediante la movilización de los recursos financieros adecuados, predecibles y oportunos. Se alienta al desarrollo de la capacidad, los programas de extensión de la formación y los estudios e iniciativas científicas encaminados a aumentar la comprensión y a la concienciación sobre los beneficios económicos, sociales y ambientales de las políticas y prácticas de ordenación sostenible de la tierra. También destaca la importancia que tiene el desarrollo y la aplicación de más métodos e indicadores racionales, socialmente inclusivos y basados en datos científicos para vigilar y evaluar el grado de desertificación,

degradación de la tierra y sequía, así como la importancia de las medidas que se están emprendiendo para promover las investigaciones científicas y fortalecer la base científica de las actividades para hacer frente a la desertificación y la sequía, de conformidad con la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (ONU, 2012a).

2.2.5. La iniciativa del Milenio

2.2.5.1. Los Objetivos de Desarrollo

Es innegable que en el curso de las últimas décadas en el mundo entero se han hecho importantes progresos en el empeño de reducir la pobreza y mejorar la calidad de vida de una gran cantidad de sus habitantes. La esperanza de vida y los ingresos *per capita* han aumentado en muchos lugares, mientras que la mortalidad infantil ha disminuido y se ha producido una más amplia participación de la sociedad civil en la adopción de decisiones (avance de la gobernanza). El año 2000 representaba un momento idóneo para expresar la visión del futuro que inspirara una nueva era (el tercer *milenio...*), de Naciones Unidas en este campo, por lo que el período de sesiones que empezó en septiembre del 2000 fue declarado como la *Asamblea del Milenio*. En los albores de un nuevo milenio, los países del mundo estaban más interconectados que en cualquier otra época de la historia, y el aceleramiento del proceso de globalización prometía un crecimiento más rápido así como el aumento de los niveles de vida y nuevas oportunidades. Sin embargo, estas expectativas no se cumplían en todas partes por igual. Mientras algunos estados podían esperar del futuro la prosperidad y la cooperación mundial, otros carecían casi de él, hundidos en un pozo de pobreza, de conflictos socioeconómicos de muy difícil solución, y de un medio ambiente cada vez más degradado (UNICEF, 2000).

Con el firme propósito de comenzar a dar respuesta ante tales circunstancias, en septiembre de 2000 se congregó en la sede de las Naciones Unidas, en Nueva York, al mayor número de dirigentes mundiales de la historia de la humanidad, y en esta Cumbre del Milenio que reunió a 191 países, representados en 147 casos por sus jefes de Estado o de Gobierno, fue adoptada la "*Declaración del Milenio*", un documento donde los países

reafirman su fe en la ONU y su compromiso de luchar por un mundo en el que la eliminación de la pobreza y la sostenibilidad del desarrollo tuvieran la máxima prioridad. Es un documento donde predominan los argumentos en materia de paz y seguridad, lucha contra la pobreza, el medio ambiente y los derechos humanos, en el que se incluyen medidas imprescindibles para lograr el progreso de la humanidad, así como la supervivencia inmediata de una parte importante de la misma (ONU, 2000).

Durante la Cumbre se concluyó que el desarrollo humano resulta fundamental para el progreso social y económico sostenido en todos los países del mundo, y que constituye asimismo un componente importante de la seguridad mundial. La sociedad internacional quedó gratamente sorprendida por el alto nivel de coincidencia entre los líderes mundiales asistentes, el cual se extendió tanto a la hora del diagnóstico de los restos a los que se enfrenta la Humanidad como cuando hubo que plantear las propuestas correspondientes. Parte de objetivos acordados en esta Cumbre se conocieron después como los "*Objetivos de Desarrollo del Milenio*" (ODM), los cuales han proporcionado un marco de referencia para que todo el sistema de la ONU trabaje coherentemente y en conjunto hacia un fin común.

El primer marco de monitoreo consistió en una lista de 18 metas y 48 indicadores que debían responder a 8 objetivos específicos, a saber (Fig. 1):

Objetivo 1: Erradicar la pobreza extrema y el hambre

Objetivo 2: Lograr la enseñanza primaria universal

Objetivo 3: Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer

Objetivo 4: Reducir la mortalidad infantil

Objetivo 5: Mejorar la salud materna

Objetivo 6: Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades

Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente

Objetivo 8: Fomentar una asociación mundial para el desarrollo



Figura 1. Los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Fuente: ONU, 2000.

Esta alianza mundial fue respaldada en la Conferencia Internacional sobre la Financiación para el Desarrollo, celebrada en Monterrey, México, en marzo del 2002 (ONU, 2002c), reafirmada en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible celebrada en Johannesburgo, Sudáfrica, en agosto de este mismo año y tomo fuerza en la Cumbre Mundial del 2005, la cual representó una oportunidad única para que los más importantes líderes mundiales logaran el acuerdo y el compromiso necesarios para que la Organización pudiera dar respuesta a los desafíos abiertos con el siglo XXI y seguir cooperando, hoy como ayer, en pos del bienestar de la humanidad (ONU, 2005).

En esta Cumbre se acordó también agregar 4 nuevas metas al marco de monitoreo vigente a la fecha, que permitieran una mejor supervisión cuantitativa de los objetivos ya planteados. Se relevaron los temas de empleo productivo, acceso a servicios de salud reproductiva, acceso a tratamiento para el VIH y biodiversidad. La selección de los nuevos indicadores relativos a estas metas fue encargada al Grupo Inter-Agencial y Expertos en Indicadores ODM (IAEG). El IAEG presentó el Nuevo Marco Oficial de Monitoreo para los Objetivos de Desarrollo del Milenio en la Asamblea General en su 62^a Sesión en 2007, el cual sería utilizado para reportar anualmente a la Asamblea General y se esperaba que sirviera para el seguimiento de los ODM en todos los asuntos oficiales. Dicho marco, vigente a partir de enero del 2008, contiene 21 metas y 60 indicadores reenumerados

correlativamente de acuerdo a los respectivos objetivos y metas. Además algunas metas e indicadores antiguos fueron eliminados o reformulados (ONU, 2005).

Los ODM constituyen una prueba de la voluntad política de establecer asociaciones más sólidas, y comprometen a los países a tomar nuevas medidas y aunar esfuerzos en la lucha contra la pobreza, el analfabetismo, el hambre, la falta de educación, la desigualdad entre los géneros, la mortalidad infantil y materna, la enfermedad y la degradación del medio ambiente. El octavo objetivo, insta a los países ricos a adoptar medidas para aliviar la deuda, incrementar la asistencia y permitir a los países más pobres el acceso a sus mercados y tecnología. De esta manera, los ODM ofrecen por primera vez una visión integral de la pobreza con retos como la erradicación del hambre, la mejora de la sanidad y la educación o la igualdad, entre otras cuestiones, y establece una fecha límite para su cumplimiento: el año 2015.

Esta visión se cristaliza a través del Informe de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que se presenta anualmente a partir del año 2005. Se trata de la evaluación mundial más completa del progreso alcanzado hasta la fecha y se basa en los datos suministrados por un gran número de organizaciones internacionales dentro y fuera del sistema de las Naciones Unidas. Las cifras totales que figuran en este informe ofrecen un panorama general del progreso realizado a escala regional con arreglo a los ocho objetivos marcados por la ONU, y son una forma conveniente de efectuar un seguimiento del progreso alcanzado en el transcurso del tiempo.

Los *objetivos* permiten, además de centrar la labor de la comunidad mundial en la introducción de mejoras importantes y mensurables en la vida de las personas, establecer criterios para cuantificar los resultados no sólo de los países en desarrollo sino de los países ricos que contribuyen a financiar programas de desarrollo y de las instituciones multilaterales que ayudan a los países a aplicarlos, representando de esta manera el mayor compromiso de la historia de la humanidad en el terreno de la lucha contra la pobreza. Lógicamente, los desafíos de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) se presentan profundamente relacionados entre sí, produciéndose asociaciones de grupos de ellos que funcionan de manera interdependiente. Y así, erradicar la pobreza, aumentar

de la seguridad alimentaria y garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, son especialmente pertinentes a los ámbitos de las tierras áridas. Alcanzar logros en cualquiera de ellos significa tratar de valorarlos conjuntamente, mediante enfoques integrales que permitan simultáneamente, por ejemplo, la seguridad alimentaria, el mantenimiento de los medios de vida rurales y la conservación de la diversidad biológica. Por otra parte, las iniciativas destinadas a mantener los medios de vida y la diversidad biológica son especialmente decisivas cuando la población depende de la agricultura y la ganadería, en zonas protegidas o alrededor de éstas; en medios caracterizados por una alta diversidad biológica y por abundantes servicios empleados en la producción agrícola; así como, en el otro extremo, en zonas sumamente degradadas en las que el mejoramiento de la agricultura, los medios de vida y la diversidad biológica dependen de la restauración de los ecosistemas. La reducción de la pobreza y el hambre en las tierras áridas dependerán, así pues, de que pueda sostenerse la base de recursos naturales y mejorarse la producción agrícola, ganadera, forestal y pesquera (Scherr y Rhodes, 2006).

La realidad es que la dimensión e intensidad de la degradación de los suelos han ido creciendo a lo largo de los últimos 20 años. Y aunque también hay países industrializados afectados por la desertificación, son en particular los países en desarrollo los que sufren más agudamente la degradación de la tierra y los recursos: en los 50 países menos desarrollados del mundo y con sus habitantes entre los más pobres del planeta, las zonas áridas cubren aproximadamente las dos terceras partes del territorio nacional. En este tipo de medios la agricultura constituye la base de la seguridad alimentaria de la población local, siendo habitualmente uno de los sectores económicos más importantes, de ahí el alto nivel de vulnerabilidad de sus habitantes. En muchas de estas regiones el peligro de verse atrapado en el círculo vicioso de la desertificación es muy grande. En los últimos 40 años se ha abandonado la tercera parte de la superficie agrícola del mundo, pues han perdido su productividad debido a la erosión de los suelos. Año tras año vienen agregándose 20 millones de hectáreas más de tierras degradadas a nivel mundial. El crecimiento demográfico, el retroceso de las tierras cultivables y los efectos del cambio climático agravan el problema. En el caso concreto de África, la situación es aún más dramática, ya que parte de las tierras agrícolas actualmente en uso están siendo vendidas

a particulares u organismos extranjeros que están destinado sus cosechas para alimentar a las poblaciones de sus países de origen .

El incremento de la variabilidad de los fenómenos meteorológicos que acompaña al cambio climático hace que aumenten tanto las sequías como las inundaciones, que suban las temperaturas extremas y disminuya la disponibilidad de agua en muchas regiones, etc. Con ello se incrementa la presión sobre las tierras cultivables disponibles, lo que a largo plazo lleva a una explotación excesiva y una intensificación de la degradación de las tierras y la pobreza. La situación económica de la población se ve agravada, además, por la evolución de los precios de los alimentos en el mercado mundial, en parte controlados por operaciones especulativas (ECOESPAÑA-WRI, 2007). Según estimaciones del Banco Mundial, la actual crisis y la degradación de los ecosistemas sumirán en la pobreza absoluta a 105 millones de personas más en el mundo en los próximos años (BMZ, 2009).

Este es un asunto de vital importancia para más del 40% las tierras secas del planeta y para casi el 35% de la población mundial. Los habitantes de las zonas climáticas áridas, semiáridas y secas subhúmedas, las cuales definen el campo de intervención del Convenio de Naciones Unidas contra la Desertificación (UNCCD), se ven seriamente afectadas por la vulnerabilidad de medioambiental y la lacra de la pobreza. De ahí que este ámbito sea la “zona cero” de programas como el de los Objetivos del Milenio.

2.2.5.2. Los Ecosistemas del Milenio

En la órbita del Objetivo 7 de los ODM, la *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* (MEA) supone el mayor esfuerzo internacional para evaluar el estado y la tendencia de cambio de los sistemas naturales del planeta, y su capacidad para mantener el bienestar humano. Surge de una solicitud del Secretario General de las Naciones Unidas, Kofi Annan, efectuada en el año 2000 mediante un informe dirigido a la Asamblea General titulado: *Nosotros los Pueblos: El papel de las Naciones Unidas en el Siglo XXI*. Este programa científico internacional, coordinado por Naciones Unidas, se fundamenta en la idea de que el desarrollo económico, social, cultural y político de las generaciones

actuales y futuras depende del buen funcionamiento de los ecosistemas, así como del mantenimiento de una adecuada biodiversidad en el planeta, de ahí que, entre sus objetivos, también se incluya el de promover un conocimiento científico que sirva de apoyo a conservación, la restauración y el uso sostenible de los ecosistemas del planeta.

Para satisfacer las demandas de información científica que requieren los encargados evaluar el cambio de los ecosistemas y de gestionar el impacto de su deterioro sobre el bienestar de los seres humanos, un equipo de trabajo conformado por más de 1.360 científicos de 94 países, con el apoyo de cinco de las Agencias de Naciones Unidas, cuatro Convenios Internacionales, el sector privado y la sociedad civil, han llevado a cabo la mayor auditoría ecológica sobre el estado de conservación de los ecosistemas del planeta y el aprovechamiento que la sociedad obtiene de su buen funcionamiento. Esta aproximación trabaja con nuevas nociones como las de capital natura, funciones de los ecosistemas, etc., que inciden más profundamente en las relaciones entre el ser humano y el medio natural, siendo el concepto clave el que hace referencia los *servicios de los ecosistemas* o *servicios ecosistémicos* (Fig. 2).

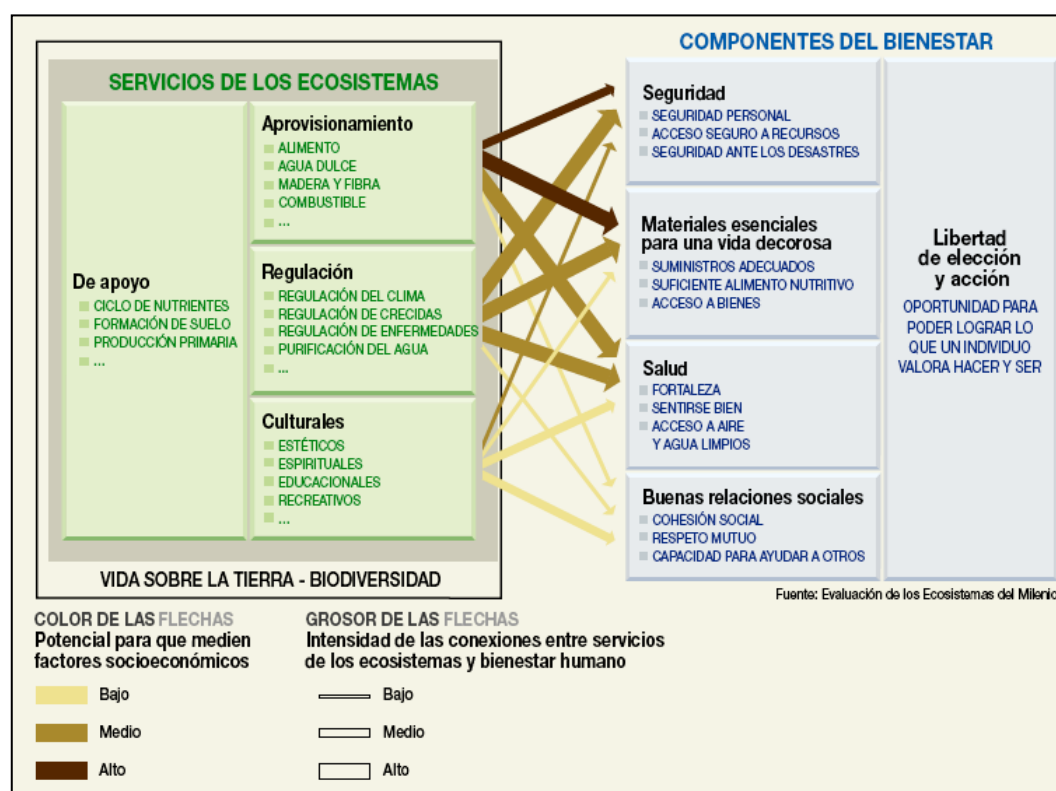


Figura 2. Conexiones entre los Servicios de los Ecosistemas y el Bienestar Humano.
Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.

Estos servicios atañen a los beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas, que hacen la vida humana físicamente posible y digna de ser vivida (Díaz *et al.*, 2006). El análisis de los servicios ecosistémicos tiene presente tanto la situación actual de los ecosistemas (diagnóstico) como las repercusiones futuras de sus cambios en el bienestar humano, y las posibles opciones de respuesta a nivel local, nacional o global, de cara a optimizar el manejo de ecosistemas y contribuir así en el bienestar de la gente y la mitigación de la pobreza (Fig. 3).

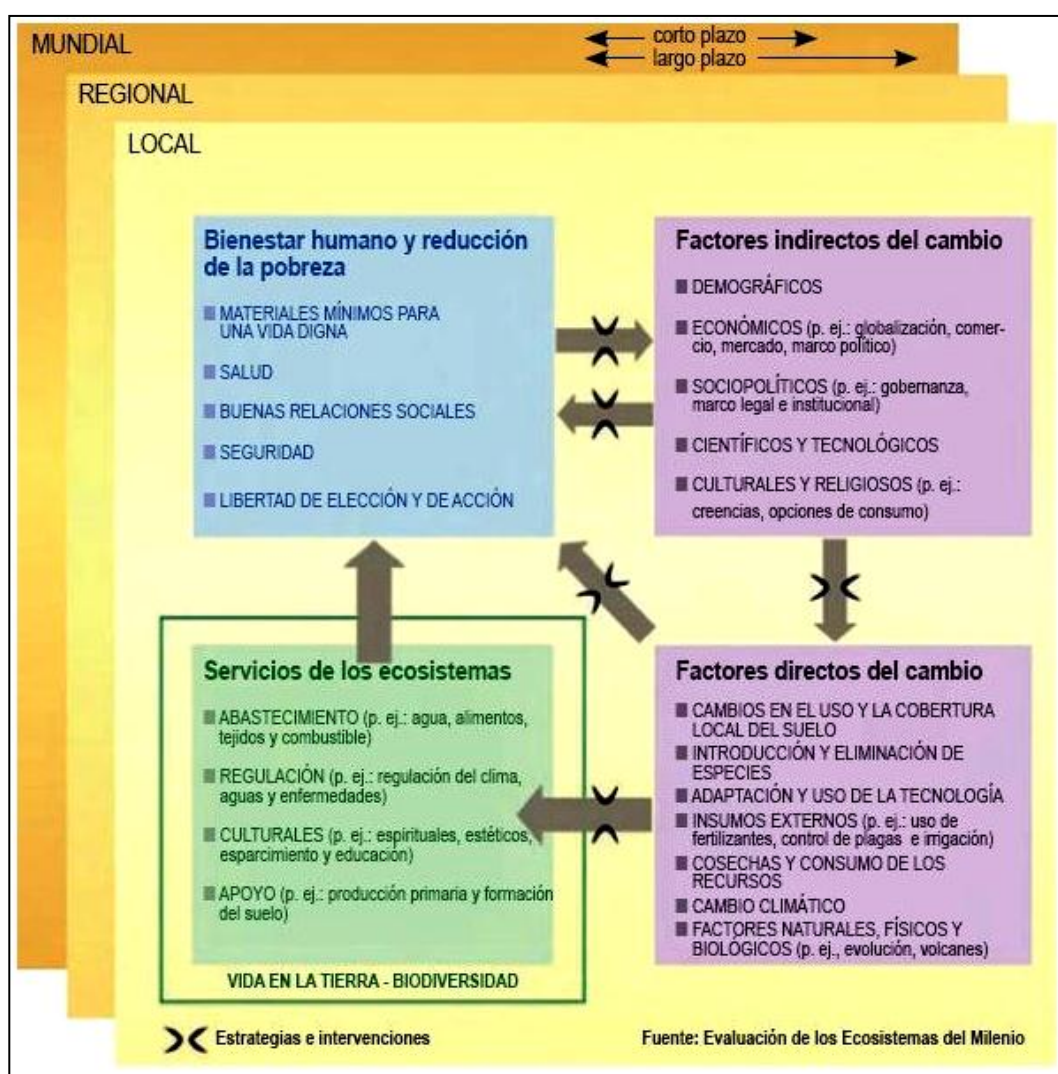


Figura 3. Marco conceptual de La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.
Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.

Un elemento importante de la *Evaluación* es la distinción entre los factores directos e indirectos del cambio (impulsores) y el análisis multiescalar. Los resultados recogidos en el documento de referencia nivel mundial (MEA, 2005) indican que,

aproximadamente, el 60% (15 de 24) de los ecosistemas evaluados están sometidos a un importante proceso de degradación o se usan de modo inadecuado (no sostenible), incluyendo en este grupo servicios tan importantes como “*el agua dulce, la pesca de captura, la purificación del aire y del agua, la regulación del clima regional y local, los riesgos naturales y las pestes*”. Lo cual es sumamente inquietante, ya que el informe concluye diciendo que la degradación de los servicios de los ecosistemas podría empeorar significativamente a lo largo de la primera mitad del siglo XXI.

Los resultados principales de la *Evaluación* se encuentran expuestos en los volúmenes técnicos de sus cuatro Grupos de Trabajo (Condición y Tendencias, Escenarios, Respuestas y Evaluaciones Subglobales) y recogidos en cinco publicaciones dirigidas a audiencias específicas: Biodiversidad, Humedales, Desertificación, Comercio e Industria, Ecosistemas y Salud Humana. Como tal, la Evaluación pretende ayudar a cumplir con las necesidades de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), de la Convención de Ramsar sobre los Humedales (Ramsar), y de la Convención sobre Especies Migratorias (UNCMS), así como las de otros usuarios en el sector privado y la sociedad civil (PNUMA, 2005). Concretamente, la *Síntesis sobre Desertificación*, basada en un sólido resumen de evidencias científicas acerca de la materia, indica que la desertificación debe ser considerada perentoriamente dentro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas, debiendo combatirse especialmente a escala local. Asimismo, este informe deja constancia de que este fenómeno está inmerso en una cadena global de causalidad, y que su impacto se siente mucho más allá de los límites de las áreas afectadas. La desertificación contribuye significativamente a los cambios climáticos y a la pérdida de biodiversidad (UNCCD, 2005), por lo que “...si se resuelve eficazmente el problema de la desertificación, se logrará reducir la pobreza en el mundo” (World Resources Institute, 2005).

Aunque los Programas de Naciones Unidas de los *Objetivos de Desarrollo del Milenio* y la *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* fueron diseñados y lanzados de forma independiente, las conclusiones obtenidas por cada uno de ellos dejan claro que ambos están estrechamente interrelacionados. Resulta evidente que las economías de

subsistencia dependen directamente de los servicios ecosistémicos, por lo que se verán más afectadas por la degradación de los ecosistemas que los países desarrollados. Además, aquellas no tienen acceso a las tecnologías de minimización de los impactos ambientales o de restauración ecológica. Por lo tanto, puede decirse que la degradación de los ecosistemas incide sobre el bienestar humano, pero también que no afecta por igual a todos los habitantes del planeta. En este sentido, uno de los mensajes esenciales que proclama la MEA es que la comunidad internacional tiene que invertir en los países en desarrollo no sólo en infraestructuras públicas, sanitarias o ambientales, sino también en infraestructura ecológica (conservación/restauración del capital natural), sobre todo teniendo en cuenta que los países que tienen una naturaleza más degradada están más lejos de conseguirlos (Montes y Sala, 2007).

La Evaluación de Ecosistemas del Milenio ha puesto de manifiesto que la destrucción de los ecosistemas es la mayor barrera para alcanzar los ODM. Por esta razón, el Objetivo 7, el cual está relacionado con garantizar la sostenibilidad ambiental, debe adoptar una posición transversal, ya que condiciona al resto de los ellos, los cuales están conectados con el hambre, la educación, la salud, la mortalidad infantil o el desarrollo.

2.2.6. Desertificación, cambio climático y cambio global

2.2.6.1. Cambio climático inducido y la desertificación

En su Artículo 1, la *Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas* (CMNUCC), define el cambio climático como: "*cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables*" (ONU, 1992b).

A lo largo de su existencia el planeta Tierra ha experimentado distintos cambios climáticos originados por causas astronómicas y geológicas. Sin embargo, a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, con el inicio de la revolución industrial y hasta la segunda

mitad del siglo XX, las concentraciones de CO_2 (dióxido de carbono) y otros gases de efecto invernadero (GEI) se incrementaron progresivamente en la atmósfera, producto del creciente consumo de combustibles fósiles como carbón, petróleo, gas natural, además de la tala, quema de bosques y algunos métodos de explotación agropecuaria. Pero esta situación se tornó más alarmante en las últimas dos décadas del siglo XX, con un incremento de alrededor del 25% en los niveles de algunos estos gases en la atmósfera.

Según Figueres, (2002), a la década de 1980 se le conoce como la “década del invernadero”, debido a las altas temperaturas globales promedio registradas y a la serie de condiciones climáticas inusuales registradas en varias partes del mundo. El principal contribuyente al incremento del efecto invernadero terrestre es el vapor de agua (aproximadamente un 80%) seguido del dióxido de carbono (algo menos del 20%) que, a su vez, es el máximo responsable de su intensificación (53%), seguido del metano (20%), óxido nitroso y otros gases (Duarte, 2006). Por ejemplo, la concentración media de dióxido de carbono antes de la revolución industrial (antes del año 1750) era de unas 280 partes por millón en volumen, elevándose hasta 380 ppm en el año 2006 (Fig. 4).

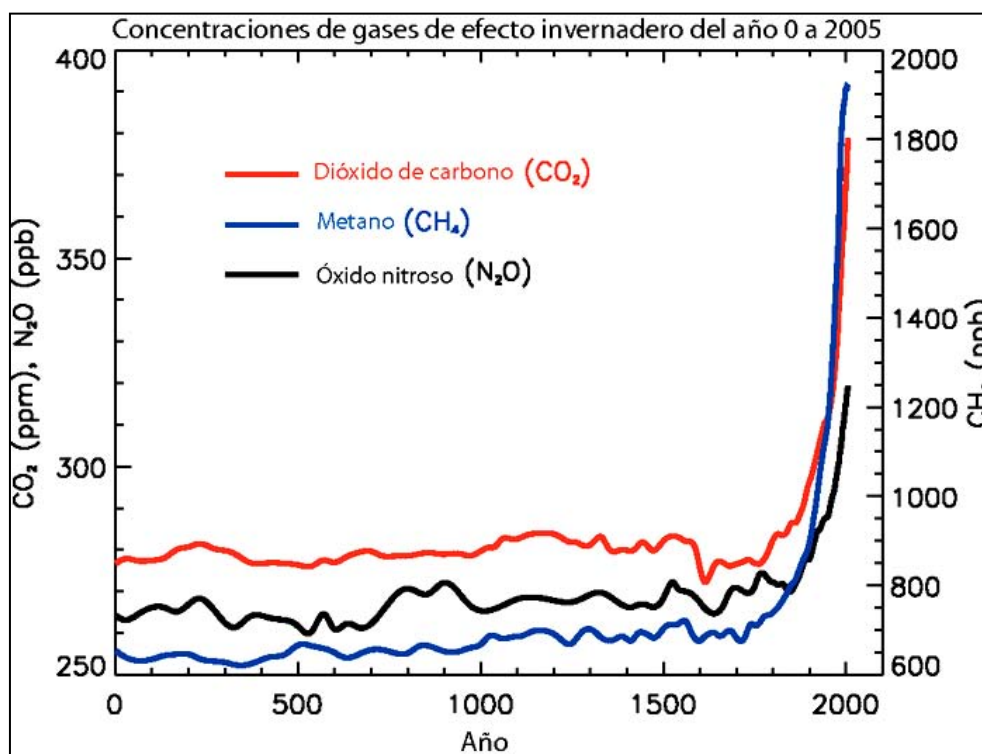


Figura 4. Concentraciones importantes de gases de efecto invernadero de larga vida en los últimos 2000 años. Fuente: IPCC, 2007.

Esta situación es la responsable del acaecimiento de episodios extremos como olas de calor o frío, profundas sequías, inusitadas inundaciones y huracanes de gran intensidad, etc., hasta el punto de que, como señala UNESCO (2009), estas perturbaciones podrían poner en peligro la conservación de ecosistemas y la sustentabilidad de sistemas socioeconómicos.

Fueron los impactos de un clima anómalo o extremo en diversos sectores de la actividad humana los que llevaron los organismos internacionales a interesarse en el tema de cambio climático. Generalmente, y al margen de la declaración de 1957 como Año Geofísico Internacional por parte de la OMM, se considera que Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, fue el punto de partida de los esfuerzos internacionales en materia de cambio climático. La reunión de Estocolmo representó la ocasión de hacer un primer balance de los efectos de la actividad humana en el medio ambiente mundial; fue un intento de forjar criterios comunes para hacer frente a las tareas de preservar y mejorar el medio humano. Como resultado, la Declaración de Estocolmo propugna principalmente metas y objetivos amplios de política ambiental, más que posiciones normativas detalladas (Handl, 2012). Entre los logros de la Cumbre de la Tierra de Estocolmo se cuenta la creación de una Agencia de la ONU encaminada a fomentar y apoyar la cooperación internacional en materia medioambiental, el PNUMA.

En 1977 el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) concluyeron un Plan de Acción Mundial sobre la capa de ozono, que aboga por una intensa investigación internacional y el seguimiento de la capa de ozono. Dos años después, en 1979 se realiza la primera *Conferencia Mundial sobre el Clima*, manifestando preocupación sobre el patrimonio atmosférico común. Los participantes fueron principalmente científicos y la Conferencia llamó poco la atención de los responsables de políticas. La perspectiva de tener que enfrentar un posible cambio climático como consecuencia de la creciente actividad humana en el planeta ha sido incorporada poco a poco a las agendas gubernamentales. Se revisan los conocimientos existentes sobre el cambio y la variabilidad climática debido a causas naturales y antropogénicas y se evalúan las posibles modificaciones futuras y sus implicaciones en las actividades humanas. Como

resultado de la Primera Conferencia, este mismo año en VIII Congreso Meteorológico Mundial nace el *Programa Mundial sobre el Clima (PMC)*.

A raíz del descubrimiento del agotamiento de la capa de ozono, en 1981, se autorizó al PNUMA a elaborar un convenio de marco global sobre la protección del ozono estratosférico. Este mismo año el Consejo de Administración del PNUMA creó un grupo de trabajo *ad hoc* de expertos legales y técnicos para elaborar un convenio marco mundial para la protección de la capa de ozono. El objetivo perseguido era crear un tratado general para hacer frente al agotamiento de la capa de ozono. Primeramente, un tratado general resuelto en principio para abordar un problema; posteriormente las Partes se dispusieron a llevar a cabo la tarea más difícil de convenir protocolos en los que se establecieran controles específicos. El marco general del *Convenio para la Protección de la Capa de Ozono* se acordó en Viena en marzo de 1985 y fue firmado por veinte naciones. Entre los objetivos considerados en el Convenio está la promoción y cooperación de las Partes por medio de observaciones sistemáticas, investigaciones e intercambio de información concerniente al impacto de las actividades humanas sobre la capa de ozono y la adopción de medidas legislativas y administrativas contra las actividades que puedan acarrear efectos negativos sobre la capa de ozono (PNUMA, 2010a).

El documento oficial consta de 21 Artículos y dos anexos: en uno se plantean importantes cuestiones relativas a la investigación científica y la observación sistemática de la capa de ozono, y en el otro se describen los tipos de información que han de reunirse y compartirse en virtud de lo acordado. En Convenio se estipulan futuros protocolos y se determinan procedimientos de enmienda y de solución de controversias. Las naciones firmantes convinieron en adoptar "*medidas apropiadas... para proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos resultantes o que puedan resultar de las actividades humanas que modifiquen o puedan modificar la capa de ozono*". El Convenio ha sido considerado como un logro extraordinario, ya que fue el primer acuerdo internacional que reconoció los posibles efectos adversos sobre el medio ambiente global futuro más bien que el actual. Por otra parte, el Convenio de Viena es el

acuerdo marco, que se desarrolla luego a través de medidas concretas por medio del Protocolo de Montreal.

La primera declaración aceptada universalmente sobre la influencia del incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero en el calentamiento global se produce con ocasión de la *Conferencia sobre el Clima* celebrada en Villach, Austria, en octubre de 1985. La Conferencia fue organizada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Consejo Internacional de Uniones Científicas. En esta Conferencia, que hoy en día es conocida por todos como la “*Conferencia de Villach*”, se contó con la asistencia de científicos de 29 países, se examinaron posibles consecuencias importantes de las emisiones futuras de todos los gases de efecto invernadero. Un grupo internacional de científicos logró entonces el consenso sobre la gravedad del problema y el peligro de un calentamiento significativo de la Tierra, elaborando una declaración enormemente influyente en la que presagiaban elevaciones de temperatura durante la primera mitad del siglo XXI, más pronunciadas que nunca a lo largo de toda la historia de la Humanidad (OMM, 1986). Las Naciones Unidas y el Consejo Internacional para el Medio Ambiente concluyeron que para finales del siglo XXI se podría producir un aumento en las temperaturas de entre 1,5 y 4,5°C y un ascenso del nivel del mar entre 20 y 140 cm. Las conclusiones publicadas en esta conferencia describían un escenario preocupante para el futuro del clima en la Tierra si las tasas de emisión de gases de efecto invernadero continuaban creciendo según las predicciones. La concienciación de la opinión pública hacia los problemas medio ambientales se hizo más notoria, y los organismos internacionales vieron la necesidad de investigar las causas y consecuencias del cambio climático para poder plantear políticas de reducción de emisiones.

Debido a los riesgos que conlleva el agotamiento de la capa de ozono, en septiembre de 1987 se acordó tomar las medidas necesarias para solucionar este grave problema, firmando el denominado *Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la Capa de Ozono*. El objetivo principal del Protocolo es reducir y eventualmente eliminar la producción y el uso de sustancias que agotan la capa de ozono. Bajo los auspicios del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), los

científicos, industrialistas y gobiernos se reunieron para iniciar una acción preventiva global. El resultado fue un acuerdo mediante el cual los países desarrollados se comprometieron a una acción inmediata, y los en desarrollo a cumplir el mismo compromiso en un plazo de diez años. Al aceptar los términos del *Protocolo de Montreal (PM)*, las naciones que lo suscribieron asumieron el compromiso de tomar medidas para proteger la capa de ozono, con miras a revertir, en el largo plazo, el daño causado por el uso de sustancias que la agotan. Fue un acuerdo notable que sentó un precedente para una mayor cooperación internacional en encarar los problemas globales del medio ambiente.

Según Achim Steiner, Director Ejecutivo del PNUMA, el *Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la Capa de Ozono* es uno de los más exitosos ejemplos de cooperación internacional para superar un problema mayor, de dimensión global, que amenaza el medio ambiente. Desde la negociación del Protocolo, en 1987, sus Partes han debido adaptarlo continuamente en respuesta a la nueva evidencia científica y a los avances tecnológicos. La producción y consumo de peligrosos grupos de sustancias químicas, con capacidad para agotar la capa de ozono, han sido exitosamente suprimidos en los países desarrollados y el mismo proceso está en marcha en los países en vías de desarrollo. En términos generales, alrededor del noventa y cinco por ciento de las sustancias químicas que agotan el ozono han sido hasta la fecha (2006) puestas de lado. Este es un esfuerzo muy remarcable de las Partes del Protocolo de Montreal (PNUMA, 2006).

Poco después, en 1988 la OMM y el PNUMA propusieron conjuntamente la creación de un Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), con el fin de examinar los conocimientos científicos que se poseen sobre cambios climáticos, sus efectos, sus aspectos económicos, así como las posibles medidas de mitigación y de adaptación que se podrían aplicar a los mismos.

La *Conferencia Mundial sobre la Atmósfera Cambiante: Implicaciones para la Seguridad Mundial* (o Conferencia de Toronto) se celebró en Toronto (Canadá), en 1988, con la participación de más de 300 científicos y gestores políticos. La Conferencia instó a

los gobiernos, a las Naciones Unidas y a sus agencias especializadas, así como a las instituciones industriales, educativas, organizaciones no gubernamentales y a la ciudadanía en general, a emprender acciones concretas para reducir la inminente crisis provocada por la contaminación de la atmósfera. A este respecto la Conferencia destacó que *"La Humanidad está llevando a cabo un experimento no intencionado, globalmente difusivo y penetrante, cuyas últimas consecuencias podrían ocupar el segundo lugar inmediatamente detrás de las que ocurrirían después de una guerra mundial nuclear. La atmósfera terrestre está siendo modificada con una rapidez sin precedentes por los contaminantes que resultan de la actividad humana, el uso ineficiente y el derroche de combustibles fósiles y los efectos de un crecimiento rápido de la población en muchas regiones. Estos cambios representan un peligro mayor para la seguridad mundial y están teniendo consecuencias dañinas en muchas partes del globo"* (OMM, 1988).

El documento de la Conferencia de Toronto consignó también que: *"Los países industrializados desarrollados del mundo son la mayor fuente de gases de efecto invernadero y, por lo tanto, asumen ante la comunidad mundial el compromiso mayor de asegurar la puesta en ejecución de medidas para hacer frente a las cuestiones que deriven del cambio climático..."*. Desde la Declaración de Toronto se solicitaba, en concreto, aumentar los recursos para los esfuerzos en materia de investigación y vigilancia en el seno del Programa Mundial de Clima, apoyar el trabajo del propuesto IPCC y desarrollar una convención general a escala mundial como marco para protocolos relativos a la protección de la atmósfera.

Ya en 1990, el IPCC había producido su Primer Informe de Evaluación, cubriendo, mediante la tarea de tres grupos de trabajo, la evaluación científica, los impactos y las estrategias de respuesta, con respecto al cambio climático. Además, desarrolló varios escenarios de emisiones a largo plazo, que representan imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro. Esos escenarios se han utilizado ampliamente para el análisis de un posible cambio climático, de sus repercusiones y de las opciones para mitigar dicho cambio (Canziani, 2000).

La celebración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992), llevó a la preparación de un informe complementario orientado a proveer referencias actualizadas para el tratamiento del proyecto de convención que constituiría la denominada Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). La CMNUCC fue aprobada el 9 de mayo de 1992 en Nueva York y fue firmada por más de 150 países y la Comunidad Europea en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, entrando en vigor en marzo de 1994. Su meta es "lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático". Establece obligaciones para todas las y se fija el objetivo de lograr que las emisiones de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal de 1990 volvieran para el año 2000a los niveles que tenían en 1990. De esta manera, a través del Artículo 2 de la *Convención*, que entró en vigor en 1994, se sentaron las bases para estabilización de la concentración de gases con efecto invernadero en la atmósfera en niveles que eviten el peligro de la interferencia antrópica en el sistema climático. En el denominado Protocolo de Kioto (1997) se acuerda reducir las emisiones totales de seis de los gases con efecto invernadero en una media de 5,2% por debajo de las emisiones de 1990 (Duarte, 2006).

Siendo el IPCC el ente científico de la Convención, éste provee las referencias científicas y tecnológicas a la Secretaria de la Convención y a la Conferencia de las Partes, necesarias a fin de satisfacer el objetivo fundamental del Artículo 2 de la CMNUCC, según el cual debería alcanzarse: ...*"la estabilización de la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogenias peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico proceda de manera sostenible"*.

Los estudios producidos por IPCC, especialmente los cuatro extensos Informes de evaluación de 1990, 1995, 2001 y 2007, cubren todas las facetas del fenómeno actual del cambio climático. El Segundo informe de evaluación, "Cambio climático 1995", se puso a

disposición de la Segunda Conferencia de las Partes en la CMNUCC, y proporcionó material para las negociaciones del Protocolo de Kioto derivado de la Convención. Consta de tres informes de grupos de trabajo y de una síntesis de información científica y técnica. Del segundo informe de evaluación del cambio climático del IPCC se deducía que había sospechas razonables de la influencia de la actividad humana en los cambios observados del clima del planeta. O en los términos entonces publicados “sugieren una discernible influencia humana en el clima global” (Duarte, 2006). En 1996, debido a los importantes cambios sucedidos a nivel mundial en cuanto a la comprensión tanto de las fuerzas que rigen las emisiones como de las metodologías, en su reunión plenaria, el IPCC decidió desarrollar un nuevo conjunto de escenarios que reemplazarían a los ya existentes y que serían de gran utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación.

Para describir de manera coherente las relaciones entre las fuerzas determinantes de las emisiones y su evolución, y para añadir un contexto a la cuantificación de los escenarios, se desarrollaron cuatro líneas evolutivas diferentes (Fig. 5).

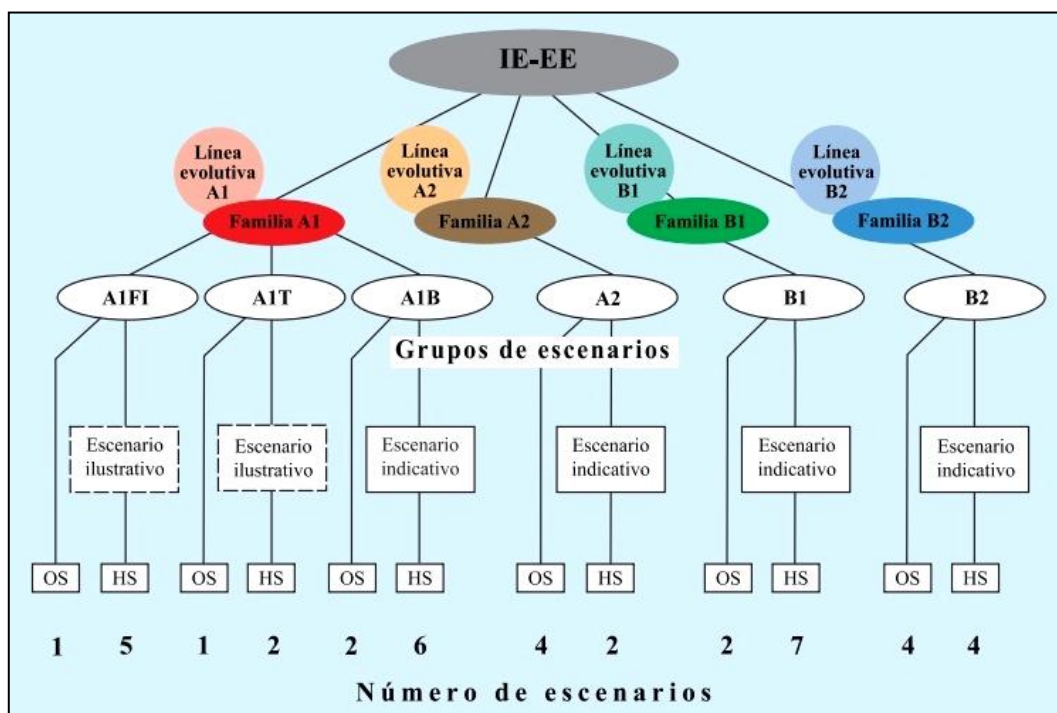


Figura 5. Ilustración esquemática de los escenarios IE-EE (Informe especial sobre escenarios de emisiones). Fuente: IPCC, 2000.

Cada una de estas líneas representa un itinerario de cambio (o tendencia) a nivel demográfico, social, económico, tecnológico y medioambiental, que algunos pueden valorar positivamente, y otros, negativamente. Cada escenario representa una interpretación cuantitativa específica de una de las cuatro líneas evolutivas. El conjunto de escenarios basados en una misma línea evolutiva constituye una “familia” de escenarios: A1, A2, B1 y B2. En total, seis equipos de modelizadores han desarrollado 40 escenarios IE-EE (*Special Reports on Emission Scenarios (SRES)*). Todos ellos son igualmente válidos, y no tienen asignadas probabilidades de hacerse realidad. Según IPCC (2000), los escenarios de lo que podría acontecer en el futuro son los siguientes:

- ✓ La línea evolutiva y familia de escenarios **A1** describe un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo y disminuye posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones, la creación de capacidad y el aumento de las interacciones culturales y sociales, acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante.
- ✓ La familia de líneas evolutivas y escenarios **A2** describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.
- ✓ La familia de líneas evolutivas y escenarios **B1** describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza un máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente, como en la línea evolutiva A1, pero con rápidos cambios de las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, acompañados de una utilización menos intensiva de los materiales y de la introducción de tecnologías limpias con un

aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y medioambiental, así como a una mayor igualdad, pero en ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima.

- ✓ La familia de líneas evolutivas y escenarios **B2** describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y medioambiental. Es un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional.

En 1997 comenzó a redactarse el Protocolo de Kioto sobre el Cambio Climático, cuyo objetivo era reducir las emisiones de los principales gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hexafluoruro de azufre, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, en una media de un 5,2% por debajo de las emisiones de 1990 (ONU, 1998).

El Tercer informe de evaluación, "Cambio climático 2001", consta también de tres informes de grupos de trabajo sobre "La base científica", "Efectos, adaptación y vulnerabilidad" y "Mitigación", así como un Informe de síntesis en el que se abordan diversas cuestiones científicas y técnicas útiles para el diseño de políticas. Del segundo al tercer informe, publicado en 2001, se produjo un cambio sustancial. Los resultados de investigación llevaron al IPCC (2001) a establecer en una de las conclusiones del tercer informe de evaluación que "existen pruebas nuevas y más convincentes de que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos cincuenta años se puede atribuir a actividades humanas" (Fig. 6).

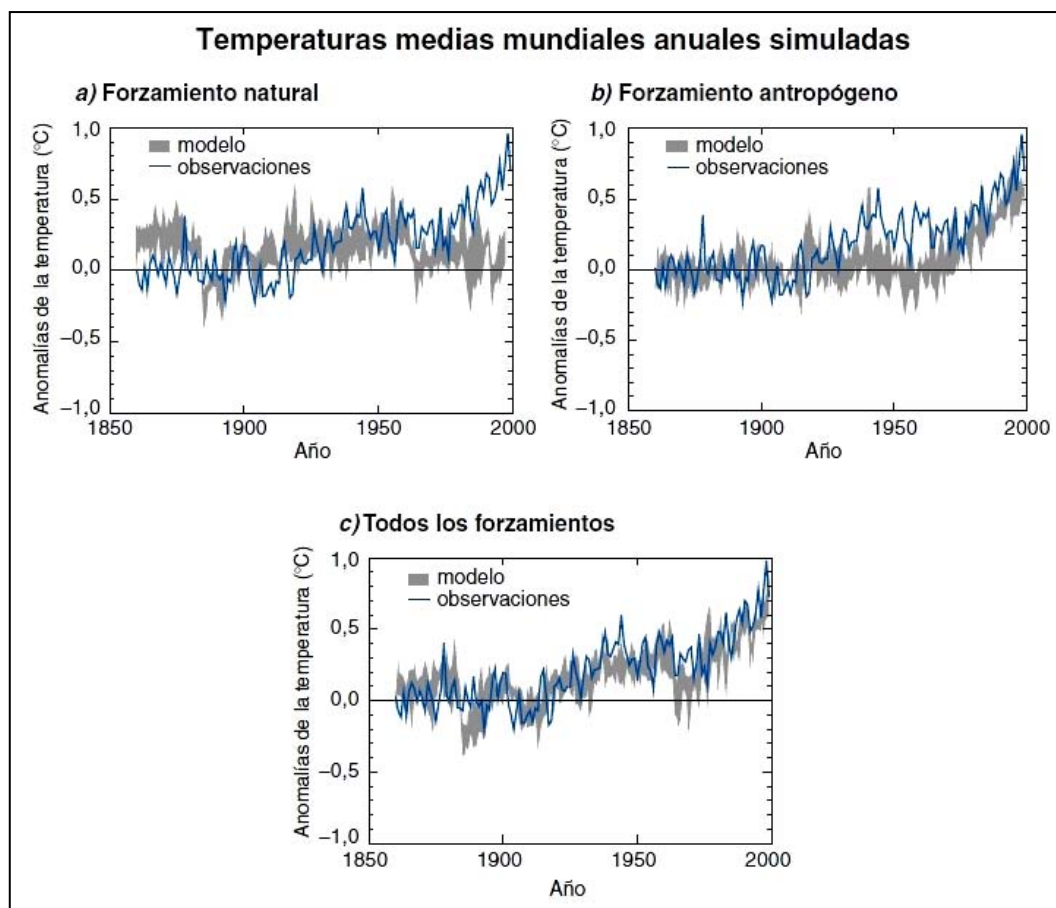


Figura 6. La simulación de las variaciones de la temperatura de la Tierra y la comparación de los resultados con los cambios medidos puede facilitar una mejor idea de las causas subyacentes de los cambios importantes. Las simulaciones que representa la banda en a) se hicieron sólo con forzamientos naturales (variación solar y actividad volcánica). Las simulaciones de la banda en b) se hicieron con forzamientos antropógenos (gases de efecto invernadero (GEI) y una estimación de los aerosoles de sulfatos) y las simulaciones que recoge la banda en c) se efectuaron con forzamientos naturales y antropógenos. Fuente: IPCC, 2001.

En su Cuarto Informe de Evaluación sobre el clima mundial, que se hizo público el día 2 de febrero de 2007, tras seis años de trabajo, con un notable y merecido impacto mediático, miles de científicos coinciden en que el cambio climático se está produciendo ya, y sus consecuencias no serán del todo reversibles incluso aunque se apliquen de inmediato las medidas drásticas para contrarrestarlo. Según las palabras de Achim Steiner, Director del Programa de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA), pronunciadas en la presentación en París de las conclusiones del grupo de trabajo dedicado a la física del clima del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC: *“El 2 de febrero de 2007 pasará a la historia como el día en que desaparecieron las dudas acerca de si la actividad humana está provocando el cambio climático; y cualquiera que, con este informe en la mano, no haga algo al respecto, pasará a la historia como un irresponsable”*

(Vilches, 2009). Ese mismo año, el IPCC compartió el Premio Nobel de la Paz con el ex-vicepresidente de los EEUU de América. Albert Arnold Gore.

En su 28ª sesión, celebrada en Budapest (Hungría) en abril de 2008, el IPCC decidió elaborar un Quinto Informe de Evaluación para entregarlo entre finales de 2013 y 2014 (IIDS, 2011). El Resumen para Responsables Políticos, aparecido a finales del pasado año (2013), ha trabajado ya con un nuevo modelo más depurado de escenarios (Trayectorias de Concentración Representativas, o RCP), y en él se afirma que *“Es probable que, para fines del siglo XXI, la temperatura global en superficie sea superior en 1,5°C a la del período entre 1850 y 1900 para todos los escenarios considerados de trayectorias de concentración representativas, excepto para el RCP 2,6. Es probable que esa temperatura sea superior en 2°C para los escenarios RCP 6,0 y RCP 8,5, y más probable que improbable que sea superior en 2°C para el escenario RCP 4,5. El calentamiento continuará después de 2100 en todos los escenarios RCP, excepto para el RCP 2,6. El calentamiento continuará mostrando una variabilidad entre interanual y decenal, y no será uniforme entre las regiones”* (IPCC, 2013).

A pesar de que recientemente ha habido cierta controversia alrededor del IPCC, este continúa siendo el organismo científico internacional de mayor autoridad y más confiable en lo que se refiere a asuntos sobre el cambio climático. Y siguiendo sus indicaciones cabe resumir diciendo que los principales efectos negativos del cambio climático se resumen en: aumento de la invasión del mar en litorales poblados, incremento de la contaminación de las reservas de agua dulce, aumento en el desplazamiento y extinción de especies animales y vegetales, mayor daño en los ecosistemas, incremento de la alteración de los ciclos y ritmos biológicos de las especies, mayor aridez y desertificación, mayor riesgo de incendios forestales, incremento de la distribución de plagas vegetales y animales, riesgo de epidemias y enfermedades, aumento de riesgos en infraestructuras, cultivos, vidas humanas y bienes materiales, disminución o retroceso de los rendimientos agrícolas en zonas intertropicales y subtropicales, retroceso en la calidad y cantidad de recursos hídricos, etc. (Amestoy, 2010).

En definitiva, la tendencia climática actual es el resultado de una variabilidad climática natural alterada por la emisión de gases con efecto invernadero, cuyo resultado evidente es el aumento de la temperatura de la superficie del planeta (atmósfera y océanos), debido a lo cual se produce una transformación gradual en los ecosistemas. Cabe esperar que las zonas de vegetación y clima se desplacen o bien, en algún caso, desaparezcan por completo; al mismo tiempo irá disminuyendo la diversidad de las especies (biodiversidad) de la fauna y la flora, que en muchos casos carecerán de tiempo o posibilidad para desplazarse. Sin embargo, las consecuencias exactas del cambio climático se presumen sumamente diferentes de una región a otra, de modo que resulta muy difícil hacer pronósticos.

El cambio climático inducido y los procesos de desertificación están estrechamente interrelacionados entre sí y con la pérdida de biodiversidad, el balance morfogénesis-edafoagénesis, etc. Dado que la superficie terrestre desempeña una función importante en el sistema climático, se producen numerosas interacciones entre el cambio en la explotación de la tierra y el clima local, regional y global (Fig. 7).

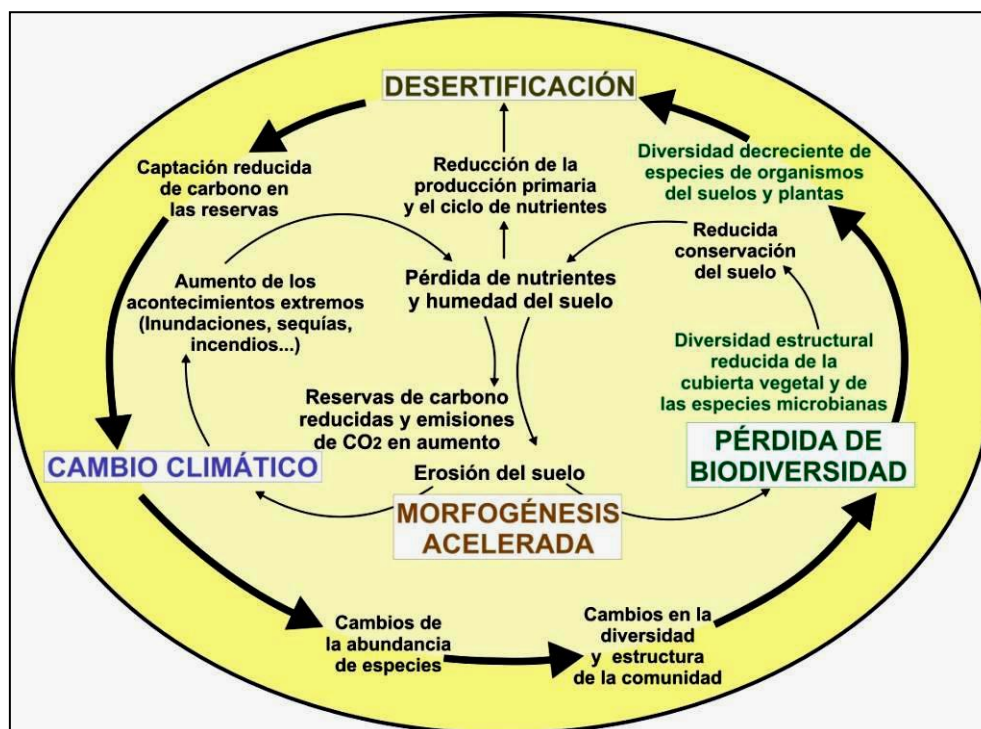


Figura 7. Interrelación y bucle de retroalimentación entre la desertificación, el cambio climático inducido y caída de la biodiversidad, en relación con la pérdida de la capacidad de los ecosistemas para suministrar servicios ambientales. Fuente: Modificado de Adeel *et al.*, 2005 por Borja, 2008.

La desertificación afecta al cambio climático a través de la pérdida de suelo y de vegetación. El clima y el hombre son los dos factores intrínsecos asociados a los procesos de desertificación. Existen efectos de doble sentido entre desertificación y tendencia de cambio climático: el clima incide en los procesos de desertificación y las áreas degradadas contribuyen a exacerbar la incidencia de algunos parámetros en la tendencia de calentamiento. Los procesos de desertificación incluyen importantes mecanismos de desencadenamiento de procesos de degradación, que pueden ser valorados según diferentes parámetros tales como la temperatura, precipitación, erosividad de la lluvia, evapotranspiración, radiaciones, variabilidad climática y sequías. Además de los factores generadores de desertificación, existen otros mecanismos de igual importancia en este proceso, como retroalimentación entre la tendencia de calentamiento climático y los procesos de desertificación. Los mismos se producen en las áreas afectadas por desertificación, y sus efectos sobre determinados parámetros climáticos y algunos sistemas de regulación climática son muy relevantes. Precisamente, estos mecanismos incluyen los cambios de albedo, emisión y secuestro de gases con efecto invernadero, cambios en los balances de las radiaciones, pérdida de la capacidad de proporcionar cobertura de vegetación, emisión de partículas de polvo y aerosoles y, cambios en el régimen de evapotranspiración. La superficie del suelo es la *interface* crítica entre las interacciones desertificación - cambio climático. Siendo el suelo una membrana biológica que cubre la superficie de las tierras emergidas del planeta, recibe e interactúa con la atmósfera y también recibe radiaciones que son modificadas al incidir sobre su superficie. Constituye un emisor y un sumidero de importantes gases y materiales con efecto invernadero tales como vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, elementos traza, aerosoles y partículas de polvo (Rubio, 2007).

Según el mismo autor, *“estas funciones reguladoras de factores con incidencia en el clima se ven afectadas negativamente bajo los impactos de periodos de sequías y muy probablemente bajo la tendencia de aridificación. Una disminución en el potencial del sistema suelo como soporte de funciones de regulación climática conllevaría a procesos de readaptación de la vegetación en su conjunto a las nuevas circunstancias, con disminución de la cobertura vegetal y también con pérdida de biodiversidad”*.

Así pues, en las zonas sometidas a desertificación, el suelo progresivamente pierde su capacidad de soporte de la producción de biomasa y también paulatinamente pierde sus funciones ecológicas incluyendo la regulación de gases con efecto invernadero o la regulación de parte del ciclo hidrológico. Los suelos de las tierras secas contienen más de un cuarto de todos los depósitos de carbono orgánico del mundo así como casi todo el carbono inorgánico. La desertificación libre de obstáculos puede liberar a la atmósfera global una importante fracción de este carbono, con consecuencias de retroalimentación significativas para el sistema climático global. Se estima que 300 millones de toneladas de carbono, (cerca del 4% de las emisiones globales totales provenientes de todas las fuentes combinadas), se dispersan cada año en la atmósfera, provenientes de las tierras secas como resultado de la desertificación (WRI, 2005).

La disminución en materia orgánica del suelo puede incrementar la vulnerabilidad del suelo a la erosión, a los procesos de encostramiento y compactaciones y a otros procesos degradativos. *“Se espera que en virtud del calentamiento global siga aumentando el número de fenómenos meteorológicos extremos, tales como sequías y lluvias intensas, los cuales tendrán un drástico efecto en suelos ya debilitados. A su vez, esta tendencia empeorará la desertificación y aumentará la prevalencia de la pobreza, la migración forzada y la vulnerabilidad ante los conflictos en las zonas afectadas”* (Ban Ki-moon, 2007). Por el contrario, los esfuerzos concertados de lucha contra la desertificación -mediante la recuperación de las tierras degradadas, la lucha contra la pérdida de suelos y el restablecimiento de la vegetación -, podrían ayudar a contener las emisiones de gases de efecto invernadero, fortalecer la resistencia de los países afectados y aumentar su capacidad de adaptación al cambio climático.

Además de la estrecha relación de los procesos de desertificación con el cambio climático, este fenómeno también está íntimamente relacionado con el cambio global, dado que puede entenderse como una de las maneras en que éste se manifiesta, como asimismo lo son el cambio climático inducido, la morfogénesis acelerada o la pérdida de biodiversidad, según Borja (2009) en el análisis de las dimensiones y problemáticas medioambientales del cambio global.

2.2.6.2. Cambio global y desertificación

Duarte (2006) entiende el *cambio global* como el conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a los que inciden en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra. Al margen de lo que hoy conocemos como catástrofes naturales, nuestro planeta, a lo largo de su historia, ha experimentado cambios sustanciales como consecuencia de la propia dinámica astronómica. Pero, salvo excepciones, estas transformaciones se han desarrollado habitualmente en períodos de tiempo que ha posibilitado los procesos de adaptación y supervivencia de especies y ecosistemas. Sin embargo, lo novedoso de los cambios planetarios que se están produciendo en la actualidad, es que, primero, tienen a la especie humana como principal causa y, en segundo término, que se están desarrollando a un ritmo tal que los tiempos de reacción se acortan bastante, con las consiguientes dificultades para la deseable adaptación de los sistemas naturales y humanos (Ozcáriz *et al.*, 2008).

En tal sentido, el Cambio Global se refiere a todas aquellas transformaciones de gran escala que tienen repercusiones significativas sobre el funcionamiento del sistema planetario, ya sea afectando los componentes biofísicos (agua, aire, suelos, biodiversidad), alterando el comportamiento de las comunidades y ecosistemas y/o generando efectos en los sistemas socioeconómicos. Dichas transformaciones se caracterizan por ser de naturaleza multivariada y no-lineal en sus orígenes y en sus impactos, tener mecanismos de retroalimentación y expresar comportamientos sinérgicos que dificultan su predicción mediante análisis no sistémicos. La interacción de los propios sistemas biofísicos entre sí y entre éstos y los sistemas sociales, para amplificar o atenuar sus efectos, es una característica esencial del cambio global que dificulta la predicción de su evolución. De esta manera, bajo el impacto de la *antropización*, el funcionamiento del sistema natural terrestre conduce a la aparición explícita de una serie de problemáticas medioambientales íntimamente interrelacionadas entre sí, cuya expresión combinada a escala planetaria se conoce como Cambio Global. Citando a Borja (2009), desde esta perspectiva integral, el cambio climático inducido, la desertificación, la pérdida de biodiversidad y morfogénesis acelerada, constituirían los

principales componentes de la *dimensión biofísica* del Cambio Global, siendo además consecuencias del mismo. Pero a ello hay que añadir los aspectos identificados en la *dimensión socioeconómica* del Cambio Global (incremento en el consumo de la producción primaria neta, crecimiento poblacional, desarrollo económico...), los cuales se manifiestan, desde la perspectiva estrictamente medioambiental, en problemas relacionados, entre otros, con la pobreza, la salud pública o el bienestar social. Y también habría unir, asimismo, otro conjunto de hechos igualmente integrantes del cambio global, los cuales conforman su *dimensión cultural*, donde se incluyen aquellos problemas y desajustes relacionados con una globalización entendida exclusivamente desde su enfoque económico, tales como el deterioro identitario, la pérdida del banco de saberes o el déficit de gobernanza, derechos y libertades, etc. (Fig. 8)

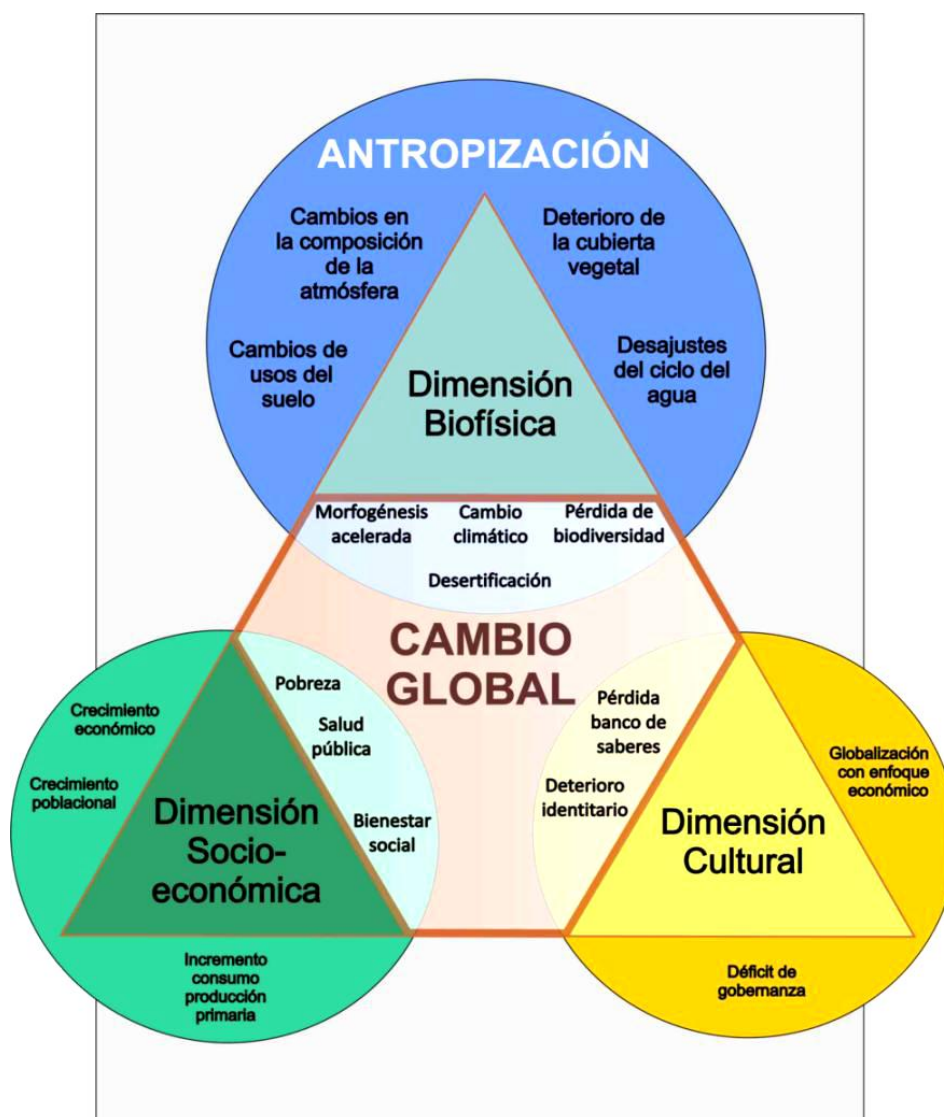


Figura 8. Dimensiones y manifestaciones medioambientales del cambio global entendido como la resultante a escala planetaria del proceso histórico de antropización. Fuente: Borja, 2009.

Según González y Montes (IPADE, 2011), si bien el carácter dinámico y cambiante del mundo biofísico ha sido una constante a lo largo de toda la historia de la humanidad, el patrón actual de cambio global no tiene precedentes y exhibe características que lo hacen esencialmente diferente:

- ✓ Los cambios actuales se caracterizan por ser extremadamente rápidos, intensos y globalizantes.
- ✓ El impacto de las actividades humanas se deja sentir a todas las escalas, y en prácticamente todos los sistemas naturales del planeta.
- ✓ Las tasas de cambio van mucho más rápidas que nuestra capacidad de adaptarnos, sin tiempo para una verdadera co-evolución entre los sistemas sociales y naturales.
- ✓ La incertidumbre y la impredecibilidad acompañan a todos los actuales patrones de cambio.

El crecimiento de la población humana es, sin duda, un componente fundamental de la creciente influencia de nuestra especie sobre los procesos que regulan el funcionamiento de la biosfera, constituyendo una de las variables fundamentales del Cambio Global y, simultáneamente, uno de los vectores que modulan el funcionamiento de nuestra sociedad. Desde este punto de vista, el consumo (como eje del estilo de vida de una gran parte de la sociedad actual) adquiere un papel clave en el debate de la sostenibilidad y la viabilidad de un modelo de uso de los recursos naturales que ignora radicalmente los límites biofísicos de los territorios concretos y del planeta en su conjunto. Contrastado con nuestro modelo energético basado en el carbono, nuestro sistema económico establecido sobre el productivismo a ultranza, el estilo de vida consumista es un fenómeno complejo en el que interactúan los imaginarios y las percepciones sociales, las dinámicas culturales y educativas, las políticas de incentivos económicos, las experiencias emergentes de la sociedad civil, los impactos ambientales o la equidad social (CCEIM, 2012).

Según Jiménez Herrero (1999), los fenómenos críticos de alcance global no solamente se refieren a la alteración de ciertos procesos básicos del equilibrio terrestre (cambio climático, agujero de la capa de ozono, pérdida de biodiversidad, etc.) sino que

también deben incluir ciertos fenómenos básicos para el equilibrio social, como es la tensa brecha Norte-Sur y la pobreza mundial que alcanza a todos, en primer lugar, obviamente, a los propios pobres, pero también a los ricos. Porque cuando un fenómeno es global al final afecta a todo el mundo, independientemente de dónde y cómo se haya producido. A pesar de los innegables progresos sociales de la civilización industrial-tecnológica, tanto desde la perspectiva de los sistemas ecológicos, como de los sistemas humanos, en los albores del siglo veintiuno se aprecian señales de decadencia y de superación de los umbrales críticos de estabilidad dinámica del conjunto planetario. Junto a ello, lógicamente, aparecen señales de alarma y propuestas de reorientación y control de los procesos socioeconómicos para una mejor gobernabilidad del planeta.

2.3. CONCEPTO Y ALCANCE DE LA DESERTIFICACIÓN

2.3.1. Definición de la desertificación. Una propuesta actual

Tal y como ya se había dicho, en virtud del Artículo 1º de la *Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África* (París, 1994), se define la desertificación como ***“la degradación de las tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas”***. Esta definición se fundamenta en una concepción del hecho entendido como un proceso integral que tiene su origen en complejas interacciones de factores físicos, biológicos, políticos, sociales, culturales y económicos. La desertificación no es un problema aislado, pues, sino que está plenamente relacionado con el cambio climático, la evolución de la biodiversidad y los recursos naturales. Los vínculos entre estos aspectos y los factores socioeconómicos en su conjunto son cruciales, pues la desertificación puede considerarse como un síntoma de ruptura del equilibrio entre el sistema natural y el sistema socioeconómico que los explota. En este mismo contexto, se entiende por “degradación de la tierra” la reducción o pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo bajo riego o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas, y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un

proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas tales como la erosión del suelo, causada por el viento y el agua; el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o de los resultados económicos obtenidos del uso del suelo; y a pérdida duradera de vegetación natural. Por su parte, se considera que las "zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas" son aquellos ámbitos en los que la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0,05 y 0,65, excluidas las regiones polares y subpolares (Fig. 9).

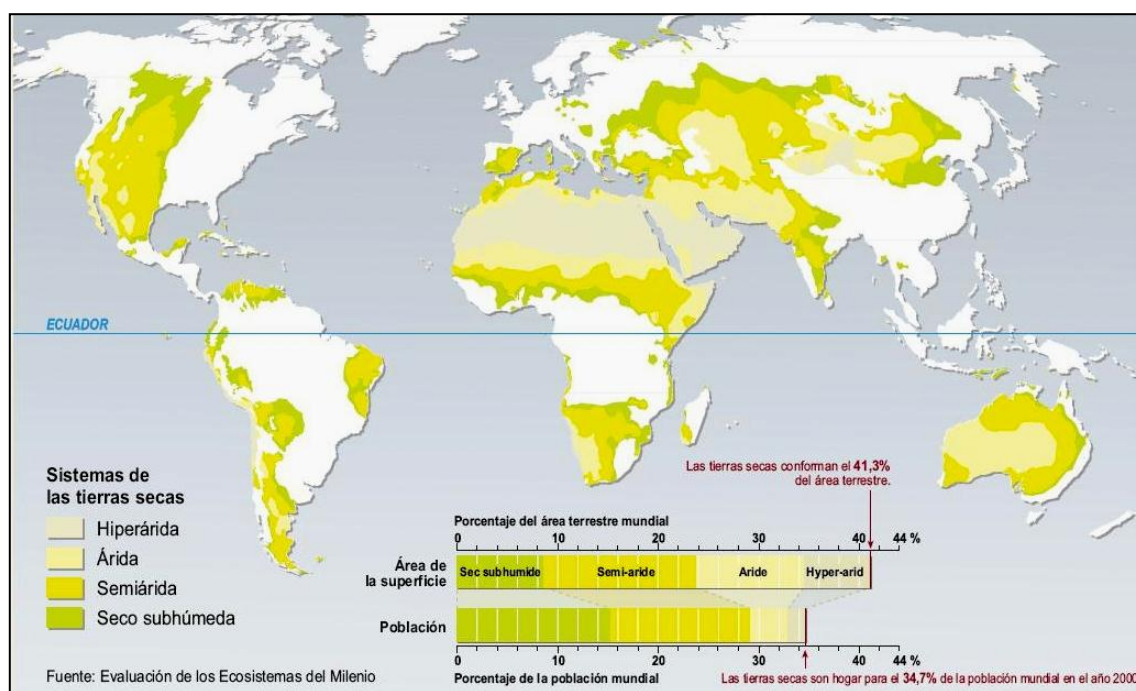


Figura 9. Tierras Secas Actuales y sus Categorías. (La definición abarca todas las tierras donde el clima se clasifica como seco subhúmedo, semiárido, árido o hiperárido. Esta clasificación se basa en los valores del índice de aridez). Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.

Tal y como ha sido definida, pues, a desertificación solamente puede ocurrir en las tierras vulnerables a los procesos de desertificación. La vulnerabilidad de un suelo ante este fenómeno depende del clima actual, del relieve, del estado del suelo y de la vegetación natural. El clima es un factor determinante en los fenómenos de erosión. La topografía interviene fundamentalmente como un agravante de la erosión hídrica. El estado del suelo es un factor preponderante en las zonas subhúmedas donde los aspectos climáticos tienen menos influencia, y desempeña un papel clave en lo que respecta a la vulnerabilidad a los procesos de desertificación causados por la actividad humana. Lo mismo puede afirmarse en lo que atañe al estado de la vegetación natural, el cual

depende de los factores climáticos, edafológicos y, muchas veces, del manejo humano (Fig. 10).

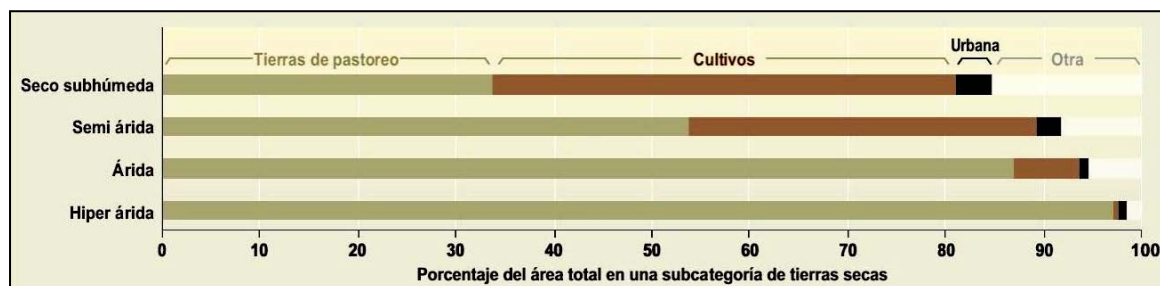


Figura 10. Uso del suelo en las Tierras Secas.
Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.

La desertificación es uno de los problemas ambientales más apremiantes a los que se enfrentan las diferentes sociedades del planeta, siendo a la vez una crisis climática, una crisis ecológica y una crisis socioeconómica que desencadena nuevos mecanismos de degradación ambiental que dificulta, e incluso impide, la conservación de la base de recursos naturales imprescindibles para el desarrollo sostenible (López Bermúdez, 2002b).

Se trata de un complejo fenómeno que sucede porque los ecosistemas de las tierras áridas son extremadamente vulnerables a la sobreexplotación y a un uso inapropiado de la tierra. Según los datos de la Segunda Conferencia Internacional sobre Clima, Sostenibilidad y Desarrollo en Regiones Semiáridas (ICID, 2010), cada año se pierden 12 millones de hectáreas de tierra, dejándose de producir 20 millones de toneladas de grano, un equivalente a 42 mil millones dólares en ingresos. Si se analizan todas las formas agudas de degradación de los ecosistemas y la disminución de sus servicios, se llega a la indiscutible conclusión de que las actividades humanas son el principal motivo principal de la desertificación en zonas vulnerables. Estas acciones pueden ser muy distintas y varían según el país, el tipo de sociedad, las estrategias de aprovechamiento de la tierra y de utilización del espacio y las tecnologías empleadas.

El esquema recogido en la Figura 11 muestra los posibles itinerarios del desarrollo en este tipo de ambientes vulnerables en respuesta a los factores humanos claves. El lado izquierdo de la imagen presenta el camino habitual que conduce a la reducción del

bienestar humano, mientras que el lado derecho muestra los aspectos que pueden remediar esta situación. En el último caso, los usuarios de la tierra responden a las presiones a través de mejoras en sus prácticas agrícolas, la cual, de no producirse puede ser la vía de entrada en el circuito de la pobreza, la migración y el deterioro del bienestar humano.

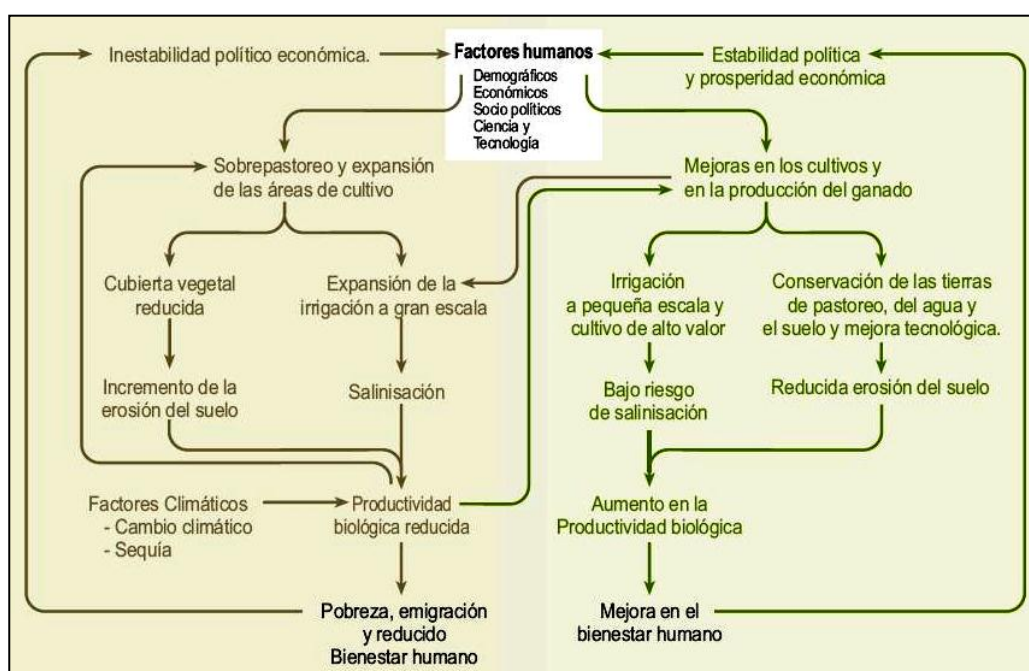


Figura 11. Descripción esquemática de los caminos de desarrollo en las Tierras Secas.
Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.

2.3.2. Factores y procesos de la desertificación

El clima y el ser humano son los factores principales del fenómeno de la desertificación, proceso que afecta negativamente a zonas con recursos naturales limitados en cuanto a suelo, agua y vegetación, el cual produce una progresiva pérdida de productividad biológica y/o económica de las tierras. En sus últimas consecuencias, la desertificación conduce a la destrucción de todo el potencial biosférico de la zona afectada, convirtiéndola en un territorio improductivo con el resultado final de la migración y la pobreza de las poblaciones involucradas. Por eso, para muchos de los países afectados, en su mayoría pertenecientes al ámbito más pobre del tercer mundo, el suelo desprovisto de capacidades productivas se convierte en un factor fatal desde el punto de vista de la seguridad alimentaria y supervivencia.

Cada ámbito de la superficie terrestre, con independencia de las limitaciones introducidas por los procesos climáticos y edáficos, genera mecanismos de adaptación y estados de equilibrio de referencia bajo los que es posible un uso sostenible de los servicios que brinda el medio natural. El problema surge precisamente cuando se rompe ese equilibrio, cuando, de alguna manera, se sobrepasan los límites del funcionamiento propio de los ecosistemas, cuando se superan, en fin, las capacidades del sistema natural, ya sea vía presión antrópica o debido al impacto de rápidos cambios climático como el que se está dando en las últimas décadas. La desertificación se produce, en efecto, como resultado de un desequilibrio a largo plazo entre la demanda de servicios de los ecosistemas por parte del hombre y lo que los ecosistemas pueden proporcionar sin pasar a un estado no deseado. Como ya se indicó, los servicios de los ecosistemas son los beneficios que el ser humano obtiene de la naturaleza de manera sostenible. En la actualidad, existe una presión creciente sobre los ecosistemas de las tierras secas, en especial en lo que se refiere al suministro de servicios como la alimentación, el forraje, el combustible, los materiales de construcción y el agua. Tal incremento se atribuye a una combinación de factores humanos y climáticos. Concretamente, las diversas formas de degradación ecológica y perturbación socioeconómica que caracterizan a los procesos de desertificación se relacionan con diversas combinaciones de los siguientes factores:

- las condiciones climáticas adversas, en particular las sequías recurrentes graves;
- la inherente fragilidad ecológica del sistema de recursos de las tierras secas (el modelo de uso del suelo);
- la explotación humana que sobrecarga la capacidad natural del ecosistema y que propicia el descuido y abandono de la tierra y la migración de los pobladores (la presión demográfica)

A nivel general, en el origen de la desertificación se distinguen dos tipos de procesos, primarios y secundarios. Entre los primeros se cuentan la degradación de la cubierta vegetal, la erosión hídrica, la erosión eólica y la salinización, y se consideran tales porque sus efectos son amplios y tienen un impacto muy significativo sobre la producción de la tierra. Los procesos secundarios, como la reducción de la materia orgánica del suelo, su encostramiento y compactación, o la acumulación de sustancias tóxicas para las

plantas o los animales, son en su mayoría procesos indirectos y/o se presentan como consecuencia de los procesos mencionados en primer lugar. En concreto, los efectos de cada uno de ellos serían los siguientes (López Bermúdez, 2006):

Procesos Primarios de la desertificación:

1. Degradación de la cubierta vegetal. Esto se refiere a la deforestación derivada de la eliminación de la cubierta vegetal ocasionada por la tala, los incendios, la lluvia ácida, etc.
2. Erosión hídrica. Es el proceso de remoción del suelo, principalmente la capa arable del mismo, por la acción del agua, el proceso de erosión hídrica se acelera cuando el ecosistema es perturbado por actividades humanas, tales como la deforestación y/o el cambio de uso del suelo (explotación agrícola, pecuaria, forestal, vías de comunicación, asentamientos humanos).
3. Erosión eólica. Se define como el desprendimiento o remoción de la cubierta de suelo y arrastre de las partículas del mismo, ocasionados por el viento. Este tipo de erosión en las zonas áridas y semiáridas es generado por el sobrepastoreo que destruye o altera a la vegetación natural, la tala indiscriminada y las prácticas agrícolas inadecuadas.
4. Salinización. Es el deterioro de los suelos ocasionado por el aumento de la concentración sales solubles que reduce su capacidad productiva, generalmente se da cuando existe un desbalance hídrico y salino que favorece la concentración de las sales. Esto reduce de una manera muy importante el desarrollo vegetal.

Procesos secundarios de la desertificación:

1. Reducción de la materia orgánica del suelo. Se genera cuando la cubierta vegetal, que provee los nutrientes orgánicos al suelo, es removida por acción humana, o de otra índole.
2. Encostramiento y compactación del suelo. Estos procesos ocurren como consecuencia de los procesos primarios: escasez de materia orgánica, uso intensivo de maquinaria agrícola o sobrepastoreo.

3. Acumulación de sustancias tóxicas. El envenenamiento del suelo con frecuencia es generado por un uso excesivo de abonos y fertilizantes así como de métodos químicos de control de plagas (pesticidas y plaguicidas).

En general, la desertificación se evalúa en base a tres criterios: estado actual, velocidad y riesgo; y para cada uno de estos criterios se consideran cuatro modalidades: ligera, moderada, severa y muy severa.

2.3.3. Consecuencias de la desertificación

Los efectos de la desertificación pueden ser devastadores, hasta el punto de convertirse en una amenaza constante para la supervivencia de millones de personas. La desertificación reduce la resistencia de la tierra a las variaciones climáticas naturales, perturba el ciclo natural del agua y los nutrientes, intensifica la fuerza del viento y de los incendios, hace que los efectos de las tormentas de polvo y la sedimentación de las masas de agua se hagan sentir a miles de kilómetros del lugar donde se originaron los problemas (FIDA, 2010). El suelo, la vegetación, los suministros de agua dulce, y otros recursos de las tierras secas en general son resistentes, es decir que pueden recuperarse después de sufrir perturbaciones climáticas como la sequía y efectos provocados por el hombre, como el pastoreo excesivo. Sin embargo, cuando las tierras se degradan, esta capacidad de recuperación se reduce sustancialmente, desencadenando repercusiones negativas tanto físicas como socioeconómicas. La desertificación es, lógicamente, una amenaza para la diversidad biológica, pero también causa episodios de hambruna prolongados en países ya empobrecidos que no pueden soportar un nivel elevado de pérdidas agrícolas. Con frecuencia, las personas pobres de las zonas rurales que dependen de la tierra para sobrevivir se enfrentan al dilema de emigrar o pasar hambre. De ahí que la producción de alimentos sea un efecto consustancial de la desertificación. Al ver agotados sus fuentes de existencia, la población emigra con frecuencia a otras zonas, a las ciudades y al extranjero, debido a que, por lo general, no existen medidas que fomenten modos de vida alternativos. La formación de grandes manchas suburbanas de desplazados del campo, o de campamentos de refugiados en las fronteras de muchos países, producen una enorme presión social en una gran parte del mundo, pues muchas de las personas

más pobres del mundo son las que sufren, de forma más directa, los efectos de la desertificación. Más de 1.500 millones de personas en todo el mundo dependen de tierras degradadas y el 74% de éstas son pobres. A día de hoy, 169 de los 194 países que integran la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD) han declarado estar afectados por la desertificación.

Cuando desaparece la cubierta vegetal, los suelos se agrietan y se aceleran los efectos erosivos del agua y el viento. La irrigación no suele ser la alternativa adecuada, ya que, a menudo, conduce a un aumento de la salinidad. Por tanto, la pérdida de la cubierta vegetal es al mismo tiempo causa y efecto de la degradación de la tierra. El pisoteo del ganado, por su parte, contribuye a la compactación del terreno, incrementando indirectamente los niveles de escorrentía y las tasas de evaporación superficial del agua.

Según López Bermúdez (2006), las consecuencias de la desertificación, dependen, en términos generales, de cuatro factores que varían según las distintas regiones:

1. Extensión e intensidad de la degradación
2. Condiciones climáticas (especialmente termo- pluviometría)
3. Situación económica de las poblaciones afectadas
4. Nivel de desarrollo del país en cuestión

Cuanto más subdesarrollado sea el país y más pobre su población, más graves serán las consecuencias de los efectos de la desertificación que pueden llegar incluso a hipotecar el futuro del país. Cuanto más difíciles sean las condiciones naturales, especialmente las climáticas, más crítica será la situación (FAO, 1993). Como resultado, las personas reaccionan a la desertificación explotando cada vez más las tierras de baja productividad agrícola o transformando los pastos en tierras de cultivo. Esta transformación en tierras de cultivo de lo que queda de pastos y tierras secas arboladas, así como el empleo de métodos de cultivo insostenibles, además de sobrepastoreo, incrementa la presión sobre el ecosistema, provocando erosión del suelo y reducción de la fertilidad de la tierra y, por lo tanto, aumenta de manera progresiva el riesgo de desertificación.

Analizando las causas y los efectos, la desertificación puede verse como una ruptura del frágil equilibrio que permitió el desarrollo de la fauna, de la flora y del ser humano en las zonas áridas, semiáridas y secas subhúmedas. Esta ruptura del equilibrio y de los procesos físicos, químicos y biológicos que lo mantenían en vigor, desencadena una serie de procesos autodestructivos en los que intervienen todos los elementos que antes favorecían los procesos vitales.

Así pues, la vulnerabilidad de los suelos a la erosión eólica e hídrica, la reducción del nivel de las capas freáticas, la menor regeneración natural de las plantas herbáceas y leñosas y el empobrecimiento químico de los suelos son las consecuencias inmediatas de la desertificación y, al mismo tiempo, las causas del empeoramiento de este fenómeno, haciendo de él, un proceso que se autoalimenta. De esta manera, las consecuencias de la desertificación son extremadamente graves para los países pobres, sus víctimas se convierten en refugiados, desplazados internos y emigrados forzosos; sino, desembocan en radicalismos, extremismo o guerras por los recursos naturales para la supervivencia; o sea, sólo les queda huir o luchar (UNCCD, 2014).

2.3.4. Degradación del suelo y erosión

La degradación del suelo constituye el más importante proceso de la desertificación, siendo el resultado de factores multivariantes, físicos y antrópicos, que contribuyen a la disminución y pérdida de su productividad, además de inducir a ecosistemas pobres, frágiles y vulnerables a los fenómenos atmosféricos y actividades humanas (López Bermúdez, 1994). A este respecto suelen distinguirse dos grandes categorías según la FAO (1980):

- a) Erosión y remoción del suelo por agua y viento;
- b) Pérdida de fertilidad a causa de alteraciones o cambios físicos, químicos o biológicos.

Los procesos de degradación de suelos se inician, generalmente, con una disminución de su fertilidad debido al arrastre de la materia orgánica o a la falta de acumulación de la misma. Este proceso es prácticamente irreversible cuando alcanza

niveles extremos, por eso conocer la tolerancia de un suelo a tales pérdidas resulta primordial para definir los efectos que puede llegar a producir la erosión en un futuro más o menos inmediato. No obstante, la definición del concepto de *tolerancia de pérdida de suelo* resulta, en términos prácticos, bastante compleja, y de hecho en el tiempo ha sido variable, pasando por enfoques soportados en la fertilidad de suelos; en su profundidad; o en consideraciones económicas. La principal dificultad que emerge de esta cuestión es la acotación del máximo nivel de erosión permisible, el cual, a su vez, está condicionado por la tasa de formación del suelo. Aún así, en términos generales, podría adoptarse la definición dada por Wischmeier y Smith (1978), quien sostiene que equivale al *“máximo nivel de erosión del suelo que permite un elevado nivel de productividad del cultivo, sostenible económica e indefinidamente”*. En términos parecidos se manifiesta la FAO (1967), para la cual, la tolerancia a la pérdida de suelo es la cantidad de tierra que, expresada en toneladas por unidad de superficie y año, puede perder un perfil edáfico manteniendo su nivel de productividad actual durante un largo periodo de años. Este concepto refleja, pues, la máxima pérdida de suelo admisible con un grado de conservación tal que mantenga una producción económica similar, con los medios técnicos disponibles en la actualidad.

Para poder garantizar que la tierra sea utilizada de tal forma que pueda producir indefinidamente se necesita mantener el equilibrio entre la tasa de pérdida y la tasa de formación de suelo. Según Hudson (2006) citando a Bennett (1939), *“Esta última no puede medirse con precisión, pero las estimaciones más acertadas de los edafólogos indican que bajo condiciones no alteradas son necesarios del orden de 300 años para producir 25 mm de suelo, pero si las alteraciones, la aireación y la lixiviación son muy rápidas por efecto del arado, se necesitan aproximadamente 30 años”*, es decir cerca de 0,8 mm/año (12,5 T/ha/año), lo que se considera como condiciones ideales para manejo del suelo. Según otros enfoques, bajo condiciones naturales, la tasa de formación podría ser de una pulgada en un rango que oscila entre 300 y 1.000 años (Pimentel, 1976); bajo prácticas agrícolas normales, la tasa de formación puede ser de 25 milímetros en 100 años (0,25 mm/año). Por su parte, Morgan (1986) considera que una tasa de formación adecuada para un suelo agrícolamente productivo, es del orden de 0,1 mm/año, equivalente a 1 T/ha/año. Generalmente, se ha venido admitiendo que una pérdida de

12,5 T/ha/año, es el máximo aceptable para suelos bastante profundos, permeables y bien drenados. Pérdidas de 2 a 4 T/ha/año han sido también consideradas como asumibles para suelos de escasa profundidad. Naturalmente, la pérdida aceptable del suelo varía entre distintas regiones del mundo, dependiendo de las condiciones del mismo, de la topografía, lluvia, intensidad del viento y el tipo de prácticas agrícolas que se utilicen.

A nivel global, las tasas anuales de erosión para terrenos agrícolas son de 20 a 100 veces de la tasa de renovación natural, y se estima que en todo el mundo hay 3.600 millones de hectáreas de suelo que han dejado de producir. Por ejemplo, los niveles más altos de erosión se tienen en Asia, África y Suramérica, con valores promedios entre 30 y 40 T/ha/año, entretanto el suelo en España es capaz de regenerar entre 1 y 5 toneladas por hectárea y año, mientras que su pérdida alcanza las 23 toneladas. “Perdemos, por tanto, diez veces más de lo que la naturaleza recupera” (López Bermúdez, 2008). Por eso, la intensidad y velocidad de estos procesos es alarmante, poniendo en evidencia la urgente necesidad de realizar evaluaciones de la capacidad de uso, de la pérdida de suelo y de la tolerancia a esas pérdidas, ya que existe una gran diferencia entre la tasa de formación y de pérdida del suelo. Según Moreira (1991), citado por López Bermúdez, *“resulta evidente que, para saber cómo empezar con una política de aprovechamiento del suelo, y poner en marcha programas de conservación del recurso, parece indiscutible disponer de Información”*. Para contar con esta información, es indispensable conocer qué clases de suelos existen, dónde están ubicados, cuáles son sus posibilidades y limitaciones para diversos usos, como se manejan y como evolucionarían en el futuro bajo los sistemas de uso actual, y si necesitan algún tratamiento de restauración y conservación. Como expresa este último autor (2008), la erosión del suelo y la desertificación están consideradas actualmente como dos de los problemas medioambientales más apremiantes de nuestra sociedad, especialmente en las regiones áridas y semiáridas. *“La erosión y desertificación son problemas sociales y económicos; somos deudores de la tierra y lo que le ocurra a la tierra le ocurrirá a sus habitantes”*; insistiendo en que la erosión ha existido siempre pero en la actualidad se ha agudizado, porque la tasa de pérdida de suelo provocada por el hombre, es muy superior a la capacidad de la tierra para responder a esa pérdida. Precisamente, esta erosión del suelo

es, junto a la explotación de las aguas subterráneas, los incendios y la salinización, la principal causa de la desertificación. Éste es, así pues, un fenómeno provocado por la variabilidad climática y las conductas humanas irresponsables que conllevan una pérdida de productividad de los ecosistemas y del valor del suelo. Además, desertificación y cambio climático se encuentran íntimamente relacionados. Un incremento de la aridez del suelo causada por la desaparición de la cubierta vegetal y la capacidad de absorción de CO₂ conlleva una mayor variabilidad de temperaturas y precipitaciones y, en definitiva, una alteración del clima.

2.4. INDICADORES DE LA DESERTIFICACIÓN

2.4.1. Desertificación. Un problema complejo de evaluar

La desertificación es un complejo problema de naturaleza sistémica, un problema medioambiental que afecta la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas de las zonas áridas, abarcando las múltiples relaciones existentes entre factores biofísicos, socioeconómicos, políticos e institucionales (Abraham y Beekman, 2006). Para López Bermúdez (2006) es un conjunto de procesos implicados en el empobrecimiento y degradación de los ecosistemas terrestres de las regiones áridas por acciones humanas; una patología surgida de la ruptura del equilibrio entre el sistema de producción de los ecosistemas naturales y el sistema de explotación humano. Todo ello conduce a una pérdida significativa de capital ecológico y social, lo que provoca importantes impactos en la sociedad y su economía, tanto a nivel global, nacional o local. Los primeros síntomas de la degradación de los ecosistemas se relacionan con el declinar de las funciones ambientales que cumplen. Evaluar estos cambios, así como dimensionar los impactos de estas disfunciones en la actividad humana son tareas extremadamente difíciles, ya que muchos de los cambios no pueden medirse con métodos cuantitativos, por lo que es necesario desarrollar enfoques cualitativos que describan la intensidad o la gravedad de tales fenómenos y la amenaza que representan para la integridad de los sistemas naturales y humanos. La percepción de la desertificación varía mucho según el grado de desarrollo y del nivel de conocimiento científico, cultural, económico y social de las poblaciones afectadas (López Bermúdez y Barberá, 2000).

Citando a este mismo autor, hay que señalar que la desertificación que registran parte de las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas no es un proceso actual, sino un fenómeno secular del mal o deficiente uso y gestión de los recursos naturales básicos (suelo, agua y vegetación) llevados a cabo por el ser humano; por ello, es muy importante diferenciar la desertificación heredada, considerada como difícilmente reversible, de la desertificación activa, para recuperar los ecosistemas que no hayan rebosado el umbral de la irreversibilidad, para prever, mitigar, eliminar los agentes que la ocasionan, y en definitiva, para establecer indicadores de alerta y poder aplicar políticas y estrategias de lucha contra el proceso de degradación. De cualquier forma, la identificación de los factores de degradación o desertificación es una acción apremiante, ya que aun cuando el medio no muestre señales de deterioro, los indicadores de seguimiento de los factores implicados, pueden permitir un diagnóstico precoz de los problemas y promover una rápida y económica corrección de estos. El establecimiento de las *áreas sensibles o vulnerables* a través de estos indicadores determinará la fragilidad de los territorios y su potencialidad a sufrir este fenómeno (Rodríguez Surian *et al.*, 2008).

La conjunción del diagnóstico de las áreas de desertificación heredada, áreas de desertificación actual y áreas sensibles, determinará el riesgo de desertificación (Fig. 12).

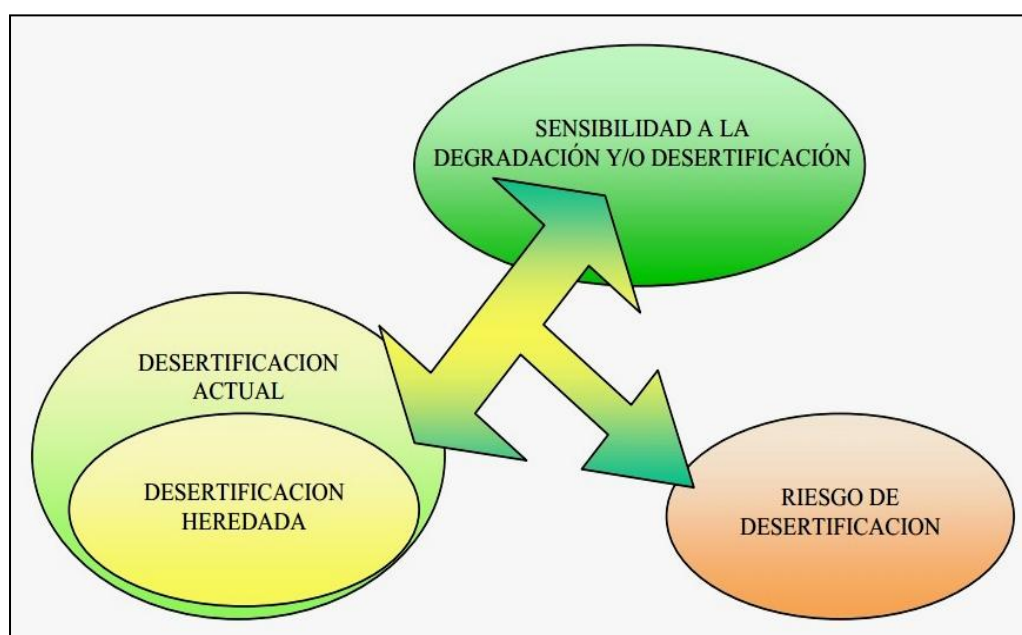


Figura 12. Esquema conceptual de la definición de Riesgo de Desertificación.

Fuente: Rodríguez Surian *et al.*, 2008.

Por esta razón, es importante que la degradación de la tierra sea enfrentada en forma global y multidisciplinaria para establecer nexos entre las fuerzas que lo generan, las causas (presiones) y el estado de la degradación de la tierra y su impacto sobre la población y el ambiente. La cuantificación del deterioro ambiental y la valoración de su impacto, junto con el análisis de factores socioeconómicos como causa y consecuencia de la degradación, son elementos claves para la adecuada toma de decisiones en política ambiental sectorial, nacional, regional así como mundial. Para consolidar modelos integrales y dinámicos de estimación de la desertificación que posibiliten caracterizar, monitorear y comparar los procesos de la desertificación en todas estas esferas, sin duda alguna los indicadores constituyen una de las herramientas indispensables para el logro de estas acciones.

2.4.2. Indicadores. Conceptos y criterios

El diccionario de la Real Academia Española define la palabra *indicador* como aquello que indica o sirve para indicar. También señala que la palabra indicar nos permite mostrar o significar una cosa con indicios y señales. Es decir, los indicadores permiten advertir, a partir de un fenómeno, la presencia de hechos aún no percibidos. Es desde esa perspectiva desde la que se conciben los indicadores como instrumentos que permiten *ver* pero también *prever*; conocer, pero, a la vez, inferir las consecuencias de ese conocimiento. No existe una definición oficial por parte de algún organismo nacional o internacional para indicadores, sólo algunas referencias que los describen como: "Herramientas para clarificar y definir, de forma más precisa, objetivos e impactos [...] son medidas verificables de cambio o resultado [...] diseñadas para contar con un estándar contra el cual evaluar, estimar o demostrar el progreso [...] con respecto a metas establecidas, facilitan el reparto de insumos, produciendo [...] productos y alcanzando objetivos" (ONU, 1999).

Por ejemplo, la Agencia Europea de Medio Ambiente define un indicador como "un parámetro o valor sacado de parámetros, que proporciona información sobre un fenómeno. Los indicadores son información cuantificada que ayuda a explicar cómo cambian las cosas en el tiempo y cómo varían espacialmente. Los indicadores

generalmente simplifican la realidad para hacer cuantificables los fenómenos complejos, de modo que la información pueda ser comunicada".

Las funciones principales de los indicadores son la simplificación, la cuantificación, la comunicación y la ordenación, exigiéndoles que puedan integrar y relacionar información y permitir la comparación de diferentes regiones y de diferentes aspectos. En general, lo más significativo de los indicadores es que:

- ✓ Proporcionan información sobre el sistema o proceso que se considera de un modo comprensible y constituyen, por lo tanto, un canal de comunicación.
- ✓ Evalúan el efecto de las acciones y planes políticos ejecutados y ayudan a desarrollar acciones nuevas y efectivas.
- ✓ Ayudan a traducir la necesidad de información en datos que tienen que ser recogidos y a traducir los datos recogidos en información política relevante.

Los indicadores deben no sólo ayudar a reflejar una idea compleja sino también a comunicarla. Se utilizan para observar, describir y evaluar situaciones reales, para formular situaciones deseadas o para comparar una situación real con una situación hipotética. Desde el punto de vista formal, los indicadores pueden ser descriptivos o normativos; pueden identificar información cuantitativa o cualitativa, y pueden ser o no aplicables a dimensiones espaciales y temporales variables. El criterio fundamental para un indicador es que debe instruir a su usuario y proporcionarle un sentido al tema que esté examinando (ONU/WWAP, 2003).

Para establecer indicadores, los criterios tienen que ser absolutamente claros. Según Yasuda y Murase (citados en WWAP, 2003), que propusieron un conjunto de seis criterios, los mismos son los siguientes:

- ✓ Relevancia: el valor numérico de un indicador debe representar directamente el grado de "lo que debe medirse".
- ✓ Claridad: las medidas con un indicador deben excluir la ambigüedad y la arbitrariedad.
- ✓ Coste: el coste de la evaluación con un indicador debe ser asequiblemente bajo.

- ✓ Continuidad: debe respetarse la disponibilidad de datos coherentes, tanto de alcance histórico como de alcance regional.
- ✓ Facilidad de comprensión: los usuarios deben comprender de forma fácil (o intuitiva) la definición (o expresión) de un indicador.
- ✓ Beneficio social: el beneficio social neto que proporciona un indicador, al ser aplicado, debe ser máximo.

La utilidad de un indicador es lo más importante; y para que un indicador sea útil lo que importa es que la selección de la variable, o de agregación matemática de diversas variables, ofrezca una imagen clara del tema que se evalúa, se refiere o se vigila. Dependiendo de propósitos determinados y contextos específicos donde se usan los indicadores, los mismos no pueden aplicarse de modo universal, ya que se basan en distintas apreciaciones y decisiones particulares, reglas específicas del método, supuestos, valores y normas internacionalizados, en la percepción de su propia realidad, etc. Cada problema priorizado y confrontado con los objetivos permite la construcción de un indicador o series de indicadores para conocer la dinámica del sistema. La relación de estas series de indicadores debe permitir la elaboración de un *Modelo Básico de Funcionamiento del Sistema* (cómo influyen e interactúan los procesos) que permitirá a su vez la construcción de un Modelo simplificado de *Evaluación de Datos del Sistema* (cómo evoluciona, con qué tendencias, a qué velocidad). Esto permite acceder a la etapa de validación de los resultados y a la elección de indicadores líderes (aquellos que mejor explican el funcionamiento del sistema) para la toma de decisión (Abraham y Beekman, 2006).

Un indicador está integrado por distintas variables y datos, y puede ser simple o muy complejo. Si se reduce un cierto número de indicadores o variables por medio de la agregación de los datos de acuerdo a ciertas fórmulas establecidas, obtenemos los llamados *índices*. Estos índices proporcionan información compacta y orientada para el desarrollo de la gestión y de las políticas, ya que en un índice el énfasis no se pone en la justificación científica, sino en que responda a las necesidades de la sociedad. Mientras tanto, una variable es un dato observado que se deriva del uso de estadísticas o

vigilancias básicas. Y los indicadores se deducen cuando las variables básicas o los datos observados se agregan usando métodos objetivos y científicos (Fig. 13).

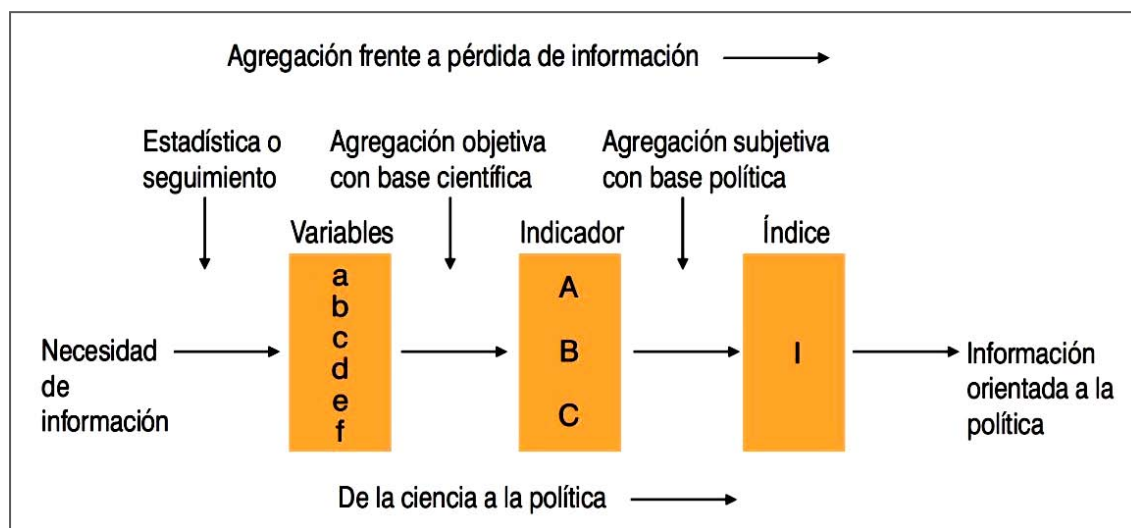


Figura 13. Traducción de una necesidad de información en información orientada a la política utilizando variables, indicadores e índices. Fuente: Lorenz (1999) citado por ONU/WWAP, 2003.

2.4.3. Indicadores de desertificación

Los indicadores de la calidad de la tierra son datos estadísticos o medidas que describen el estado de los fenómenos de interés, informan sobre la condición y calidad de este recurso, pero también sobre las relaciones causa-efecto que pueden dar lugar a cambios en su calidad, y en las respuestas a esos cambios por parte de la sociedad. En lo que respecta al presente trabajo, la definición de *indicador* que se utiliza es la que dice que “un indicador, que comprende un dato único (una variable) o un valor resultante de un conjunto de datos (agregación de variables), describe un sistema o proceso que tiene significado más allá del valor literal de sus componentes. Pretende comunicar información sobre el sistema o proceso” (ONU/WWAP, 2003).

En el contexto de la desertificación, los indicadores pueden ayudar a desarrollar una información básica, a realizar una evaluación, a llevar a cabo la supervisión sobre el estado específico de la degradación, sus causas e impacto, etc. Estas actividades tienen dos propósitos principales:

- ✓ Detectar e identificar el tipo de degradación y evaluar su severidad.

- ✓ Determinar y analizar las relaciones causa-efecto involucradas, identificar las tendencias y tomar acciones correctivas.

La identificación de indicadores para cada uno de los servicios proporcionados por las tierras áridas es fundamental para entender su condición y tendencia en el tiempo. De esta manera las áreas en peligro de degradación pueden identificarse y priorizarse para su protección. Las sinergias con indicadores de otros tratados, como los del cambio climático y la biodiversidad, refuerzan asimismo la promoción de tecnologías ecológica, económica y socialmente aceptables. Para la identificación y el empleo de indicadores de desertificación, el Comité de la CLD sobre Ciencia y Tecnología (CCT) publicó unas directivas generales para los países y organizaciones, siendo estos los que después organizaron sus propias propuestas, poniendo un particular énfasis en la identificación y la utilización de los indicadores más relevantes para los intereses de la población local, despegándose a veces de las estrategias nacionales.

Durante los últimos años, son varias las iniciativas que están trabajando sobre la identificación de indicadores de la desertificación. En primer lugar, hay indicadores que han surgido de los Planes de Acción Nacional (PAN) para cada país afectado, en los que se han utilizado los datos disponibles a escala nacional para identificar las áreas desertificadas de cada país. Aunque también hay indicadores que trabajan a escala regional y local, utilizados sobre todo en el ámbito europeo. En general, los mejores marcos de referencia para organizar los indicadores son aquéllos que proporcionan respuestas directas a las preguntas hechas por los usuarios directos, independientemente de que requieran información a escala nacional o local. Algunos usuarios están interesados sólo en el éxito o el fracaso de prácticas agrícolas y otros están interesados en implicaciones más amplias en términos, por ejemplo, de impacto económico. De esta manera, es habitual clasificar los indicadores en físico/ecológicos, económicos, sociales e institucionales.

Posiblemente la aproximación más conocida y más usada para el desarrollo de indicadores es la fundamentada en la relación causa-efecto. El modelo ambiental presión-estado-respuesta (PSR, o PER en español), por ejemplo, fue inicialmente aplicado por la

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), en 1994. Dicho modelo ha sido superado y, en la actualidad, ha dado lugar a un nuevo marco de análisis: *Fuerza conductora o motriz/ Presión/ Estado/ Impacto/ Respuesta* (DPSIR). Este nuevo procedimiento fue introducido por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) como una base para su programa sobre indicadores medioambientales y también lo propone la FAO (Fig. 14).

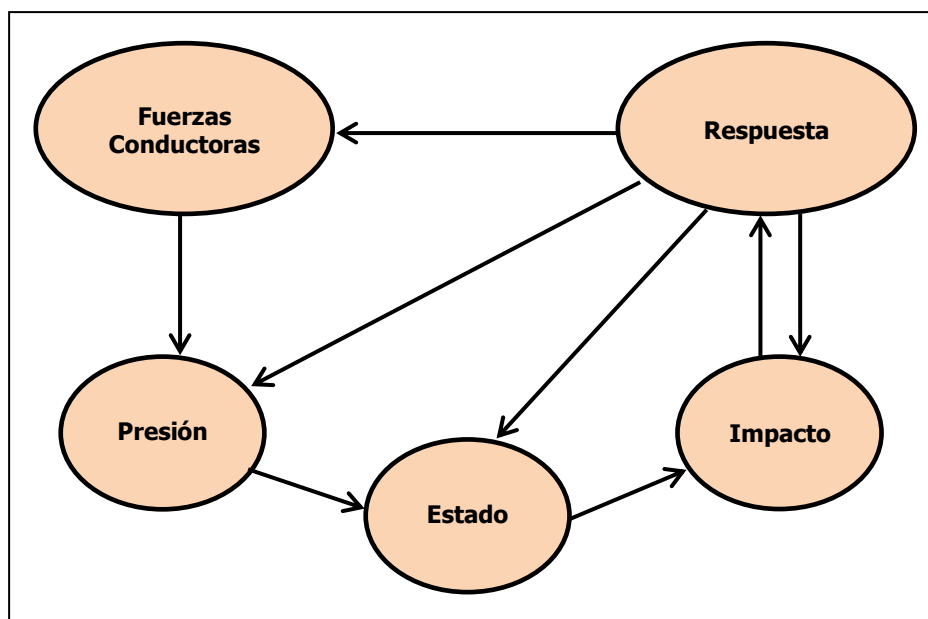


Figura 14. Marco Conceptual DPSIR.
Fuente: AEMA, 2005.

Para caracterizar los componentes de este marco conceptual se consideran las siguientes definiciones:

- Fuerza motriz: representan actividades humanas, procesos y patrones que tienen impacto sobre la desertificación.
- Indicadores de presión: incluye los indicadores que responden a las causas del fenómeno en estudio, para este caso, desertificación.
- Indicadores de estado: se incluyen en esta categoría a aquellos indicadores que describen el estado de desertificación en un momento dado de tiempo
- Indicadores de impacto: se incluyen aquellos indicadores que indican las consecuencias de la degradación de las tierras.
- Indicadores de respuesta: indican la respuesta de la sociedad o medidas políticas frente al problema de la desertificación

Bajo el modelo DPSIR, se entiende que las fuerzas motrices de la sociedad llevan a presiones antropogénicas, que generan un estado, el cual da lugar a impactos que, a su vez, provocan respuestas. El compartimiento “respuestas” retroalimenta cada uno de los otros tipos de indicadores, mostrando que la intervención puede ocurrir en cualquier punto del espectro causal.

El marco DPSRI es la metodología aceptada y recomendada por la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), siendo aplicado hoy día en la mayor parte de los proyectos internacionales que utilizan indicadores para evaluar la desertificación. Se basa en las siguientes definiciones:

- *Fuerzas conductoras/generadoras/motrices (D)*: aquellos procesos, situaciones o acciones que puedan causar directa o indirectamente el problema y que influye en los grupos sociales.
- *Presión (P)*: fuerzas ejercidas sobre la Tierra (sistema) por las actividades humanas y que tienden a acelerar o desacelerar los impactos. (es la expresión en valor de la fuerza conductora).
- *Estado (S)*: atributos o propiedades de un sistema en un tiempo dado. Los indicadores de Estado reflejan la condición actual del sistema así como su resiliencia para soportar cambios como consecuencias de las presiones.
- *Respuesta (R)*: acciones de la sociedad que modifican (positiva o negativamente) las condiciones del Estado. Las respuestas pueden ser individuales o colectivas, sistemáticas o espontáneas. Los Indicadores de respuesta caracterizan los esfuerzos conscientes hechos por los usuarios de la tierra y los gobiernos para disminuir la presión sobre el sistema.
- *Impacto (I)*: medida de la variación del estado como consecuencia de las respuestas.

Con estos lineamientos metodológicos la UNCCD proporciona un marco ordenador internacional para evaluar el proceso de la desertificación, coordinando la recogida, el análisis y el intercambio de datos, e identificando indicadores que ayuden a apreciar en primer lugar la situación actual y el impacto potencial del cambio climático, los cambios

de usos del suelo y de las prácticas agrícolas, valorando, además, el progreso de la puesta en práctica de la Convención.

En términos generales, los indicadores pueden considerarse una medida para determinar, a lo largo del tiempo, la situación de las funciones, los procesos y los resultados. Por lo tanto, la selección de los indicadores mensurables simplificados, coherentes y eficaces es un proceso que se basa en un punto de vista, pero que no tiene una justificación en sí mismo. De esta manera, un enfoque conceptual concreto de la desertificación puede considerarse una guía para la selección y el uso de indicadores, ya que los mismos tendrán una vida independiente y podrán utilizarse en el marco de distintos enfoques en función de los diferentes objetivos (UNCLD/COP (8), 2007).

En el informe titulado *Puntos de referencia e indicadores para vigilar y evaluar la desertificación*, presentado en el octavo período de sesiones de la Conferencia de las Partes de la UNCLD (Madrid, 2007), se analizan la aplicación del CLD y las distintas metodologías, con todas sus fortalezas y debilidades, para la elaboración y utilización de indicadores de vigilancia de la desertificación en distintas regiones como África, Asia, América Latina y el Caribe, Mediterráneo norte y Europa central y oriental. En él se resalta también que hay un denominador común entre la mayoría de los países que participan en la lucha contra la desertificación, el gran interés por entender mejor los procesos de este fenómeno, pero el problema radica en que las metodologías para recolectar y procesar datos son heterogéneas y todavía no se ha logrado una metodología única para evaluar la desertificación (UNCCD, 2007c).

En la Región de América Latina y el Caribe también se ha utilizado el mencionado método internacional DPSIR para clasificar los indicadores, los cuales se consideran como una información cuantificada que ayuda a explicar cómo cambian los fenómenos a lo largo del tiempo o cómo varían en el espacio. Usar el procedimiento DPSIR para la selección y sistematización de indicadores es de suma importancia, ya que un conjunto de indicadores dispersos no tienen porqué brindar una información eficaz a los gestores, ya que para mitigar los efectos de un proceso no deseado a veces no basta con reconocer los factores que lo originen, sino que es necesario actuar sobre las fuerzas que los

conducen. También es importante, a través de evaluaciones multiescalares, integradas socialmente e interdisciplinarias desde el punto de vista científico, conocer cómo la degradación de recursos impacta sobre el sistema social.

La elaboración de indicadores no es una tarea fácil, pues requiere una gran cantidad de trabajo para recuperar, almacenar y analizar datos, y para sistematizar adecuadamente la información. La formulación de indicadores requiere, pues, de la identificación los parámetros que reúnan las condiciones necesarias para proveer información relevante, apropiada y adecuada al problema tratado. El primer paso de este proceso suele ser elaborar una lista de los indicadores posibles de la desertificación que puedan dar cuenta de los problemas y objetivos seleccionados, tomando en consideración, además, que puede haber varios indicadores para la misma temática, dependiendo de la complejidad de los procesos abordados. Una vez conocidos los atributos más valorados para el caso y los posibles indicadores, se seleccionan los indicadores a utilizar por problema y por unidad ambiental de referencia. Entre una amplia gama de los atributos deseables para los indicadores candidatos pueden mencionarse algunos de mayor importancia tales como: contar con la confiabilidad, validez científica, disponibilidad, adecuación y economía, representatividad, cobertura geográfica y respuesta al cambio. Además, estos atributos deben tener utilidad para los usuarios, relevancia, facilidad de comprensión, valores de referencia, capacidad de predicción y potencial de comparación, para lo que es necesario tener al menos dos puntos de referencia, uno relativo a los umbrales de medición recomendados y aceptados para ese indicador, y otro referido a la línea de base del sistema a intervenir.

2.4.4. Empleo de indicadores de desertificación. Escalas de referencia

2.4.4.1. Evaluación de la desertificación a escala mundial

Como ya es conocido, la desertificación es un proceso que incluye una compleja cadena de causas y efectos entre los factores biofísicos y sociales. Para comprender este fenómeno, es preciso realizar un importante esfuerzo de integración a diferentes escalas espaciales y temporales. Actualmente, los indicadores están siendo utilizados

ampliamente por numerosos países para fijarse objetivos y realizar seguimientos sobre temas como la salud, la educación, la calidad de vida, etc. Los indicadores obtenidos a partir de resultados científicos pueden ser usados también para simplificar fenómenos complejos como el que venimos tratando de la desertificación, y así mejorar la comprensión de los avances científicos por parte de la población.

En ese esfuerzo común, numerosas organizaciones nacionales e internacionales han llevado a cabo o se están ejecutando múltiples proyectos alrededor del mundo entre los que destacan, por su mayor relevancia y aceptación, iniciativas como LADA, MEDALUS, DESERTLINKS, DesertNet, EEM o el Programa de Ordenación Sostenible de la Tierra del FMAM. La mayoría de estos proyectos aplican un análisis basado en el mencionado método DPSIR, que proporciona un procedimiento general para analizar los problemas medioambientales, tanto en la fase de evaluación y diagnóstico como en la etapa de formulación y aplicación de políticas concretas sobre el territorio. Este marco general de análisis y evaluación puede utilizarse también para vigilar y evaluar los procesos de desertificación y los efectos de la ejecución de los Programas de Acciones Nacionales (PAN) de los países Partes de la UNCCD. Sin embargo, este marco suele combinarse con otros puntos de vistas metodológicos, como el enfoque basado en el ecosistema (por ejemplo, el LADA), el enfoque de los servicios proporcionados por los ecosistemas (como la EEM) o el enfoque de los medios de vida sostenibles, como en el caso de los principales protocolos utilizados actualmente.

✓ **Proyecto de Evaluación de la Degradación de las Tierras en las Zonas Áridas (LADA)**

La Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas (LADA) es la herramienta oficial de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), y del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) para desarrollar una metodología estandarizada en la materia. De esta manera se responde a las necesidades de la información compatible y actualizada de la degradación de tierras. La agencia de implementación del proyecto es el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la encargada de ejecutarlo la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

El principal objetivo del proyecto LADA es evaluar las causas, el estado y los efectos de la degradación de la tierra en zonas secas, a fin de mejorar el proceso de toma de decisiones para un desarrollo sostenible en las mismas, y atender las necesidades de los que participan en la ejecución de los programas de acción en el marco de la Convención. El modelo de clasificación principal se basa en la escala (global, nacional, población y explotación) y también en el tipo de indicador (biofísico, socioeconómico o institucional). Primero se identifican el estado y las tendencias de la degradación de la tierra, incluyendo consideraciones de biodiversidad; luego se identifican los “puntos calientes” (*hotspots*), es decir las áreas donde la tierra presenta severas limitaciones de uso y alto riesgo de degradación. Los “puntos brillantes” (*brightspots*) son zonas donde la aplicación de políticas y acciones apropiadas está permitiendo ralentizar o revertir la desertificación. A partir del estudio de estos casos es posible sugerir dónde es económicamente posible intervenir y cuáles son las medidas de recuperación y de apoyo con las que cuentan las administraciones nacionales y locales (FAO, 2007).

✓ Evaluación de Ecosistemas del Milenio

Un ecosistema es un complejo dinámico de comunidades de plantas, animales, microorganismos y medio inorgánico, que interactúan como una unidad funcional en la que también se incluye el ser humano. Como ya se vio en el capítulo 2.2., los ecosistemas prestan una diversidad de beneficios a las personas, entre los que se incluyen servicios de suministro, de regulación, culturales y de funcionamiento (EM, 2003):

- ✓ Los *servicios de suministro* son los beneficios directos que las personas obtienen de los ecosistemas, como los alimentos, los combustibles, las fibras, el agua pura y los recursos genéticos.
- ✓ Los *servicios de regulación* son los beneficios que obtiene la sociedad a partir de los procesos autoregulación de los ecosistemas, entre los que se incluye el mantenimiento de la calidad del aire, la regulación del clima, el control de la erosión, la regulación de las enfermedades humanas y la purificación del agua.
- ✓ Los *servicios culturales* son los beneficios intangibles que las personas disfrutan de los ecosistemas mediante el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas.

- ✓ Los *servicios de funcionamiento* derivan de los procesos necesarios para la producción de todos los otros servicios de los ecosistemas, como la producción de materias primas, la producción de oxígeno y la formación del suelo.

El marco conceptual de la EM considera que a las personas son parte integral de los ecosistemas y que existe una interacción dinámica entre las personas y el resto de sus componentes. La cambiante condición humana impulsa, directa o indirectamente, cambios en los ecosistemas, causando de esta manera cambios para el bienestar humano. Al mismo tiempo, factores sociales, económicos y culturales que no se relacionan con los ecosistemas cambian la condición humana, y muchas fuerzas naturales influyen en los ecosistemas (EM, 2005).

La desertificación, como también hemos indicado, es un concepto usado para comprender las formas más agudas de degradación de los ecosistemas basados en la tierra, así como las consecuencias de la pérdida de sus servicios. Según la *Síntesis sobre Desertificación* (EM, 2005), la desertificación es el resultado del desajuste entre la demanda y el suministro de los servicios de los ecosistemas en las tierras secas. En estas regiones del planeta, la presión está aumentando para la provisión de servicios tales como alimento, forraje, combustible, materiales de construcción y agua para los seres humanos y el ganado, para la irrigación y para el saneamiento. Este aumento se atribuye a una combinación de causas humanas y causas climáticas. Las primeras incluyen tanto factores directos relacionados con los patrones y las prácticas de uso de la tierra, como factores indirectos (entre los que los hay de índole demográfica, como la presión de una población creciente, o relativos a la incidencia de iniciativas socioeconómicas asociadas a la globalización, como distorsiones en los mercados internacionales de alimentos). Por su parte, las causas climáticas que con más incidencia concurren en esos ámbitos son las sequías y la reducción de la disponibilidad de agua dulce, procesos e parte provocados por calentamiento global.

La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EEM) realizó una evaluación documental de los servicios de diez ecosistemas mundiales de primer orden, entre los que figuraban las tierras secas. Sobre la base de dicha labor, la EEM llegó a la conclusión

de que la productividad primaria era el servicio de apoyo más importante de las tierras secas, pues estaba estrechamente vinculado a la producción de los servicios más importantes de los ámbitos donde se practica la agricultura de secano. Además, señalando que la desertificación entrañaba una disminución de la productividad biológica y económica de las tierras secas, la EEM subrayó que la desertificación contribuía a una reducción persistente de su capacidad para suministrar servicios como ecosistema. Por último, la EEM no determinó indicadores de desertificación *sensu stricto*, pero señaló que, puesto que la productividad primaria era el principal servicio proporcionado por el ecosistema de las zonas de agricultura de secano, la EEM de la desertificación en esas zonas debería basarse en una vigilancia a largo plazo para medir las pérdidas continuas de productividad primaria (UNCCD, 2007).

✓ Proyecto Europeo MEDALUS

Proyecto MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*), desarrollado entre los años 1991 y 1999, es un proyecto internacional subvencionado con los fondos de la Unión Europea, que investiga los efectos de la desertificación en el suelo de la Europa Mediterránea. Su principal innovación reside en el especial tratamiento dado a las interacciones vegetación-suelo a largo plazo que, aunque tiene como modelo con base física una aplicación más amplia, está validado específicamente para cultivos en ambientes mediterráneos (Almorox Alonso, López Bermúdez y Rafaelli, 2010).

Su ejecución tuvo tres fases (MEDALUS I, II y III). En la primera de ellas (1991-1992) se contó con la participación de 18 grupos de investigación, y sus principales objetivos fueron incrementar el conocimiento de los procesos de desertificación y de sus componentes climáticos, hidrológicos y geomorfológicos bajo condiciones naturales. Para ello se instrumentalizaron 7 campos experimentales en Portugal, Francia, Italia, Grecia y España. En la segunda fase del proyecto MEDALUS (1993-1995) participaron 40 grupos y la atención se centró principalmente en el funcionamiento de las grandes cuencas. Finalmente, en el MEDALUS III (1996-1999) participaron 30 grupos de investigación y se continuó investigando en las mismas áreas, extendiendo técnicas y resultados, aplicando además modelos de evaluación (Kosmas, 1991).

✓ Proyecto Europeo DESERTLINKS

Es un proyecto de investigación europeo de carácter internacional e interdisciplinario, financiado por la Comisión Europea en el quinto programa marco de la UE. Se ejecuta desde el mes de diciembre de 2001 hasta el mes de marzo de 2005 con la intención de desarrollar un sistema de indicadores sobre desertificación para la Europa Mediterránea, y comprende a los países como Portugal, España, Italia y Grecia. Su objetivo principal era contribuir al trabajo de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación mediante el desarrollo de un sistema de indicadores sobre desertificación. Durante su ejecución se han identificado diversos tipos de indicadores que reúnen un total de 140. Entre ellos se distinguen los *indicadores de impacto*, relacionados con la percepción del uso de la tierra, *indicadores de presión* que son aquellos que identifican fuerzas conductoras y presiones relacionadas con los procesos de toma de decisiones, e *indicadores de respuesta*, relacionados con las medidas de manejo del suelo tomadas para luchar contra la desertificación.

Se ha desarrollado un marco conceptual y una base de datos en la que se integran todos los indicadores identificados durante el proyecto. Los indicadores identificados por los actores locales han permitido el desarrollo de fórmulas compuestas, al ser combinados con otros ya existentes relativos a las condiciones biofísicas y socioeconómicas de la Europa Mediterránea. Se dispone así de un sistema de identificación de zonas sensibles desde el punto de vista medioambiental, utilizable a escala subnacional.

El producto principal del proyecto DESERTLINKS es un *Sistema de Indicadores* sobre Desertificación para la Europa Mediterránea (DIS4ME), probado y evaluado tanto por los actores locales como por los Comités Nacionales de los cuatro países integrantes del proyecto. El sistema ha sido utilizado por los actores locales en la exploración de escenarios de gestión alternativos, y por los Comités Nacionales en la gestión y seguimiento a escala nacional y regional (Desertlinks, 2001).

✓ Proyecto DesertNet

El proyecto DesertNet es una iniciativa de cooperación que se desarrolla dentro del programa de la Unión Europea *Interreg III B* (2004 - 2005), en el que se usó un elevado número de variables para el diagnóstico del problema de la desertificación en el ámbito mediterráneo occidental y la valoración de riesgo existente. El proyecto ha sido liderado por el Centro Interdepartamental de Ateneo (Universidad de Sassari, Cerdeña), y ha contado con la participación de diferentes organismos y regiones italianas, con la Comunidad de Murcia, con la Comunidad Autónoma de Andalucía y con el Instituto de Regiones Áridas tunecino. El principal objetivo del proyecto ha sido avanzar en el estudio de los procesos desencadenantes de la desertificación en las regiones mediterráneas mediante la realización de estudios pilotos, intercambio de experiencias y desarrollo de modelos de evaluación. Para este fin se plantea la realización de una plataforma para un sistema común de servicios en el marco de desarrollo de las Políticas Nacionales y Comunitarias de Lucha contra la Desertificación de forma congruente con la Convención de las Naciones Unidas Contra la Desertificación (UNDC), y para la gestión sostenible de los recursos territoriales (en particular el suelo y el agua) a través de:

- ✓ La constitución de un sistema de áreas/acciones pilotos de diversa naturaleza con carácter de investigación o aplicación.
- ✓ La realización de un sistema de información geográfico común.
- ✓ Una red de soporte científico-técnico destinada al intercambio, a compartir los conocimientos, y a la distribución de productos de información para usuarios finales.

Finalizado el proyecto DesertNet, y ante la necesidad de seguir profundizando en el conocimiento de los procesos desencadenantes de la desertificación en las regiones mediterráneas, se ha planteado y aprobado, dentro del mismo marco de la Unión Europea (Programa Interreg III B), un nuevo proyecto de cooperación interregional, el DesertNet II (2005 - 2008). La ejecución de este proyecto dio continuidad a la experiencia primera, especialmente en el desarrollo e integración de los aspectos más innovadores como la puesta en marcha de la plataforma de servicios que representa el instrumento para promover el intercambio y el aprovechamiento común de datos, métodos y

experiencias. DesertNet II tiene un mayor carácter transnacional, liderado también por el Centro Interdepartamental de Ateneo, en él participan nuevos socios de Portugal (Algarve) y Grecia (Creta), así como organismos de países terceros del Magreb (Marruecos, Túnez y Argelia). La participación de terceros países tiene un importante papel catalizador para las relaciones y las iniciativas de cooperación descentralizadas, así como para el intercambio intercontinental (Conesa García y Martínez Guevara, 2004).

2.4.4.2. Aplicación de indicadores para América Latina y el Caribe: el caso de Panamá

En materia de selección y aplicación de los indicadores de la desertificación se dispone de mucha información en la región de América Latina y el Caribe. En cada país de la región se proporcionan varias listas de indicadores y diferentes protocolos para recolectar y procesar datos, y todavía no se ha logrado una metodología homologable para evaluar la desertificación. Pero no por ello deja de ser acuciante la necesidad de contar con sistemas permanentes para vigilar y evaluar tanto los procesos que generan desertificación como los efectos de la sequía, para contribuir a la toma de decisiones.

En los estudios realizados en la región se utilizó el marco internacional DPSIR: *fuerzas motrices-presión-estado-impacto-respuesta*, para clasificar los indicadores. Éstos se refieren fundamentalmente a los aspectos biofísicos, dada la dificultad para obtener indicadores socioeconómicos, que son menos numerosos. En cuanto a las escalas de trabajo que prevalecen en los puntos de referencia e indicadores determinados y elaborados, hay un predominio de las nacionales en detrimento de las locales. No obstante, es lógico que sea así, por el alcance de las experiencias realizadas en la región, que, como se ha dicho, apuntaron en un principio a la organización y consolidación de los PAN, para pasar a trabajar después a escala más reducida (local). Aunque en la región predomina la escala de trabajo nacional, los agentes involucrados han hecho todo lo posible por elaborar indicadores de participación sobre las actividades iniciales realizadas con la población local. Entretanto, se han consolidado los acuerdos de cooperación entre los sectores científico, gubernamental y no gubernamental.

Para apoyar el Programa de Acción Regional para América Latina y el Caribe en la lucha contra la desertificación, en la IX Reunión Regional de ALC realizada en Bogotá de Colombia en 2003, se aprobaron seis iniciativas temáticas denominadas Redes de Programas Temáticos Regionales (RPT), cuyas siglas en inglés son TPN. Estos programas representan un mecanismo interactivo de comunicación e intercambio de información técnico-científica, social y económica entre todos los actores involucrados en la lucha contra la desertificación y son los siguientes (UNCCD, 2003b):

- ✓ TPN-1. Identificación y uso de indicadores y puntos de referencia en desertificación y sequía
- ✓ TPN-2. Red de información de desertificación y sequía (DESELAC)
- ✓ TPN-3. Programas sobre el manejo integrado y eficiencia de los recursos hídricos
- ✓ TPN-4. Promoción de la agro-forestería y lucha contra de la pobreza
- ✓ TPN-5. Mejores prácticas, conocimientos y tecnologías tradicionales
- ✓ TPN-6. Promoción de energías renovables sostenibles

El programa temático TPN-1, relacionado con el uso de indicadores de desertificación en América Latina y el Caribe, se puso en marcha en Guatemala en noviembre de 2004 y está administrado actualmente por Argentina. En el proyecto de 2003 del Banco Interamericano de Desarrollo titulado "Metodología unificada para la evaluación de la desertificación en América Latina", se propuso una lista de 43 indicadores (biofísicos y socioeconómicos) comúnmente determinados y aceptados por la mayoría de los países, formando parte de estos acuerdos regionales se encontraba la República de Panamá (Abraham y Beekman, 2006).

En el caso concreto de Panamá, el primer diagnóstico de la desertificación ha sido desarrollado en el marco del Proyecto *"Construcción de Indicadores de Sequía y Degradación de Suelos para las Áreas Secas y Degradadas Identificadas en el PAN de Panamá"* (ANAM, 2007a). Esta iniciativa nacional, ejecutada a través de una serie de talleres interinstitucionales y reuniones técnicas por el Comité Nacional de Lucha contra la Sequía y la Desertificación (CONALSED), definió un conjunto de indicadores prioritarios para las tierras secas y degradadas del país, cuyos resultados, por ser una primera

aproximación, permitieron únicamente la demarcación de las zonas desertificadas, sin establecer los respectivos rangos de su intensidad.

En la primera etapa del proyecto se logró identificar una lista de veintidós posibles indicadores de sequía y degradación para las áreas críticas de Panamá. Estos indicadores han sido clasificados de acuerdo a cada uno de los Sub-Programas del Programa de Acción Nacional (PAN), su naturaleza (estado, presión y respuesta) y la identificación de los temas con los cuales se corresponden. Una vez reconocidos los posibles indicadores, se establecieron distintos grupos de trabajo, conformados por expertos temáticos, los cuales analizaron las ventajas y desventajas de cada indicador, seleccionando de todo el conjunto los 10 indicadores prioritarios (Tabla 1).

Tabla 1. Indicadores ambientales desarrollados conceptualmente para las áreas secas y degradadas de Panamá. Fuente: ANAM, 2007a.

Programa dentro del PAN	Indicador	Categoría	Tema	Marco Ordenador
Conservación de Recursos Naturales (suelo - agua - bosques)	1- Superficie de Tierras Secas y degradadas de Panamá	Factor Social y Económico/ Ambiental	Gestión Ambiental	Estado
	2- Superficies de áreas protegidas en áreas secas y degradadas	Factor biofísico	Bosques y Diversidad	Respuesta
	3- Cobertura boscosa en áreas secas y degradadas	Factor biofísico	Bosques y Diversidad	Estado
	4- Consumo de Leña	Factor Social y Económico	Bosques y Diversidad	Presión
	5- Índice Estandarizado de Precipitación	Factores Abióticos	Bosques y Diversidad	Estado
Agropecuaria Sostenible	6- Carga Ganado Vacuno por hectárea en área crítica.	Factor Social y Económico	Uso de la Tierra	Presión
Ambiental e innovación Tecnológica (Participación)	7- Producción Más Limpia	Factor Social y Económico	Gestión Ambiental	Respuesta
	8- Proyectos de Energía Renovable (Producción más limpia) en áreas secas y degradadas.	Factor Social y Económico	Energía	Respuesta
Fortalecimiento Institucional	9- Capacitación en temas de sequía, desertificación y cambio climático	Factores Institucionales	Gestión Ambiental	Respuesta
	10- Número de ONGs, OCBs que participan en actividades relacionadas con la recuperación de tierras.	Factores Institucionales	Gestión Ambiental	Estado

Finalmente, el conjunto de los diez indicadores seleccionados se sometió a una validación con expertos nacionales, a través de un Taller de Validación, confeccionándose, para cada indicador desarrollado, su respectiva hoja metodológica, además de un mapa que muestra espacialmente el comportamiento de las variables estudiadas (Fig. 15).



Figura 15. Áreas críticas afectadas por la desertificación en Panamá, con indicación de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2009.

El Diagnóstico de las Tierras Secas y Degradadas de Panamá que sustenta el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Sequía y la Desertificación de Panamá, reconoce la existencia de cuatro áreas críticas en el país, sujetas a procesos de sequías y degradación de suelos, que comprenden una superficie total de 20,787.57 kilómetros cuadrados, abarcando cinco provincias y una comarca indígena, 36 distritos y 227 corregimientos. Estas áreas críticas son: Cerro Punta, Comarca Ngöbe Buglé, la Sabana Central Veraguense y el Arco Seco, siendo la cuenca hidrográfica del río La Villa parte de esta última zona afectada (ANAM, 2009).

CAPÍTULO 3

ÁREA DEL ESTUDIO: CUENCA DEL RÍO LA VILLA



CAPITULO 3. ÁREA DEL ESTUDIO: CUENCA DEL RÍO LA VILLA

3.1. ASPECTOS GENERALES

La cuenca hidrográfica del río La Villa se encuentra localizada en la vertiente del Pacífico en la Península de Azuero y se sitúa en las provincias de Herrera y Los Santos, a unos 250 km al suroeste de la ciudad de Panamá, capital de la República de Panamá. La cuenca cubre el 56,1% del territorio de la provincia de Herrera y 43,9% de la provincia de Los Santos (Fig. 16).



Figura 16. Localización regional del área de investigación.

Fuente: Elaboración propia a partir de IGNTG, 2007.

Es una extensa zona de 1.291,95 km² en la cual habitan 91.494 personas. Según el censo del año 2010, la densidad de población de la cuenca es de 71 hab/km², una cifra superior a la densidad de población del país que es de 46 hab/km². La cuenca del río La Villa forma parte del llamado *Arco Seco*, una región de 10.708,03 kilómetros cuadrados, donde se encuentran establecidas importantes ciudades del interior del país. El Arco Seco comprende los territorios de las llanuras y colinas costeras orientales de las provincias de

Los Santos y Herrera, así como el litoral Sur de la provincia de Coclé. Está limitada al Norte por la Cordillera Central, al Sur por el Océano Pacífico, al Oeste por el macizo de Azuero y al Este por el Golfo de Panamá. Es reconocida como área crítica sujeta a procesos de sequías y degradación de suelos (Fig. 17 y 18).



Figura 17. Tierras secas y degradadas en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.



Figura 18. Visible degradación de calidad ambiental en la cuenca hidrográfica del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia.

La cuenca se caracteriza por tener la menor cantidad de precipitación anual en el país en zona costera (por el orden de 900 mm) y recurrentes eventos de sequía estacionaria, donde la estación seca se extiende hasta por siete meses consecutivos. El territorio desde hace décadas muestra un paulatino proceso de degradación de la calidad del ambiente, lo cual se registra principalmente al nivel de los suelos (erosión), de la misma manera que el deterioro de los recursos hídricos (Fig. 19 y 20).



Figura 19. Paulatino proceso de erosión en la cuenca hidrográfica del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 20. Deforestación a causa de la creciente actividad ganadera.
Parte media de la cuenca. Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, alta concentración de la población, unido a la principal actividad económica dentro de la cuenca (actividad agropecuaria), con un fuerte incremento de la superficie dedicada a la agricultura intensiva, hace que los recursos naturales del territorio de la cuenca tengan cada vez mayor presión y demanda.

3.2. MEDIO NATURAL

3.2.1. Marco geológico y relieve

El *conjunto litológico* que constituye la cuenca del río La Villa presenta rocas asociadas a la actividad volcánica de la península de Azuero. Según el Mapa Geológico de la República de Panamá escala 1:250000, en la cuenca afloran rocas de origen ígneo y sedimentario, cuyas edades de formación comprenden desde el período Secundario al Cuaternario. Entre las rocas ígneas se distinguen dos tipos: plutónicas o intrusivas y volcánicas o extrusivas (Tabla 2 y Fig. 21).

Tabla 2. Formaciones geológicas y la litología de la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de DGRM, 1991.

Periodo	Formación	Símbolo	Descripción
Formaciones Sedimentarias			
Cuaternario	Río Hato	QR-Aha	Conglomerado, arenisca, lutita, tobas, areniscas no consolidadas y pómez
Terciario	Santiago	TM-SA	Arenisca, conglomerado
	Macaracas	TO-MAC	Tobas y areniscas tobáceas
	Pesé	TO-MACpe	Tobas continentales, areniscas, calizas
	Tonosí	TEO-TO	Lutitas, areniscas
Secundario	Ocú	K-CHao	Calizas y tobas
Formaciones Volcánicas (Extrusivas)			
Secundario	Playa Venado	K-VE	Basaltos, pillow lavas
	Dacitas Loma Montuosa	K-LMda	Dacitas
Formaciones Plutónicas (Intrusivas)			
Terciario	Valle Riquito	TEO-RIQ	Cuarzodioritas, noritas y gabros
Secundario	Loma Montuoso	K-LM	Cuarzodioritas, cuarzo, gabros, noritas, granodioritas y cuarzomonzonitas

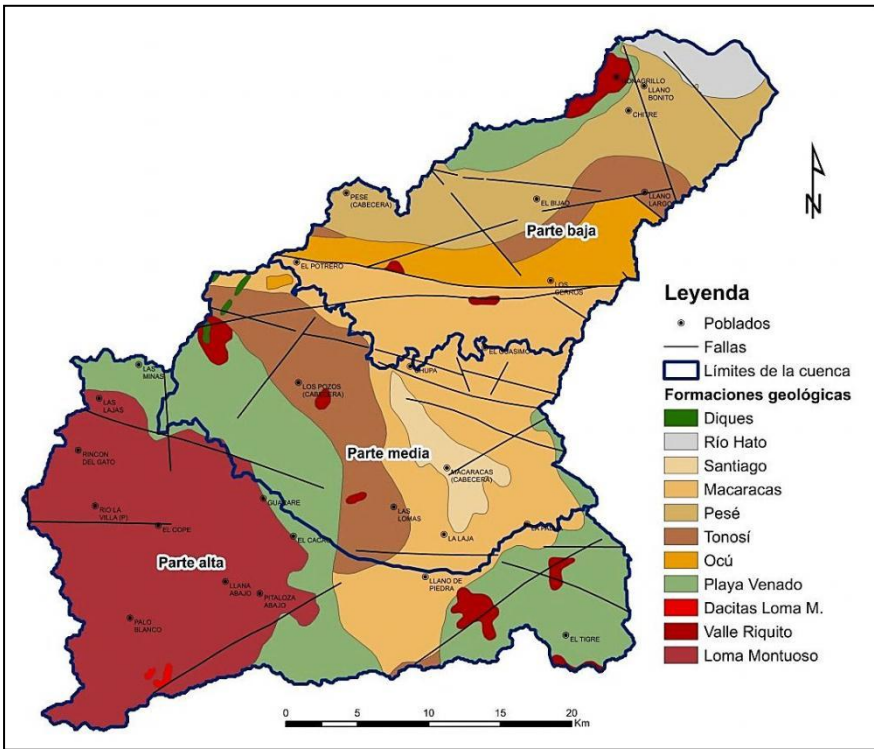


Figura 21. Mapa geológico de la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de DGRM, 1991.

Las rocas ígneas del período Secundario (Formaciones Playa Venado y Loma Montuoso), consideradas como las más antiguas en el istmo de Panamá, se presentan al suroeste de la cuenca del río La Villa. Cubren casi en su totalidad la parte alta de la cuenca y en menor grado la parte media. Los dispersos emplazamientos de una serie de plutones a lo largo de la cuenca corresponden a un período de movimientos tectónicos ocurridos en el Paleoceno y el Eoceno Inferior. Estas rocas representan un 45,53% del área investigada y están compuestas por cuarzodioritas, gabros, basaltos, dacitas entre otros.

Las rocas sedimentarias de las Formaciones Santiago, Macaracas, Tonosí y Pesé con edades más jóvenes, se encuentran asociadas en su mayoría a la parte media y baja de la cuenca, junto a una reducida franja en la zona central de la parte alta de la cuenca, constituyendo así un 54,47% del área investigada. Se caracterizan por los materiales como areniscas, lutitas, calizas, tobas y conglomerados, intercalados con sedimentos volcanoclásticos. Cabe señalar que, la formación de rocas sedimentarias además de estar vinculada con las actividades volcánicas de la región, se debe en algunos casos a los flujos fluviales que se generan en las montañas, siguiendo luego su trayecto hacia el mar.

También a los depósitos químicos de minerales que se forman en el mar durante el flujo y reflujo de las aguas.

Los depósitos fluviales recientes del período Cuaternario se localizan principalmente en las terrazas formadas por el ascenso del terreno y el desarrollo de cursos de los ríos más importantes y caudalosos como el río La Villa, Estibaná, Quebrada Piedras entre otros, que conforman esta cuenca hidrográfica. Fundamentalmente, estos sedimentos no consolidados o aluviones, con espesores variables, representados por arenas y un ripio multigenético de fragmentos redondeados y diferentes dimensiones, se ubican en sectores de la cuenca media y baja, donde se definen acumulaciones en los recodos y meandros de los ríos. El limo y la arcilla, mezclados con capas de arenisca o grava, también forman parte de la masa de aluvión.

En lo que respecta a *tectónica*, la República de Panamá ha sido desde hace mucho una región de actividad tectónica considerable a pesar de que no existen hoy en el territorio nacional volcanes activos. Son de importancia las influencias estructurales del Terciario inicial proveniente del Noroeste de Colombia con una dislocada geosinclinal llamada Bolívar y otra, proveniente de Costa Rica desde Sureste, llamada Hoya de Limón y la Cordillera de Talamanca (CARTAP, 1968). No obstante, la configuración estructural actual consiste de una cordillera central con rumbo Este-Oeste, anticlinal que, usualmente, está rodeada de cuencas sinclinales o áreas deposicionales. Existe la deformación y fractura compresional, además de las fracturas tensionales que resultan en parte de la intrusión volcánica del pos-pleistoceno, lo que ha producido una configuración estructural intrincada y compleja del istmo.

La península de Azuero, donde se localiza la cuenca hidrográfica del río La Villa, tiene un marcado sistema de fallamientos asociados a los eventos tectónicos regionales emanados por la presión de las placas tectónicas desde el Sur (Nazca y Cocos) durante el desarrollo del istmo de Panamá, que de manera diferencial se reflejan en el ascenso del istmo y sectores puntuales como la península de Azuero, lo que permitió movimientos acreciéntales del basamento oceánico en contraposición con la placa del Caribe (ANAM, 2008). Concretamente, en el área de la cuenca, la mayoría de tectolineales tienen la

dirección este-oeste, pero también están interceptadas por una zona de tectolineales con dirección noroeste-sureste. Además de estos fracturamientos regionales existen otros de menor dimensión relacionados con el sistema de diaclasas o juntas más pequeñas, lo que refleja la topografía y composición de la red hidrográfica dentro de la cuenca (Fig. 22).

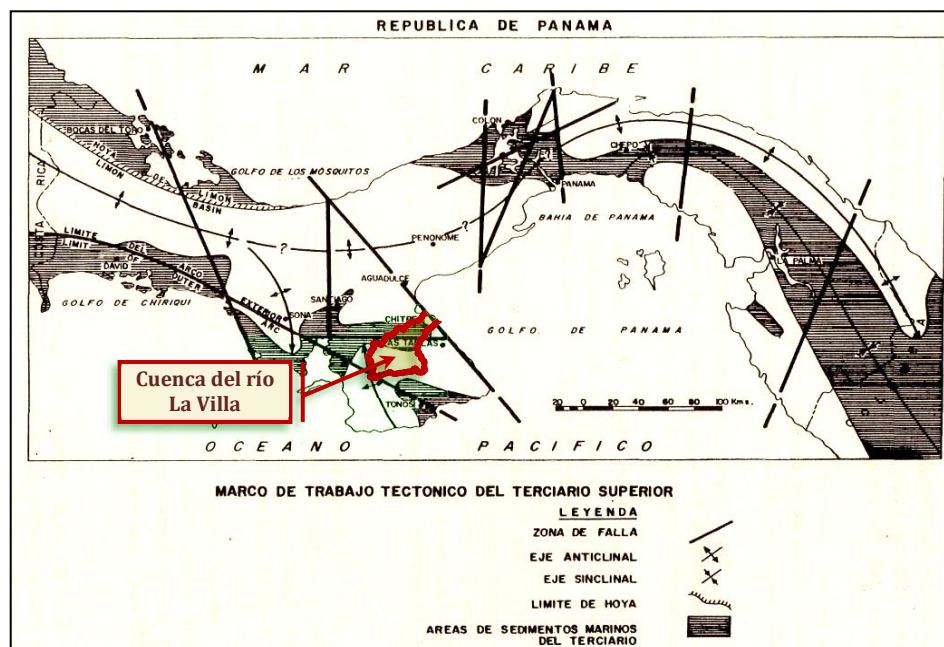


Figura 22. Mapa de tectolineales de la República de Panamá.
Fuente: Catastro Rural de Tierras y Agua (CARTAP), 1968.

El *relieve* de la cuenca del río La Villa se caracteriza por la presencia de un amplio sector de tierras bajas (llanuras) y por tierras con colinas suaves, cuyos alineamientos muestran signos de avanzados procesos de erosión y efecto degradante de las actividades agropecuarias. La elevación media en la cuenca es de 135 m, y el punto más alto de la cuenca que sería el cerro Cacarañado con 957 m, seguido por el cerro El Manguillo, ubicado al suroeste de la cuenca, con una elevación de 918 m.

Las tierras altas, que alcanzan altitudes superiores a los 900 m, se localizan en su mayoría en el sector suroeste de la cuenca. Las tierras medias y altas han sufrido un agresivo proceso de deforestación debido al desarrollo de la ganadería extensiva. Como resultado, las fuertes pendientes sumando la deforestación y la mala práctica de quemar terreno de pastos cada año, han inducido al acelerado proceso de erosión, igual que en las tierras bajas. De manera general, se puede decir que las áreas más planas de la cuenca

Altitudinalmente la cuenca del río La Villa se divide en *parte alta*, *parte media* y *parte baja*. Esta división se basa en rangos de elevación calculados a partir del modelo digital de elevación (MDE) de la cuenca y se estableció durante la ejecución del proyecto “Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la Cuenca del Río La Villa”, realizado por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) en el año 2008. El criterio técnico que se utilizó para este fin fue el de incluir dentro de la cuenca alta a la región o áreas que presentaban la superficie más quebrada o irregular, donde la característica de terreno abrupto fuera lo que dominara el paisaje. La parte media en cambio está formada por zonas de topografía más ondulada a suave, donde el río La Villa prácticamente deja atrás las áreas montañosas para empezar a adentrarse en las áreas planas. Finalmente, la parte baja sólo considera a las partes más planas de la cuenca (ANAM, 2008a). Los límites altitudinales quedaron establecidos de la siguiente manera: la parte baja de la cuenca se extiende desde los 0 m hasta una elevación de 80 metros. La parte media se inicia en los 80 m hasta los 300 m y la parte alta desde los 300 m hasta la altura máxima de la cuenca, que sería el cerro Cacarañado con 957 m (Fig. 24).

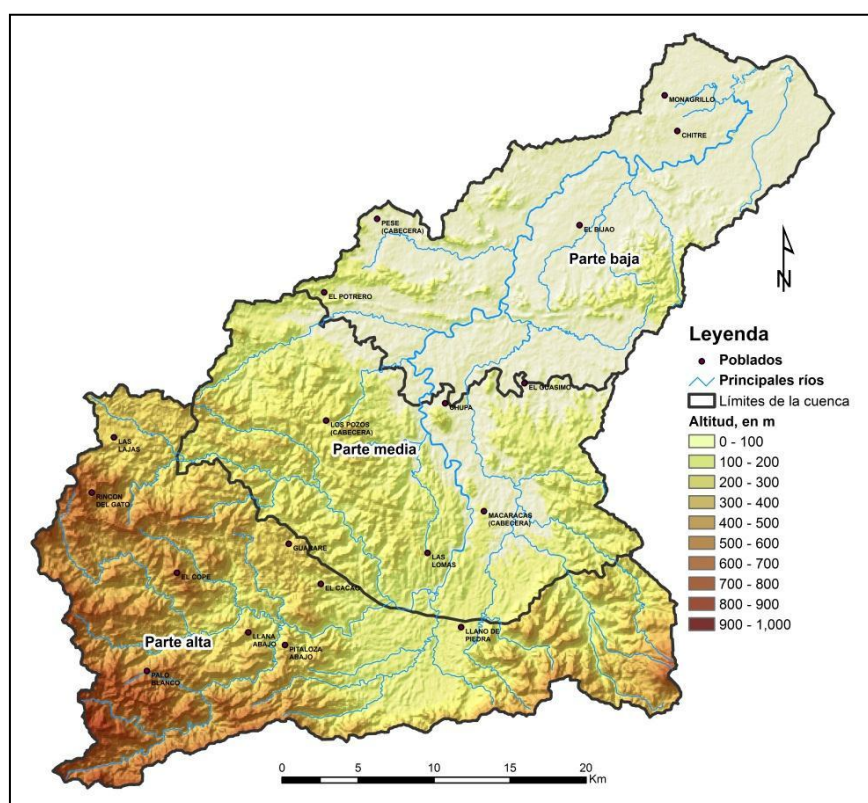


Figura 24. Rangos altitudinales y división de la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

Geomorfológicamente la cuenca del río La Villa está representada en su mayor parte por la unidad denominada como *Regiones Bajas y Planicies Litorales*, la parte suroeste por la *Región de Cerros Bajos y Colinas* y la parte más alta de la cuenca por las *Regiones de Montaña*. Estos tres tipos de paisaje bien diferenciados y delimitados van de este a oeste, desde la costa hasta la reserva forestal El Montuoso (Fig. 25).



Figura 25. Unidades geomorfológicas de la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia.

La primera zona al este de la cuenca está constituida por extensas planicies y valles surcados por ríos y quebradas de curso meándrico, en donde se destacan de este a oeste los manglares y las albinas sobre una franja costera, los bajos inundables y pantanos, los terrenos cultivados y las áreas pobladas. Esta franja costera alcanza altitudes de 50 m. La segunda zona, al oeste de la anterior, se caracteriza por el comienzo de suaves colinas con elevaciones que no sobrepasan los 250 m. Se encuentra gran actividad agrícola y ganadera. La tercera zona va desde la cabecera del río La Villa en la reserva forestal El Montuoso. El cerro El Gato de La Peña asciende hasta los 780 m, en donde nace el río La Villa. En el contexto estructural estas unidades corresponden a litología de rocas sedimentarias y volcánicas, ubicadas morfo cronológicamente en el Cuaternario Reciente Actual, Antiguo y Medio, Terciario y Preterciario.

3.2.2. Caracterización hidrológica

El territorio continental e insular de la República de Panamá está dividido en 52 cuencas hidrográficas, que albergan unos 500 ríos. La cuenca hidrográfica donde se

realiza la presente investigación es la del “Río La Villa”, identificada como No. 128, y se encuentra ubicada en la vertiente del Pacífico (Fig. 26).



Figura 26. Cuencas hidrográficas de la República de Panamá con indicación de la cuenca del río La Villa. Fuente: ANAM, 2012.

La forma de la cuenca es alargada y bastante ancha en la parte alta y más angosta a medida que se aproxima al océano Pacífico. El área de drenaje total o el área de captación, es de 1.291,95 km² hasta la desembocadura al mar. La cuenca se sitúa entre dos provincias, mayoritariamente en la provincia de Herrera (56% de la cuenca) y sobre la provincia de Los Santos (44% de la cuenca), siendo el río La Villa en su mayor parte el límite entre las ambas provincias (Fig. 27 y 28).

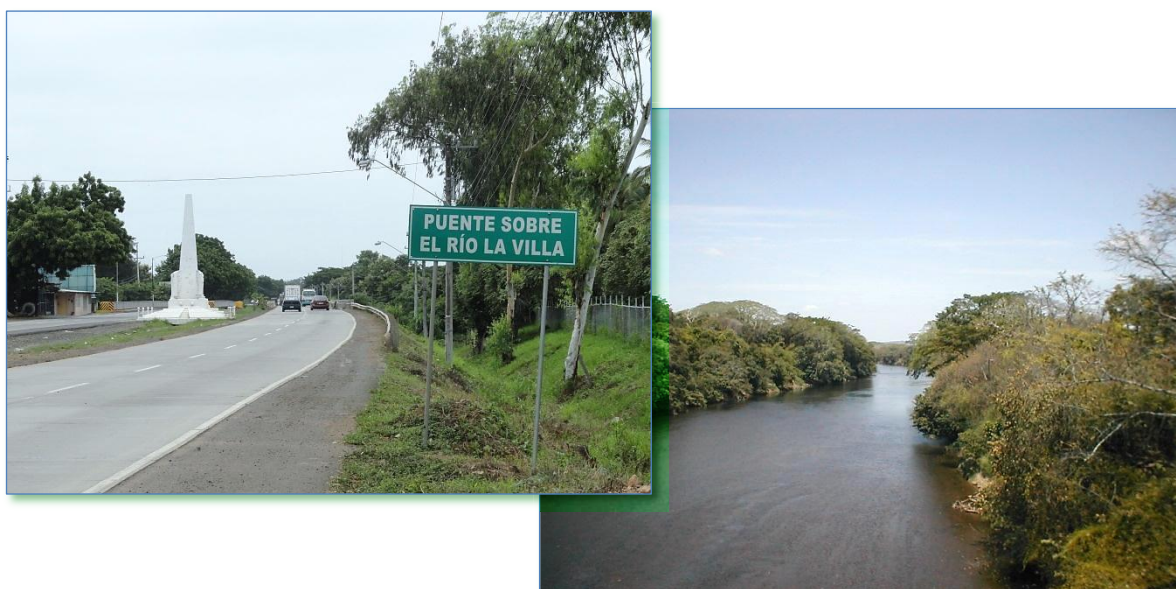


Figura 27. Río La Villa, que divide las provincias de Herrera y Los Santos, (Ciudad de Chitré - La Villa de Los Santos). Fuente: Elaboración propia.



Figura 28. Principales ríos de la cuenca hidrográfica No. 128 "Río La Villa".

Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

El río principal de la cuenca No. 128 es el río La Villa y entre sus afluentes de mayor importancia están los ríos Estivaná, Tebario, El Gato, Espigueta y Quebrada Pesé (Fig. 29).



Figura 29. Río Estivaná, uno de los principales afluentes del río La Villa, parte media de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia.

La longitud del cauce del río La Villa es de 117 Km desde su nacimiento en la parte alta de la reserva forestal El Montuoso hasta su desembocadura en la Bahía de Parita. El cauce está formado por rocas masivas que afloran en el mismo a lo largo de amplios tramos y las terrazas aluviales de cantos rodados, gravas y arenas aparecen solamente en sus márgenes con espesores de apenas 2 a 4 metros.

Dentro del territorio de la cuenca, en el cauce el río La Villa, se encuentran funcionando dos estaciones hidrológicas tipo convencional (CV). La estación “Macaracas” corresponde a la parte media de la cuenca y se ubica aproximadamente 40 metros aguas arriba del puente que cruza el río La Villa, en el camino de Macaracas a la comunidad de Los Pozos. La segunda estación “Atalayita” se localiza en la parte baja de la cuenca, en un sector aledaño a la población de Atalayita, aproximadamente un kilómetro aguas abajo de la confluencia del río Estibaná con el río La Villa. Los datos de caudales máximos, medios y mínimos del río La Villa se presentan a continuación en las Tablas 4 y 5. Según los datos históricos de ambas estaciones hidrológicas, el caudal medio anual del cauce principal es de 23,4 m³/s.

Tabla 4. Caudales promedios (m³/s) en la estación Macaracas (No. 128-01-01). Período: 1959-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROMEDIO	10,2	5,7	3,9	3,7	7,9	14,3	13,7	20,1	30,7	45,3	40,6	20,5
MÁXIMO	27,3	10,0	6,4	7,8	17,8	42,5	42,5	57,4	63,2	103,8	75,1	41,7
MÍNIMO	4,8	2,9	2,0	1,6	2,7	5,1	3,3	3,9	5,5	12,6	15,8	8,5

Tabla 5. Caudales promedios (m³/s) en la estación Atalayita (No. 128-01-03). Período: 1964-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROMEDIO	13,4	7,5	5,1	4,2	11,1	22,2	21,6	33,3	53,7	78,9	65,3	29,2
MÁXIMO	43,5	15,7	10,7	7,3	28,8	86,6	76,5	96,6	109,6	180,0	130,2	65,3
MÍNIMO	7,4	4,4	3,0	1,8	1,9	5,3	5,3	5,7	10,3	23,0	23,3	12,1

En la estación Macaracas, el río La Villa presenta un caudal promedio de 18,0 m³/s, donde el caudal mínimo se observa en el mes de abril con un valor de 1,6 m³/s, mientras que el caudal máximo se presenta en octubre con un valor de 103,8 m³/s (Fig. 30).

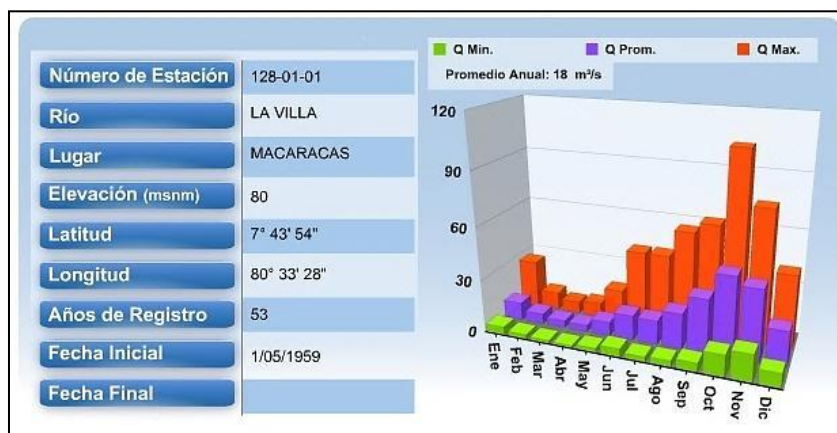


Figura 30. Distribución de caudales mensuales del río La Villa, Estación Macaracas.
Fuente: ETESA, 2012.

Respectivamente, en la estación Atalayita el río La Villa presenta un caudal promedio de $28,8 \text{ m}^3/\text{s}$, donde el caudal mínimo se observa en el mes de abril con un valor de $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$, mientras que el caudal máximo se presenta en el mes de octubre con un valor de $180,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Fig. 31).

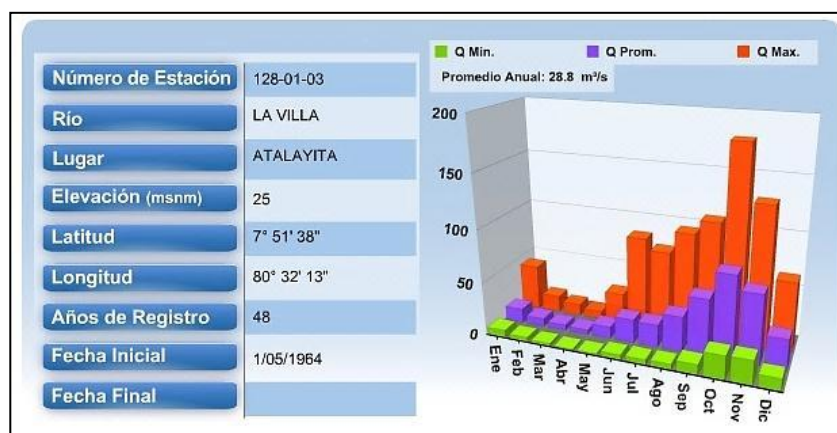


Figura 31. Distribución de caudales mensuales del río La Villa, Estación Atalayita.
Fuente: ETESA, 2012.

En lo que se refiere a la *hidrogeología*, actualmente el país cuenta con el Mapa Hidrogeológico escala 1:1.000.000, que ofrece una visión general y resumida de los recursos hídricos subterráneos en Panamá. Este mapa hidrogeológico ha podido inferir a nivel nacional a la presencia de tres principales grupos de acuíferos, subdivididos luego en diez unidades hidrogeológicas de aguas subterráneas, descritos a continuación:

- ✓ Grupo A: Acuíferos predominantemente intergranulares, continuos, generalmente no consolidados, con una producción estimada entre 3 y $50 \text{ m}^3/\text{h}$, (representados gráficamente por un color azul con distintas tonalidades).

- ✓ Grupo B: Acuíferos predominantemente fisurados, discontinuos, con una producción estimada de 3 a 10 m³/h, (representados gráficamente por un color verde con distintas tonalidades).
- ✓ Grupo C: Áreas con acuíferos locales, intergranulares o fisurados, de productividad limitada o poco significativa, con una producción estimada menor a 5 m³/h, (representados gráficamente por un color chocolate con distintas tonalidades).

Estos tres grupos de acuíferos también presentes en la cuenca del río La Villa, están constituidos por cuatro tipos de acuíferos, la determinación y localización de los cuales se basa en las características físicas de las rocas de diferentes formaciones geológicas existentes en la cuenca (Fig. 32):

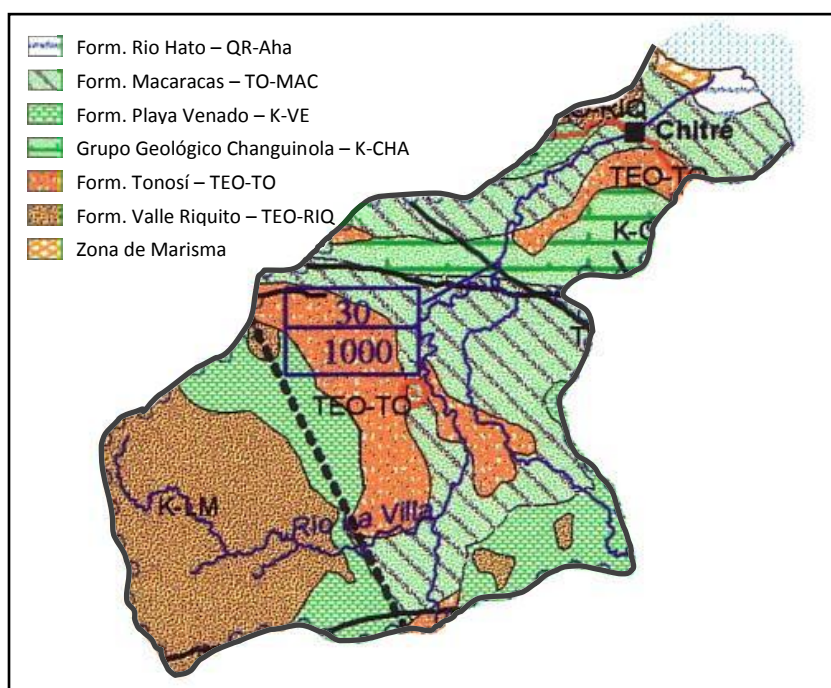


Figura 32. Mapa hidrogeológico de la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 1999.

A. *Acuíferos predominantemente intergranulares (continuos generalmente no consolidados)*

A-2. Permeabilidad variable y moderadamente productivos ($Q = 3-10 \text{ m}^3/\text{h}$).

- Formación geológica Río Hato (QR-Aha), conformada por conglomerado, arenisca, lutita, tobas, areniscas no consolidadas y pómez. Son acuíferos de extensión variable, libres o confinados, constituidos por sedimentos clásticos, consolidados y poco consolidados, y depósitos costeros.

*B. Acuíferos predominantemente fisurados (discontinuos)**B-1. Permeabilidad variable y moderadamente productivos ($Q = 3-10 \text{ m}^3/\text{h}$).*

- Grupo geológico Macaracas (TO-MAC), constituido por tobas y areniscas tobáceas. Son acuíferos locales, restringidos a zonas fracturadas, conformados por una mezcla de rocas volcánicas fragmentarias, consolidadas y poco consolidadas, sobrepuestas a rocas ígneas consolidadas.
- Grupo geológico Playa Venado (K-VE), constituido por basaltos y *pillow* lavas. Son acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, comprenden un conjunto de rocas efusivas, en su mayoría básicas, cuyas fisuras han sido en muchos casos selladas por la deposición de minerales secundarios.
- Grupo geológico Changuinola (K-CHA), Formación Ocú, constituido por calizas y tobas. Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, ampliados en ciertos tramos debido a la presencia de grietas, ensanchadas por efecto secundario de disolución por el agua a lo largo de los planos de estratificación.

*C. Áreas con acuíferos locales (intergranulares o fisurados) de productividad limitada o poco significativa.**C-1. Áreas con acuíferos locales continuos o discontinuos. Permeabilidad baja y productividad limitada ($Q = 3 - 5 \text{ m}^3/\text{h}$)*

- Grupo geológico Tonosí (TEO-TO), constituido por lutitas y areniscas. Son acuíferos constituidos por depósitos marinos, generalmente de naturaleza clástica. La granulometría predominante de estos materiales es del orden de limos y arcillas. En esta formación se encuentran intercalaciones de basaltos. Se puede obtener cierta producción en pozos individuales.

C-3. Acuíferos de muy baja producción ($Q < 1 \text{ m}^3/\text{h}$). Permeabilidad baja a muy baja.

- Grupo geológico Loma Montuoso (K-LM), constituido por cuarzodioritas, cuarzo, gabros, noritas, granodioritas y cuarzomonzonitas. Son cuerpos geológicos prácticamente con ausencia de acuíferos, con una estructura masiva, afectada por una serie fallas y una fisuración poco desarrollada. La ocurrencia de aguas subterráneas está limitada a la zona de meteorización o fracturación de rocas adyacentes.

- Grupo geológico Valle Riquito (TEO-RIQ), constituido por cuarzodioritas, noritas y gabros. Son cuerpos geológicos prácticamente con ausencia de acuíferos, con una estructura masiva, afectada por una serie fallas y una fisuración poco desarrollada. La ocurrencia de aguas subterráneas está limitada a la zona de meteorización o fracturación de rocas adyacentes.

3.2.3. Caracterización climática

❖ Precipitación

El régimen anual de precipitaciones, característico de la cuenca del río La Villa, es de tipo monomodal con un período seco de 5 meses que comprende de diciembre a abril, acentuado de febrero a marzo y un período lluvioso de 7 meses, que comprende de mayo a noviembre, siendo mayores las lluvias en octubre. La precipitación media anual de la cuenca es de 1.490 mm, y el 80% de la precipitación total anual ocurre en los meses que van de junio a noviembre. La precipitación oscila entre 900 y 3.000 mm al año. Las precipitaciones más bajas y con mayor rigor de la sequía se presentan hacia los sectores de las llanuras (Arco Seco), con los meses secos de enero a abril (menos de 1.000 mm/año). Las precipitaciones más altas se observan a medida que nos aproximamos hacia el sector oeste de la cuenca, donde se localizan los macizos montañosos. A esta situación se agrega la particularidad de que en la República de Panamá el evento climático El Niño es sinónimo de sequía en la vertiente del Pacífico, caracterizándose por que el régimen de lluvia se ve afectado tanto en número de días, cantidad como también en distribución. Por lo tanto, debido a este evento climático, las precipitaciones son intensas, de corta duración y con poca cobertura espacial. Los efectos de El Niño, dependiendo de su intensidad, pueden durar entre 12 y 18 meses, la alteración del comportamiento de las lluvias afecta de manera directa a la agricultura, la ganadería, la acuicultura, la pesca, la producción de energía, la salud pública e indirectamente a los sectores de industrias y servicios.

En el mapa de isoyetas (Fig. 33) en la parte media de la cuenca se aprecia una amplia zona donde las precipitaciones se mantienen entre los 1.600 y 1.800 mm al año.

En la cuenca alta se observa como a medida que se acerca a la parte montañosa (reserva forestal de Montoso), las precipitaciones aumentan de 1.800 hasta los 3.000 mm, mientras tanto, en la parte baja de la cuenca las precipitaciones disminuyen gradualmente de 1.600 mm hasta llegar a una precipitación menor a los 1.000 mm en la zona costera de la cuenca.

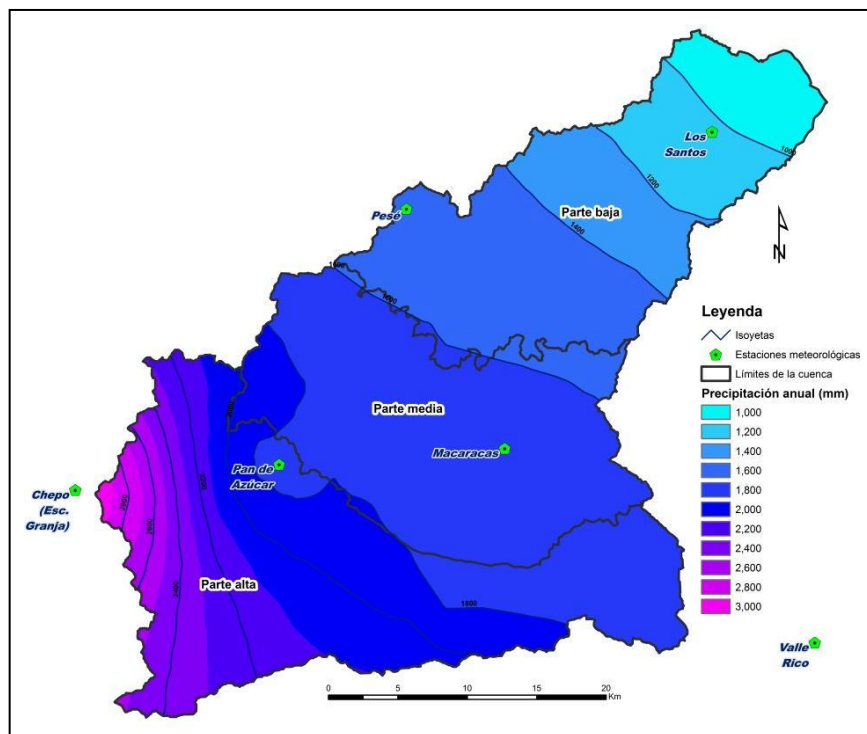


Figura 33. Mapa de isoyetas anuales de la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

Dentro de la cuenca del río La Villa se encuentran funcionando cuatro estaciones meteorológicas: Los Santos, Macaracas, Pesé y Pan de Azúcar. A continuación las Tablas 6 y 7 muestran respectivamente las características principales de cada estación y las precipitaciones promedios mensuales.

Tabla 6. Estaciones de precipitación en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

Número	Nombre	Provincia	Tipo de Estación	Elevación (m)	Latitud	Longitud	Fecha Inicio
128-001	Los Santos	Los Santos	AC	16	7° 57' 00"	80° 25' 00"	1/10/1964
128-004	Macaracas	Los Santos	AM	111	7° 44' 37"	80° 33' 09"	1/05/1955
128-010	Pesé	Herrera	CC	80	7° 54' 00"	80° 37' 00"	1/07/1972
128-016	Pan de Azúcar	Herrera	CC	250	7° 44' 00"	80° 42' 00"	1/04/1977

Tipo de Estación: (AC) Estación tipo A Convencional; (AM) Estación tipo A Mixta; (CC) Estación tipo C Convencional.

Tabla 7. Precipitación promedio mensual (mm) en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

No. de Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
128-001	10,2	0,6	3,5	22,1	115,7	137,6	96,6	125,0	160,8	223,2	126,9	44,2	1066,4
128-004	11,8	4,0	7,7	52,4	209,4	216,9	165,4	193,7	256,0	282,4	216,6	62,8	1679,1
128-010	7,4	1,7	7,3	39,5	197,0	163,2	144,6	170,4	228,9	255,9	183,0	50,7	1449,6
128-016	17,2	10,2	16,7	71,8	219,5	219,9	151,1	223,4	273,9	322,0	181,6	57,1	1764,4
Promedio	11,6	4,1	8,8	46,4	185,4	184,4	139,4	178,1	229,9	270,9	177,0	53,7	1489,9

❖ Temperatura

Los datos históricos de la temperatura dentro de la cuenca del río La Villa corresponden a los registros de la única estación meteorológica Los Santos, que se localiza en su parte baja. Con el fin de contar con una visión más amplia del comportamiento de las temperaturas en el resto de la cuenca, han sido utilizadas dos estaciones auxiliares de las cuencas vecinas.

La estación Chepo se localiza en la cuenca hidrográfica No. 122, llamada *Ríos entre San Pedro y Tonosí*, muy cerca a la divisoria con la cuenca del río La Villa, y la estación Valle Rico se encuentra en la cuenca No. 126, llamada *Ríos entre Tonosí y La Villa*. Por consiguiente, la información de temperaturas de la estación Chepo se aplica para caracterizar la parte alta, mientras que de la estación Valle Rico caracteriza la parte media de la cuenca del río La Villa (Tabla 8):

Tabla 8. Estaciones meteorológicas en la cuenca del río La Villa y cuencas vecinas.
Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

Número	Nombre	Provincia	Tipo de Estación	Elevación (m)	Latitud	Longitud	Fecha Inicio
128-001	Los Santos	Los Santos	AC	16	7° 57' 00"	80° 25' 00"	1/10/1964
126-010	Valle Rico	Los Santos	BC	173	7° 37' 00"	80° 21' 00"	1/06/1972
122-006	Chepo	Herrera	BC	680	7° 43' 00"	80° 50' 00"	1/06/1975

Tipo de Estación: (AC) Estación tipo A Convencional; (BC) Estación tipo B Convencional.

Los datos de temperatura en la cuenca del río La Villa han sido analizados, según la fecha de inicio de cada estación, hasta el año 2012. La temperatura promedio anual correlacionada en la parte alta de la cuenca presenta valores promedio de 23,8°C, con valores máximos de 34°C y mínimos de 14°C. Para la parte media se registran valores

promedio de 26°C anuales, con valores máximos de 36°C y mínimos de 17°C. Para la parte baja se registran valores promedio de 27,7°C anuales, con valores máximos de 38,4°C y mínimos de 14,4°C (Tablas 9, 10 y 11; Figuras 34, 35, 36 y 37):

Tabla 9. Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Los Santos.
Período: 1964-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROMEDIO	27,5	28,0	28,6	29,1	28,6	27,7	27,4	27,4	27,3	27,1	27,0	27,2
MÁXIMO	35,5	36,6	36,2	37,4	38,4	37,2	35,6	36,0	36,0	35,0	36,0	35,0
MÍNIMO	17,0	17,5	16,7	17,5	17,8	17,8	17,8	17,8	18,3	17,8	16,7	14,4

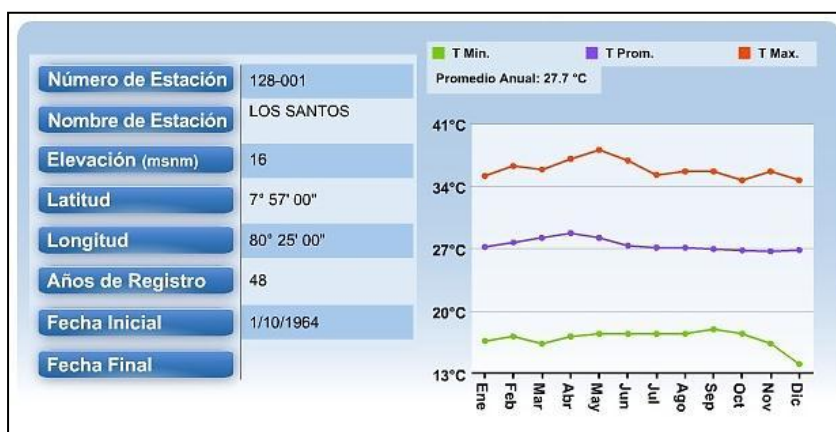


Figura 34. Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Los Santos.
Fuente: ETESA, 2012.

Tabla 10. Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Valle Rico.
Período: 1972-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROMEDIO	26,0	26,6	27,2	27,5	26,5	25,6	25,5	25,5	25,3	25,1	25,4	25,6
MÁXIMO	33,0	34,6	35,5	36,0	34,5	32,5	34,0	33,5	33,0	32,5	33,0	33,0
MÍNIMO	17,0	18,0	18,0	18,0	19,0	18,5	18,5	19,0	18,0	18,0	18,0	17,0

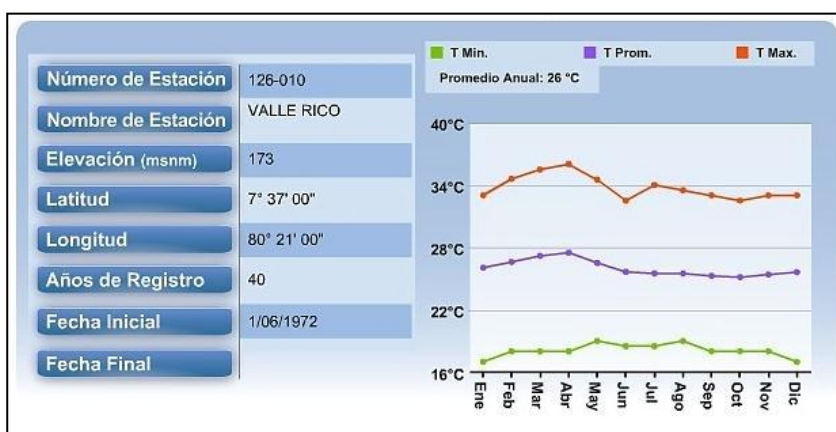


Figura 35. Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Valle Rico.
Fuente: ETESA, 2012.

Tabla 11. Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Chepo.
Período: 1975-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROMEDIO	23,6	24,2	24,7	24,9	24,1	23,7	23,5	23,5	23,2	23,0	23,2	23,3
MÁXIMO	32,8	33,4	33,0	34,0	32,0	31,6	30,0	30,0	33,6	29,8	29,8	30,2
MÍNIMO	16,2	15,7	14,0	14,3	14,3	17,0	15,5	16,1	16,4	15,8	17,2	15,0

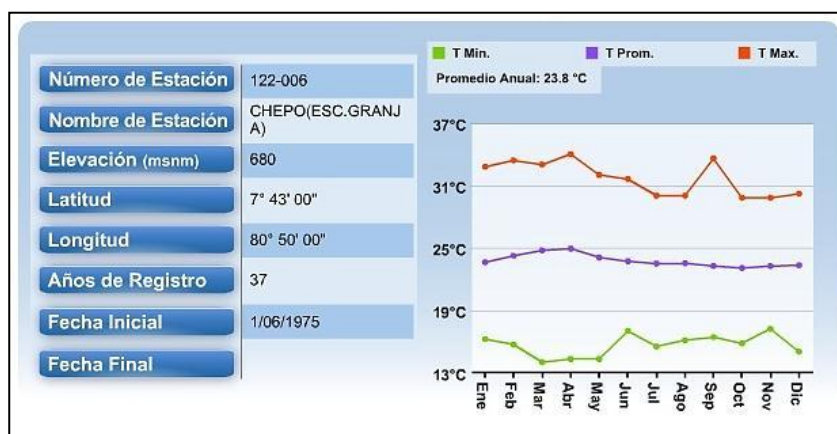


Figura 36. Promedio mensual de temperatura (°C) en la estación Chepo.
Fuente: ETESA, 2012.

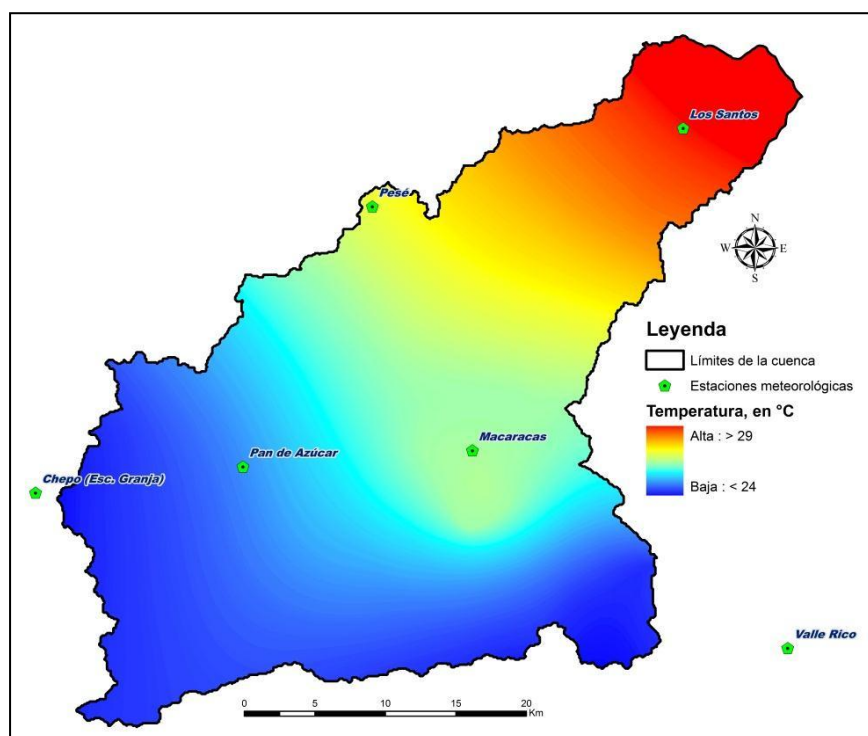


Figura 37. Mapa de temperatura anual de la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de CCAD, 2008.

❖ **Evaporación**

El parámetro evaporación en la cuenca del río La Villa se mide únicamente en la estación Los Santos, por lo tanto representa la evaporación que caracteriza la parte baja de la cuenca. Para tener idea de este parámetro en la parte alta de la cuenca se utilizan como referencia los registros de la estación Chepo de la cuenca vecina, por poseer la topografía y la vegetación similar. La evaporación que se da en la parte media de la cuenca podría asumirse como el promedio entre las estaciones Los Santos y Chepo. Los datos históricos de evaporación promedio diaria en ambas estaciones se reflejan en las Tablas 12 y 13:

Tabla 12. Evaporación mensual en tanque (mm) en la estación Los Santos.
Período: 1964-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROMEDIO	196,2	211,2	245,0	219,2	151,3	101,4	105,2	104,6	97,5	96,5	99,6	143,2
MÁXIMO	256,5	261,4	286,1	269,0	218,9	161,4	187,6	162,7	180,4	207,5	171,5	199,8
MÍNIMO	119,3	164,9	187,3	141,0	99,9	63,9	67,8	51,8	68,8	54,6	57,8	95,8

Tabla 13. Evaporación mensual en tanque (mm) en la estación Chepo.
Período: 1975-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROMEDIO	121,2	130,7	145,4	127,3	87,8	70,1	74,3	76,1	69,7	65,7	72,9	91,4
MÁXIMO	168,5	160,4	188,3	170,3	129,3	129,4	105,7	100,2	111,6	95,2	110,0	141,3
MÍNIMO	91,5	84,7	108,6	88,9	49,8	25,8	27,0	43,3	26,3	23,3	2,8	38,7

Según estos datos, la evaporación promedio anual para la estación Los Santos es de 147,6 mm y la evaporación media anual acumulada es de 1.770,9 mm. Se observa que la evaporación generalmente es mayor en los meses de la estación seca (de diciembre a abril), mientras que para la estación lluviosa (de mayo a noviembre) los valores de evaporación del tanque disminuyen (Fig. 38). Para el caso de la estación Chepo, se observa un comportamiento similar y proporcional al de la estación Los Santos. De conformidad con los valores obtenidos, la evaporación promedio anual es de 94,4 mm y la evaporación media anual acumulada es de 1.132,6 mm. La mayor evaporación se da durante los meses de la estación seca y la menor durante la estación lluviosa (Fig. 39).

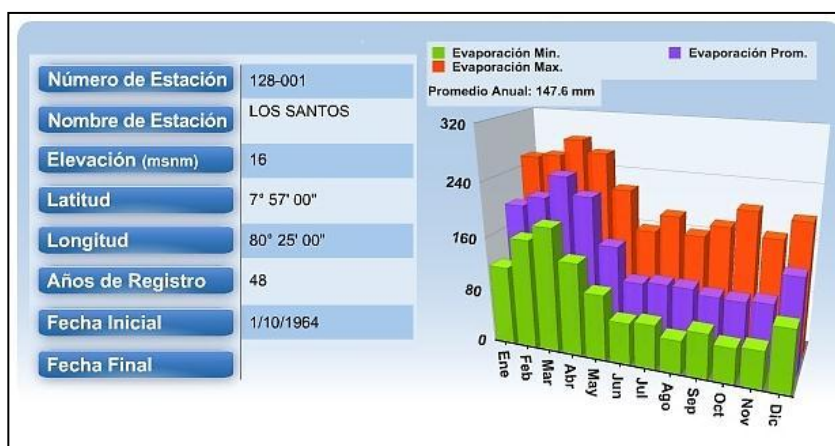


Figura 38. Promedio mensual de evaporación (mm) en la estación Los Santos.
Fuente: ETESA, 2012.

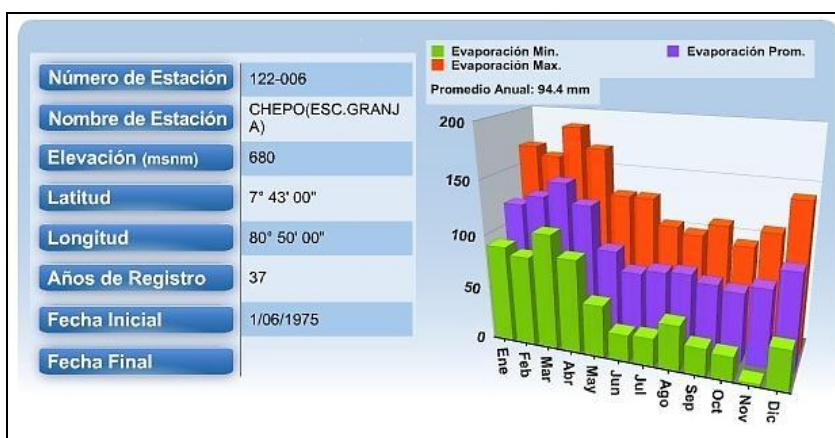


Figura 39. Promedio mensual de evaporación (mm) en la estación Chepo.
Fuente: ETESA, 2012.

❖ Tipo de clima

Para la clasificación climática del área investigada se utilizó el sistema del climatológico alemán W. Köppen (1936), teniendo en cuenta las características pluviométricas y térmicas del área de influencia. Esta clasificación a nivel general distingue 5 zonas climáticas (A, B, C, D y E) y dentro de ellas diferentes tipos climáticos. En Panamá se han identificado dos zonas climáticas: *zona A* y *zona C*. La zona A, que cubre casi todo el territorio nacional, comprende los climas tropicales lluviosos, en donde la temperatura media mensual de todos los meses del año es mayor de 18°C. La zona C comprende los climas templados lluviosos, en donde la temperatura media mensual del mes más cálido es mayor de 10°C y la temperatura media mensual del mes más frío es

menor de 10°C, pero mayor de 3°C. Según esta clasificación (IGNTG, 2007), la cuenca del río La Villa se localiza en la zona climática A (Fig. 40):

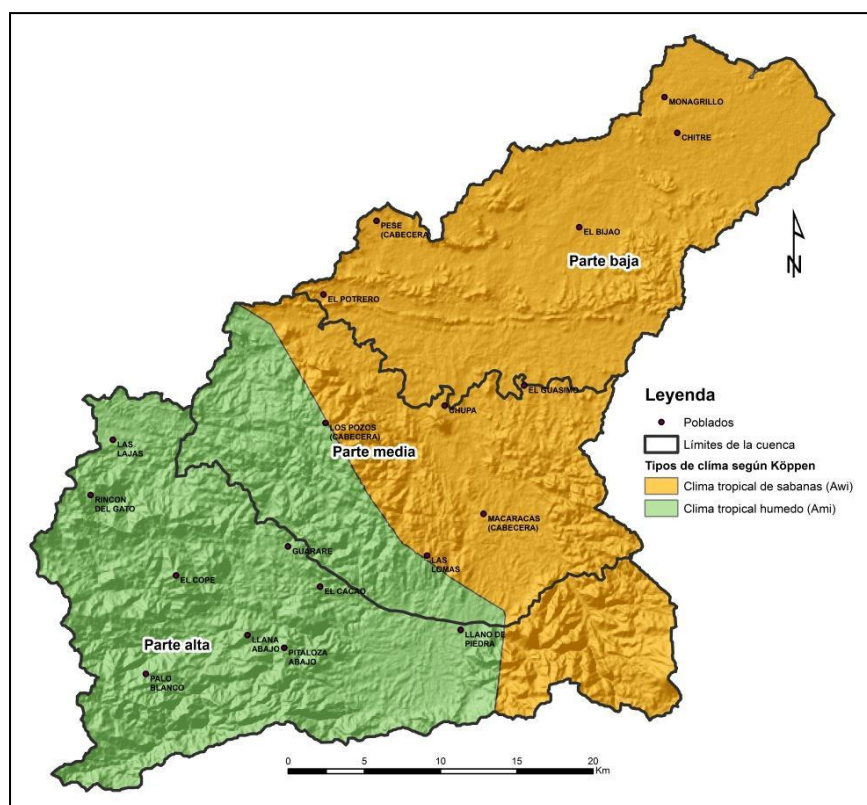


Figura 40. Clasificación de clima en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

Dentro de esta zona en la cuenca se identifican dos tipos de clima: tropical de sabana y tropical húmedo:

- ✓ En la parte noreste de la cuenca: El *clima tropical de sabana (Aw)*, que se extiende en las tierras bajas y llanos con las siguientes características: precipitación anual menor que 2.500 mm, estación seca prolongada (5 meses con lluvia menor de 60 mm); temperatura media del mes más frío mayor que 18°C, diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más frío menos de 5°C.
- ✓ En la parte suroeste de la cuenca: El *clima tropical húmedo (Am)*, que se encuentra en las colinas con elevaciones superiores a 500 m con las siguientes características: precipitación anual mayor que 2.500 mm; uno o más meses con precipitación menor de 60 mm (estación seca); temperatura media del

mes más frío mayor a 18°C; diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más frío es de menos de 5°C.

La diferencia entre ambos tipos de clima es la precipitación y la duración de la estación seca, siendo la parte suroeste de la cuenca con relieve elevado, donde se observan mayores precipitaciones y el tiempo de la sequía es más corto.

3.2.4. Balance hídrico

3.2.4.1. Introducción

La precipitación junto con la temperatura, son consideradas como principales factores climáticos que intervienen en los procesos vitales de un ecosistema, condicionando la fisonomía de la vegetación y la actividad de seres vivos en un área dada. Para caracterizar y analizar el papel que desempeña el agua en un ecosistema resulta particularmente importante establecer el flujo de esta a través del mismo, cuantificando cada uno de los procesos. Se conoce como balance hídrico, a nivel de suelos, la relación entre los aportes de agua realizados a través de la precipitación y las pérdidas (hacia la atmósfera) ocasionadas por la evapotranspiración desde la vegetación existente, constituyéndose la técnica del balance hídrico en una valiosa herramienta que permite evaluar en forma cuantitativa el recurso hídrico, tanto a nivel temporal como espacial. Para cuantificar el exceso o la deficiencia de agua en un ecosistema de una localidad determinada se utiliza el concepto de "*evapotranspiración potencial*" (ETP).

Este importante parámetro puede ser calculado mediante diversas fórmulas empíricas, que permiten estimar la evapotranspiración realizando un balance energético de la masa de agua. No obstante, la disponibilidad de valores de evaporación obtenidos a través de mediciones directas de campo en las estaciones hidrometeorológicas, permiten determinar la evapotranspiración potencial (ETP) con mayor precisión y confianza. La evaporación medida en tanque evaporimétrico concentra la mayor parte de variables que intervienen en el fenómeno físico de evapotranspiración y aparenta ser una estimación confiable para la determinación de la evapotranspiración potencial. Sin embargo,

tomando en cuenta que los tanques evaporímetros realmente no registran la ETP de manera directa, para tal fin se usa un coeficiente de ajuste ($k = 0,6 - 0,8$), que se aplica para cada tanque en particular y para cada tipo de cultivo o vegetación (UNESCO-ROSTLAC, 1982).

Para el caso concreto de la presente investigación, el balance hídrico de la cuenca del río La Villa utilizó los valores del comportamiento de factores climáticos tales como la precipitación, temperatura y evaporación, los cuales han sido medidos mensual y anualmente en la única estación activa *Los Santos*, localizada en la parte baja de la cuenca. Estas mediciones se realizaron para un período de 48 años, comprendido entre los años 1964 y 2012. Además, debido a poca información existente en el resto de la cuenca, se analizaron los datos climáticos correspondientes a un período de 37 años (1975 al 2012), medidos en la estación auxiliar *Chepo*. A pesar de que la misma se encuentra localizada fuera de los límites de la cuenca del río La Villa, los valores obtenidos pueden utilizarse como referencia por su cercanía a la parte alta de la cuenca evaluada.

3.2.4.2. Parámetros de balance hídrico

El balance hídrico realizado con el fin de establecer el contenido de humedad en el suelo en el área de la cuenca del río La Villa, consiste en precisar mes a mes los siguientes parámetros:

ETP: Evapotranspiración potencial

ETR: Evapotranspiración real

CC: Capacidad de campo

R: Reserva del suelo

D: Déficit de agua

Ex: Exceso de agua

❖ Evapotranspiración potencial (ETP)

El conocimiento de la *Evapotranspiración potencial (ETP)* de un lugar, del que se tienen registros de precipitación, permite establecer su balance hídrico anual. En esta

forma es posible conocer la cantidad de agua que realmente se evapora desde el suelo y transpira la vegetación en ese lugar, la cantidad de agua almacenada por el suelo y la que se pierde por derrame superficial y profundo. Para el propósito de estimar los valores de ETP basados en las mediciones de los tanques evaporímetros de la estación Los Santos, ha sido utilizado el coeficiente de ajuste $k=0,7$ debido a que las condiciones de temperatura, vegetación, altitud, etc., aumentan la evaporación en el tanque evaporímetro. Para el caso del tanque evaporímetro de la estación Chepo se utiliza un valor de $k=0,8$ ya que al estar localizado en la parte alta de la cuenca, las condiciones de entorno del tanque no aumentan la evaporación del mismo en una rata muy alta. Siendo así, la ETP en la cuenca baja que registra la estación Los Santos está por el orden de los 1.239,63 mm al año y para la estación Chepo en 906,08 mm al año.

Para la elaboración del mapa de evapotranspiración potencial de la cuenca del río La Villa se utilizó la ecuación lineal simplificada que relaciona la ETP con la elevación en metros sobre el nivel medio del mar, así como el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) generado en el formato de ArcGIS. Esta ecuación ha sido el producto del uso del modelo desarrollado por la FAO mediante la aplicación del método *Penman-Monteith* (1998), el cual en su estructura considera los parámetros que inciden en el intercambio de energía solar y terrestre; el registro climatológico y físico de temperaturas máximas y mínimas, horas del sol, humedad relativa, el flujo de vapor de agua proveniente de la vegetación, transportado por el viento, la latitud y elevación en relación con el nivel medio del mar (Fig. 41).

La fórmula para el cálculo de ETP para la vertiente del Pacífico es la siguiente (IGNTG, 2007):

$$ETP = - 0,29509 * ELV + 1.407,9 \text{ (mm)}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial, en mm/año

ELV = Elevación en m

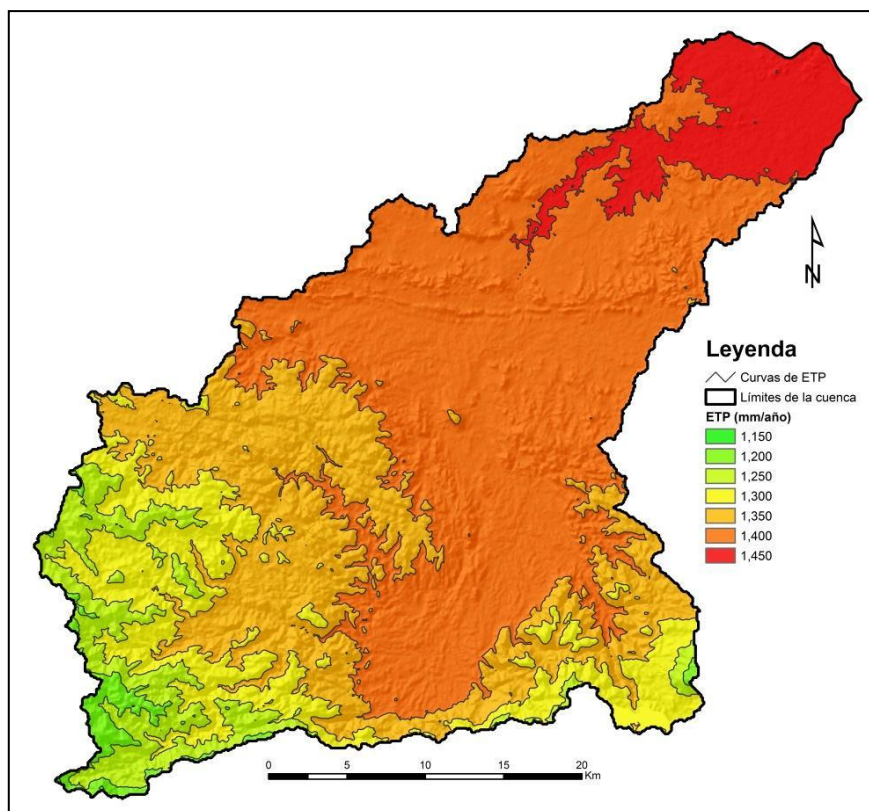


Figura 41. Evapotranspiración potencial en la cuenca del río La Villa, en mm/año. Período 1964-2011. Fuente: Elaboración propia a partir de IGNTG, 2007.

❖ Evapotranspiración real (ETR)

La *Evapotranspiración real (ETR)* indica la cantidad de agua realmente perdida por el ecosistema cuando no recibe ningún aporte suplementario de agua. Por lo tanto, en general, para cualquier ecosistema, la ETR será menor que la ETP, indicando así que hay períodos donde el agua en el suelo actúa como factor limitante de la transpiración.

Para estimar la ETR anual en la cuenca del río La Villa se utilizó la metodología desarrollada por el antiguo Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), detallada en el documento técnico “Evaluación de Evapotranspiración Potencial para la República de Panamá” del año 1992. Según este documento, la ETR es la ETP multiplicada por un factor o porcentaje presentados en la Tabla 14.

Tabla 14. Factores para determinar ETR (mm) anual en función de ETP y P.
Fuente: IRHE, 1992.

ETP/P	%	Continuación	
		ETP/P	%
0,12	71	0,35	92
0,15	76	0,38	92
0,18	81	0,40	93
0,20	83	0,42	93
0,21	84	0,43	93
0,23	86	0,50	91
0,24	87	0,55	91
0,25	88	0,60	88
0,27	90	0,65	86
0,28	90	0,70	84
0,30	91	0,75	84
0,31	91	0,85	78
0,32	91	0,90	72
0,34	92		

De esta manera, aplicando el respectivo factor que corresponde a la relación de los valores de evapotranspiración potencial (ETP) y la precipitación (P), registrada en la estación de Los Santos y Chepo, se obtienen como resultado los respectivos valores de evapotranspiración real (ETR) para la parte baja y alta de la cuenca del río La Villa (Tabla 15 y 16).

Tabla 15. Evapotranspiración real (mm) en la estación Los Santos.
Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
P (mm)	10,2	0,6	3,5	22,1	115,7	137,6	96,6	125,0	160,8	223,2	126,9	44,2
ETP (mm)	137,3	147,8	171,5	153,4	105,9	71,0	73,6	73,2	68,3	67,6	69,7	100,2
ETP/P	13,46	246,4	49,00	6,94	0,92	0,52	0,76	0,59	0,42	0,30	0,55	2,27
Factor	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,91	0,83	0,88	0,93	0,91	0,91	0,72
ETR (mm)	98,9	106,4	123,5	110,5	76,3	64,59	61,1	64,4	63,5	61,5	63,4	72,2

Tabla 16. Evapotranspiración real (mm) en la estación Chepo.
Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
P (mm)	26,1	16,4	21,4	105,3	357,7	326,9	248,9	358,7	454,9	526,3	325,9	110,9
ETP (mm)	97,0	104,6	116,3	101,8	70,2	56,1	59,4	60,9	55,8	52,6	58,3	73,1
ETP/P	3,72	6,38	0,54	0,97	0,20	0,17	0,24	0,17	0,12	0,10	0,18	0,66
Factor	0,72	0,72	0,91	0,72	0,83	0,79	0,87	0,79	0,71	0,71	0,81	0,86
ETR (mm)	69,8	75,3	105,9	73,32	58,3	44,3	51,7	48,1	39,6	37,3	47,2	62,9

❖ Capacidad de campo (CC)

Un elemento importante a tener en cuenta para el cálculo del balance hídrico, es la capacidad de retención de agua por el suelo. Ésta depende del tipo de suelo (básicamente de su estructura y textura) y de la vegetación que crece en su superficie. El suelo está conformado por 3 componentes: materia orgánica, elementos minerales y espacios libres o poros que pueden contener aire o agua. Cuando la mayor parte de los poros contiene agua se dice que el suelo está saturado. El agua que se encuentra en poros mayores no puede ser retenida por mucho tiempo y continúa infiltrándose por acción de la fuerza de gravedad. A partir de un horizonte saturado, al cabo de un tiempo más o menos corto (horas o días) toda el agua gravitacional se filtra hacia horizontes inferiores. El agua que queda en ese momento se denomina *Capacidad de Campo (CC)* y se mide en milímetros.

La Capacidad de Campo en el suelo recomendada por el Ministerio de Desarrollo Agropecuario de la República de Panamá (2008) es de $CC = 150$ milímetros para la estación Los Santos.

❖ Diferencia entre precipitación y evapotranspiración (P-ETP)

La diferencia P-ETP se considera como balance mensual entre las entradas y salidas de agua del suelo. Si $P-ETP < 0$ se tiene el mes seco. Si $P-ETP > 0$ el mes es húmedo. Se realiza esta diferencia para determinar los períodos de *exceso* y *déficit* de humedad. Un valor negativo de P-ETP indica la cantidad de precipitación (P) que falta para satisfacer las necesidades potenciales de agua de la vegetación que cubre la superficie en estudio. Inversamente, el exceso es indicado por un valor positivo.

Dibujando la marcha anual de la precipitación (P) y la ETP en un área, se obtiene una primera estimación de su balance hídrico, estableciéndose los períodos del año con exceso o con déficit de agua, así como los períodos en los que se acumulará o se utilizará el agua acumulada en el suelo.

❖ Reserva máxima del suelo (R)

Se entiende por Reserva máxima del suelo (R) la cantidad de agua por unidad de superficie que el suelo es capaz de almacenar en su perfil, teniendo como valor de referencia a 150 mm (150 litros/m²). Cuando en un mes se produzcan más entradas que salidas ($P > ET$), se incrementa la reserva del suelo, hasta alcanzar su reserva máxima y el exceso se escurre. Por el contrario, cuando las salidas sean mayores que las entradas se reducirá la reserva del suelo. Sin embargo, el suelo tiene una capacidad de retención de humedad en función de sus características físicas y cuando se alcance la capacidad de retención máxima del suelo, el agua añadida "en exceso" escurrirá superficialmente o en profundidad. Por lo tanto, se expone el concepto de reserva máxima o cantidad de agua por unidad de superficie (mm) que el suelo es capaz de almacenar en su perfil. Para el cálculo de la reserva mensual se necesita el valor de la reserva del mes anterior, la que se suma al balance mensual entre las entradas y salidas de agua del suelo ($P - ETP$) del mes siguiente:

$$R_i = R_{i-1} + (P_i - ETP_i); \text{ si } 0 < R_{i-1} + (P_i - ETP_i) < R_{max}$$

❖ Variación de la reserva (VR_i)

Es la diferencia entre la reserva del mes y la del mes anterior:

$$VR_i = R_i - R_{i-1}$$

❖ Déficit de agua (D_i)

Déficit de agua es el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua (para evaporar y transpirar). Por lo tanto, el déficit de agua es:

$$D_i = ETP_i - ETR_i$$

❖ Exceso de agua (Ex)

Es el agua que excede de la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial o profunda. Entonces:

$$Ex_i = P_i - ETP_i - VR_i; \text{ si } (P_i - ETP_i) > 0 \quad y \quad Ex_i = 0; \text{ si } (P_i - ETP_i) \leq 0$$

3.2.4.3. Cálculo del balance hídrico para la cuenca

Para calcular el balance hídrico medio anual de la parte baja de la cuenca del río La Villa, se consideran la evapotranspiración potencial y la precipitación (Tabla 17 y Fig. 42):

Tabla 17. Parámetros de balance hídrico para la parte baja de la cuenca del río La Villa (estación Los Santos). Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

Meses	P, mm	ETP, mm	P-ETP	ETR, mm	R	VR	Ex	D
Enero	10,2	137,3	-127,1	98,9	0	0	0	38,4
Febrero	0,6	147,8	-147,2	106,4	0	0	0	41,4
Marzo	3,5	171,5	-168,0	123,5	0	0	0	48,0
Abril	22,1	153,4	-131,3	110,5	0	0	0	43,0
Mayo	115,7	105,9	9,8	83,7	9,8	9,8	0	29,7
Junio	137,6	71,0	66,6	65,3	76,4	66,6	0	6,4
Julio	96,6	73,6	23,0	63,3	99,4	23,0	0	12,5
Agosto	125,0	73,2	51,8	66,6	150,0	50,6	1,2	8,8
Septiembre	160,8	68,3	92,6	63,5	150,0	0	92,6	4,8
Octubre	223,2	67,6	155,7	61,5	150,0	0	155,7	6,1
Noviembre	126,9	69,7	57,2	63,4	150,0	0	57,2	6,3
Diciembre	44,2	100,2	-56,0	72,2	94,0	56,0	0	28,1

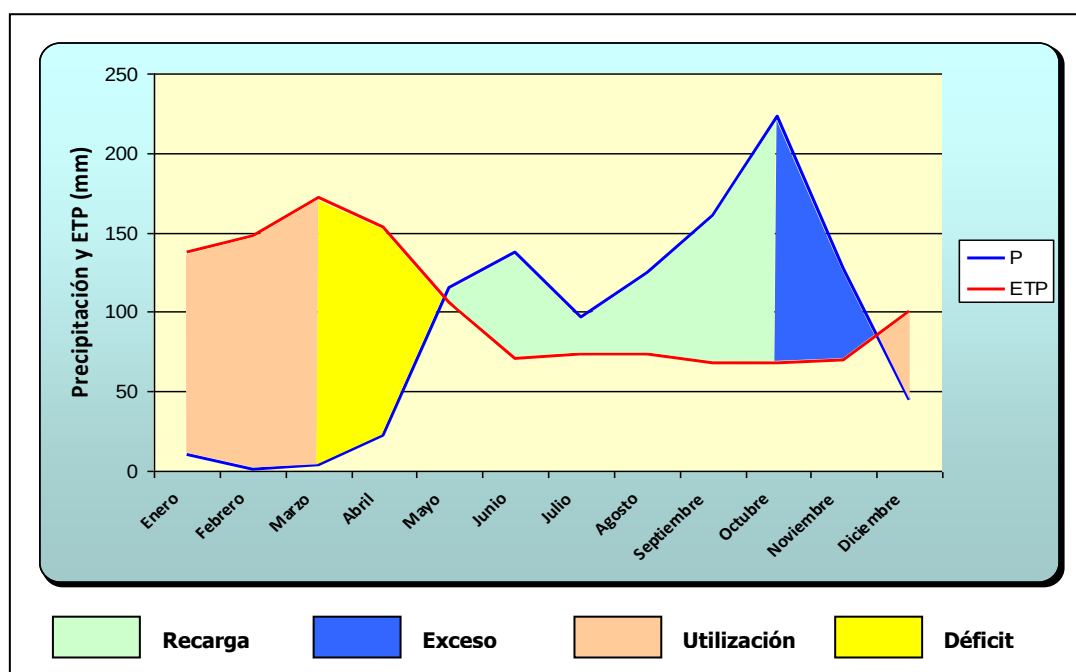


Figura 42. Balance hídrico del suelo de la parte baja de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el cálculo del balance hídrico de la parte alta cuenca, se utilizaron los siguientes datos (Tabla 18 y Fig. 43):

Tabla 18. Parámetros de balance hídrico para la parte alta de la cuenca del río La Villa (estación Chepo). Fuente: Elaboración propia a partir de ETESA, 2012.

Meses	P, mm	ETP, mm	P-ETP	ETR, mm	R	VR	Ex	D
Enero	26,1	97,0	-70,9	69,8	0	0	0	27,2
Febrero	16,4	104,56	-88,2	75,3	0	0	0	29,3
Marzo	21,4	116,32	-94,9	105,8	0	0	0	10,5
Abril	105,3	101,8	3,5	73,3	3,5	3,5	0	28,5
Mayo	357,7	70,2	287,5	58,3	150,0	146,5	141,0	11,9
Junio	326,9	56,1	270,8	44,3	150,0	0	270,8	11,8
Julio	248,9	59,4	189,5	51,7	150,0	0	189,5	7,7
Agosto	358,7	60,9	297,8	48,1	150,0	0	297,8	12,8
Septiembre	454,9	55,8	399,1	39,6	150,0	0	399,1	16,2
Octubre	526,3	52,8	473,7	37,3	150,0	0	473,7	15,2
Noviembre	325,9	58,3	267,6	47,2	150,0	0	267,6	11,1
Diciembre	110,9	73,1	37,8	62,9	150,0	0	37,8	10,2

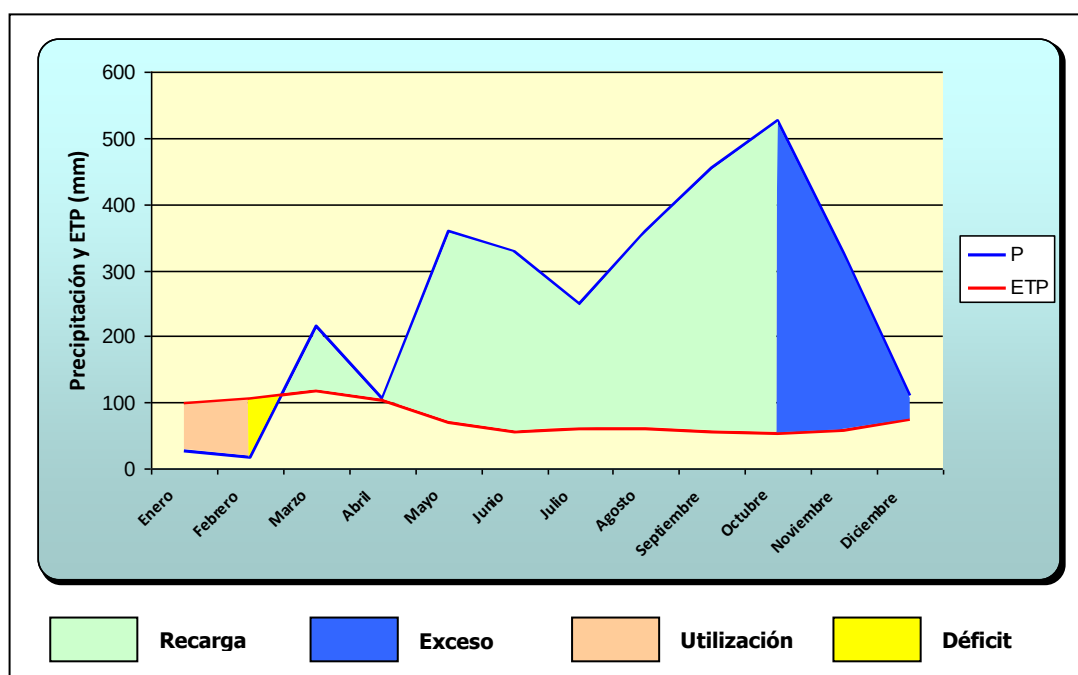


Figura 43. Balance hídrico del suelo de la parte alta de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Vegetación y suelos

❖ Vegetación

El *Mapa de Vegetación de Panamá*, elaborado por la Autoridad Nacional del Ambiente (2000) identifica según el sistema de clasificación de la UNESCO 25 categorías de vegetación, a la cual se agrega otras 7 categorías para indicar los sistemas productivos del país, los poblados, los arrecifes coralinos y las islas menores de 140 hectáreas, para un total de 32 categorías.

“La clasificación de la UNESCO tiene un carácter fundamentalmente fisionómico estructural con información ecológica suplementaria integrada en sus diferentes categorías y aplicable a la vegetación natural y seminatural. Aunque relativamente completa, está organizada de forma que permita la adición de nuevas categorías cuando sea conveniente”, (UNESCO, 1973). En la clasificación de la UNESCO, las unidades de diferente rango o jerarquía han sido representadas de esta forma:

I, II, etc.	= Clase de Formación
A, B, etc.	= Subclase de Formación
1, 2, etc.	= Grupo de Formación
a, b, etc.	= Formación
(1), (2), etc.	= Sub-Formación
(a), (b), etc.	= Subdivisiones adicionales

Para el caso concreto de la República de Panamá, incluyendo a la cuenca del río La Villa, la metodología para la clasificación de vegetación consideró los siguientes gradientes altitudinales:

- ✓ Las tierras bajas serían aquellas ubicadas por debajo de la línea de temperatura de 24°C, que más o menos corresponde a 700 m en el Pacífico
- ✓ Nivel submontano (de 700 a 1.200 msnm en el Pacífico)

Según esta clasificación, la vegetación característica de la cuenca comprende las siguientes unidades (Tabla 19 y Fig. 44):

Tabla 19. Clasificación y cobertura de vegetación en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de IGNTG, 2007.

Clasificación	Superficie (km ²)	(%)
Categorías de la UNESCO		
I.A.1a(1) Bosque perennifolio ombrófilo tropical latifoliado de tierras bajas - bastante intervenido	40,2	3,1
I.A.1b(1) Bosque perennifolio ombrófilo tropical latifoliado submontano	64,84	5,0
I.A.3a Bosque semicaducifolio tropical de tierras bajas	3,18	0,2
I.A.5 Bosque de manglar	9,95	0,8
V.E.1a Plantas herbáceas salobres	8,97	0,7
Otras categorías		
SP.A. Sistema productivo con vegetación leñosa natural o espontánea significativa (10-50%)	657,66	50,9
SP.B. Sistema productivo con vegetación leñosa natural o espontánea significativa (<10%)	501,66	38,8
SP.C. Sistema productivo acuático (camaronera o salina)	5,39	0,4

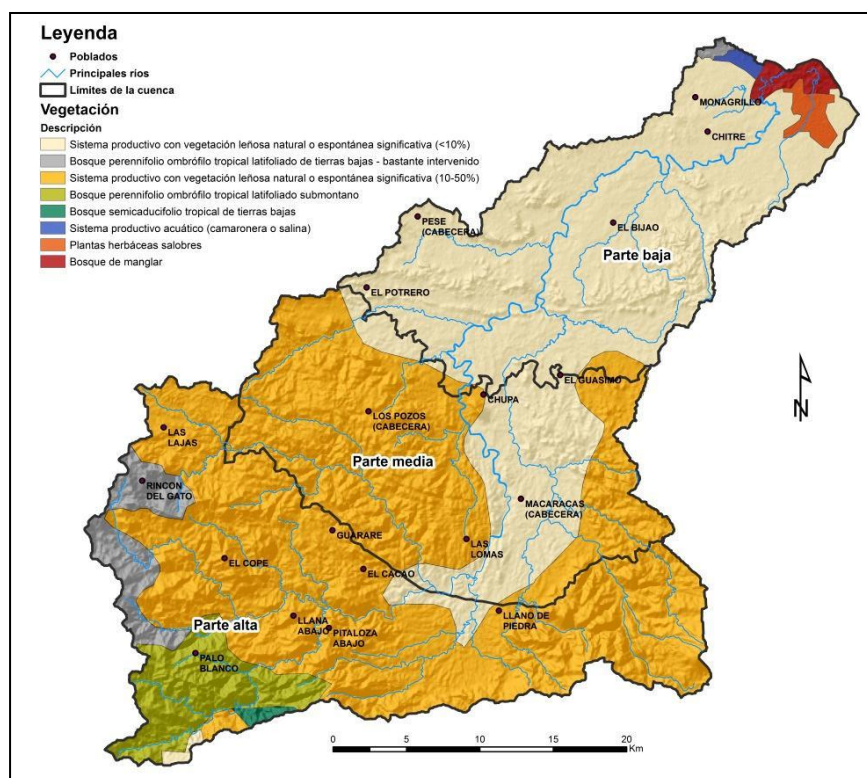


Figura 44. Vegetación (año 2000) en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de IGNTG, 2007.

La categoría de vegetación con mayor porcentaje (50,9%) y superficie se identifica como *Sistema productivo con vegetación leñosa natural o espontánea significativa (10-*

50%), seguida por *Sistema productivo con vegetación leñosa natural o espontánea significativa* (<10%) con 38,8%. La categoría de vegetación con el menor porcentaje y superficie es la de *Bosque semicaducifolio tropical de tierras bajas* (0,2%). Si se observa el mapa de vegetación de la cuenca del río La Villa, resalta que la presencia de sistemas productivos o agropecuarios tiene mayor importancia relativa, ocupando 89,7% (1.159,42 km²) de la superficie de la cuenca, y los bosques ocupan solamente un 9,1% (118,7 km²).

❖ Suelos

La taxonomía de suelos de USDA (Soil Taxonomy), desarrollada y coordinada internacionalmente por el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos (acrónimo, en inglés, para el United States Department of Agriculture y su subsidiaria National Cooperative Soil Survey) ofrece una clasificación de suelos acorde a varios parámetros y propiedades de los mismos, tales como la humedad, temperatura, naturaleza de los materiales originarios, características químicas de horizontes (capas) de suelos, entre otros.

Según USDA (1999) esta clasificación se desarrolla en los siguientes niveles jerárquicos: *Orden, Suborden, Gran Grupo, Subgrupo, Familia y Serie*. En el más alto nivel jerárquico del “Soil Taxonomy” se identifican 12 órdenes de suelo, luego hay 64 subórdenes, los que están divididos en 300 grandes grupos. Los grupos se dividen en más de 2.400 subgrupos y estos se dividen en más de 8.000 familias, siendo la serie (más de 19.000) la categoría más baja en el sistema de clasificación del suelo. De los 12 órdenes de suelos conocidos en el sistema de clasificación “Soil Taxonomy”, siete órdenes se presentan en la República de Panamá, de los cuales dos se identifican en la cuenca del río La Villa: alfisoles y inceptisoles (Tabla 20 y Fig. 45).

Tabla 20. Extensión aproximada de los Órdenes de suelos en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.

Orden	Superficie (km ²)	(%)
Alfisoles	526,18	40,7
Inceptisoles	765,77	59,3
Total	1.291,95	100,0

Los Órdenes de suelo identificados en la cuenca tienen las siguientes características (Fig. 46):

- ✓ Los *alfisoles* tienen características de ser finos y mezclados. Su color es pardo rojizo, arcillosos, son duros en seco, friables en húmedo, ligeramente adhesivos y ligeramente plásticos. Se encuentran en las áreas planas y onduladas de geformas. Se han desarrollado sobre una amplia gama de materiales parentales sedimentarios y bajas precipitaciones.
- ✓ Los *Inceptisoles* comprenden una amplia gama de suelos, con características morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas que varían según el material sobre el cual se han desarrollado. No hay predominancia de ningún material en especial y en general, lo que se encuentra en ellos son mezclas de varios tipos de arcillas y minerales primarios. Este fenómeno se debe al relativo corto período de tiempo que han tenido estos suelos para su desarrollo.

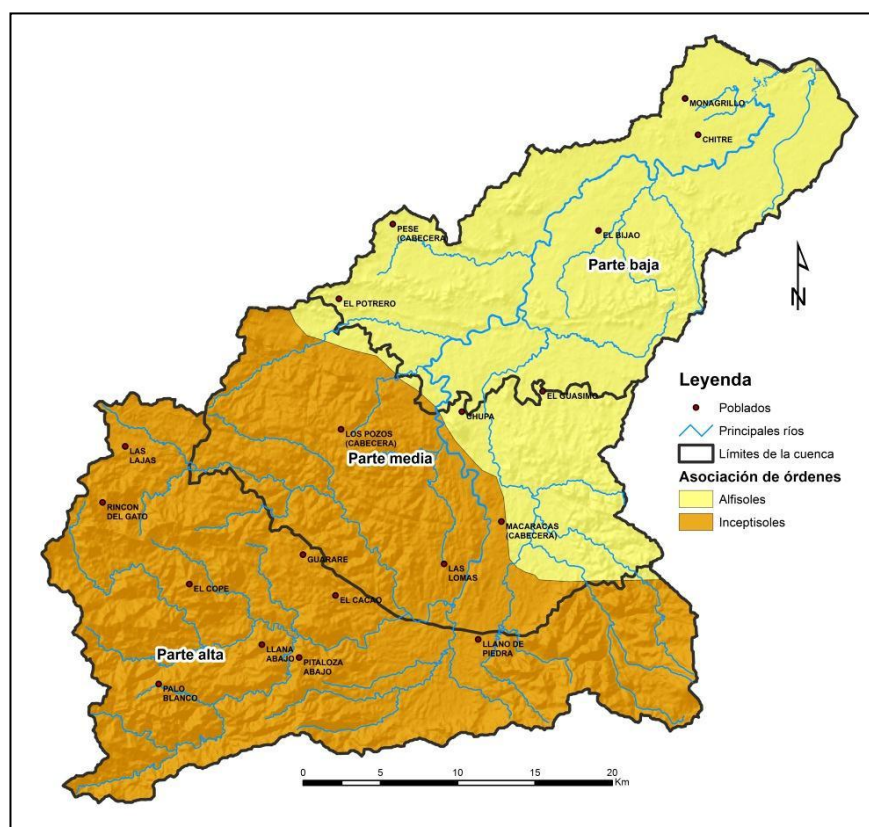


Figura 45. Taxonomía de suelos en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.



Figura 46. Órdenes de suelo de la cuenca: *Inceptisoles* identificados en la parte alta y *alfisoles* en la parte baja de la cuenca. Fuente: Elaboración propia.

❖ Cobertura y uso del suelo

Las características de la cobertura del suelo en la cuenca del río La Villa se basan en el análisis de tres imágenes satelitales ASTER: una del 2004 correspondiente a la parte alta de la cuenca; y dos del 2006, que cubren su parte media y baja. La cobertura vegetal y el uso del suelo presentes en la cuenca han sido clasificada en ocho diferentes tipos (ANAM, 2008a), como se indica en la Tabla 21:

Tabla 21. Cobertura y usos actuales del suelo en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

Tipo de cobertura	Superficie (km ²)	% de ocupación
Bosque maduro	124,04	9,6
Bosque secundario o intervenido	39,78	3,1
Rastrojos/Matorrales	563,85	43,6
Uso agropecuario	507,22	39,3
Manglar	12,19	0,9
Agua	2,12	0,2
Salineras/Pantanos	13,58	1,0
Urbano	18,99	1,5
Otros (nube y sombra de nube)	10,18	0,8
Total	1.291,95	100,0

[illegible]

155



Figura 48. Cobertura y principal uso del suelo en la cuenca del río La Villa.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6. Capacidad agrológica de los suelos

En la República de Panamá en 1970 se realizó el *Estudio de Catastro de Tierras y Aguas (CATAPAN)*, el cual clasificó los suelos del país según el sistema de ocho clases de aptitud de suelos del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1985), que caracteriza su capacidad y el uso potencial de la tierra. Conforme con esta clasificación, de la clase I a la IV son tierras de uso agrícola, de la V a VII son tierras de uso para pastos, frutales y forestales y la clase VIII son tierras de usos limitados, quedando dedicadas a la conservación.

El aumento del número de clase agrológica implica disminución en potencialidad del uso y en la libertad de implantación de usos. Las variables que se evalúan son las siguientes: profundidad para el desarrollo de las raíces, permeabilidad, drenaje, presencia de rocas o piedras, topografía, erosión, riesgo de inundación, salinidad y fertilidad. Según los datos de CATAPAN en la cuenca del río La Villa hay presencia de seis de las ocho clases de suelo. Dentro de la cuenca existen las clases II, III, IV, VI, VII y VIII, de las cuales la clase VII es la que predomina, seguida por la clase IV. No hay presencia de suelos de la clase I ni de V (Tabla 22).

Tabla 22. Clases agrológicas y capacidad de uso del suelo en la cuenca del río La Villa.
Fuente: EPR/ Soluziona, 2003.

Clases	Características	Uso general
II	Suelos profundos, planos, franco a franco limosos, buena capacidad de retención hídrica; fertilidad natural media; medianamente ácidos a neutros. Limitaciones ligadas mayormente a inundaciones eventuales.	Tierras cultivables bajo métodos de protección de fácil aplicación sujetas a medianas limitaciones, aptas para el riego con cultivos muy rentables, con topografía plana a ondulada o suavemente inclinada, productividad mediana con prácticas intensas de manejo.
III	Suelos profundos a moderadamente profundos, planos a ligeramente inclinados, franco arenosos a franco arcillosos, friables o muy firmes, de fertilidad natural baja a media; algunos son de reacción medianamente ácida a neutra y otros de muy fuertemente ácidos a fuertemente ácidos. Los suelos planos generalmente soportan inundaciones periódicas ligeras.	Tierras cultivables, pero con adecuadas rotaciones, sujetas a limitaciones permanentes y severas restricciones de uso. Requieren intensas medidas de conservación. Son de uso para cultivos intensivos y potreros.
IV	Suelos moderadamente profundos, inclinados, franco arcillosos a arcillosos, porosos, friables, de fertilidad natural baja a media; reacción muy fuertemente ácida a medianamente ácida. Susceptibles a erosión hídrica.	Sistemas silvopastoriles, son tierras cultivables con severas limitaciones permanentes, no aptas para riego, salvo en condiciones especiales, con topografía plana, ondulada o inclinada, aptas para pastos y cultivos perennes, requieren prácticas intensivas de manejo. Productividad de mediana a baja.
VI	Suelos superficiales a moderadamente profundos, afectados por pendientes complejas y pronunciadas; muy susceptibles a erosión pluvial. Fertilidad natural generalmente baja.	Tierras no cultivables, salvo para cultivos perennes y de montaña, principalmente para fines forestales y pastos, con factores limitantes muy severos.
VII	Suelos de profundidad efectiva limitada, empinados a muy empinados, potencial hidro-erosivo muy elevado. Pueden presentar rocosidad o pedregosidad superficial.	Tierras no cultivables, aptas solamente para fines de uso o explotación forestal.
VIII	Tierras de montañas de topografía muy abrupta; suelos generalmente pedregosos y rocosos, y tierra plana de drenaje muy pobre. Son suelos arcillosos, con superficies de empozamiento de agua casi permanente.	Tierras no aptas para cultivos ni explotación forestal, aptas solo para parques nacionales, recreación, vida silvestre o protección de cuencas hidrográficas.

En forma detallada se puede decir que el 63,1% de la superficie de la cuenca representa a los suelos de la clase VII, mientras que el 21,1% a suelos de la clase IV. El resto de las clases ocupan extensiones de territorio mucho menor, donde la clase VI

ocupa el 8,4%, la clase III el 4,3% y las clases II y VIII el 2,0 y 1,1% respectivamente (Tabla 23).

Tabla 23. Clases agrológicas del suelo de la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de CATAPAN, 1970 y CARTAP-MIDA, 2008.

Clase	Descripción	Superficie (km ²)	% de ocupación
II	Arable, algunas limitaciones en la selección de las plantas, requiere conservación moderada	25,60	2,0
III	Arable, severas limitaciones en la selección de las plantas, requiere conservación especial	55,20	4,3
IV	Arable, muy severas limitaciones en la selección de las plantas, requiere un manejo muy cuidadoso	272,16	21,1
VI	No arable, con limitaciones severas, apta para pastos, bosques, tierras de reserva	109,21	8,4
VII	No arable, con limitaciones muy severas, apta para pastos, bosques, tierras de reserva	815,40	63,1
VIII	No arable, con limitaciones que impiden su uso en la producción de plantas comerciales	13,74	1,1

Esta clasificación de los suelos permite identificar cuáles áreas, dentro de la cuenca del río La Villa, son las más aptas para el desarrollo de actividades agropecuarias y cuáles deben preferiblemente destinarse a la actividad forestal o de conservación del bosque. La distribución espacial de las diferentes categorías de suelo existentes en la cuenca del río La Villa muestra el siguiente patrón: los suelos con mayores limitantes se concentran en las partes medias y altas, mientras que los suelos con mayor potencial se ubican en la parte baja, puesto que en la cabecera de la cuenca se encuentran las mayores pendientes.

En ese sentido, los suelos de las clases II a IV son los más adecuados para el establecimiento de cultivos o para la actividad ganadera, mientras que las de clases VI a VIII debieran utilizarse para el desarrollo forestal o conservación del bosque. Atendiendo la capacidad agrológica de los suelos existentes en la cuenca del río La Villa, el 72,6% de los suelos tienen la consideración de “no aptos” para el uso agrícola, y tan sólo el 27,4% presenta capacidad de uso agrícola, aunque en su mayor parte con limitaciones moderadas o severas (Fig. 49).

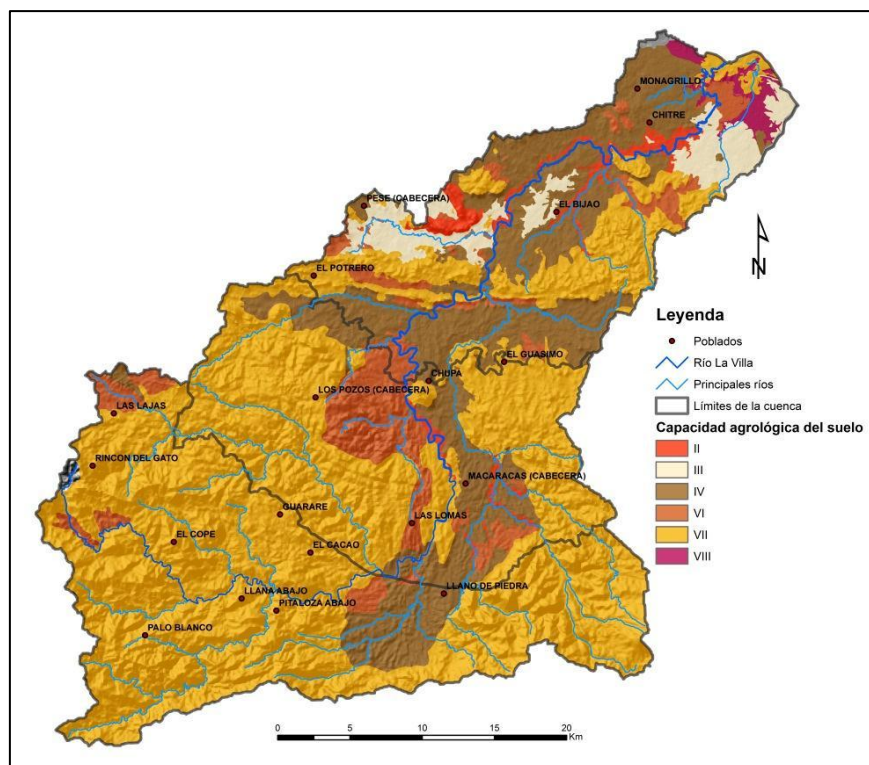


Figura 49. Distribución de clases agrológicas del suelo en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de CATAPAN, 1970 y CARTAP-MIDA, 2008.

Sin embargo, al observar los usos actuales anteriormente señalados en Tabla 21, un 39,3% de los suelos están con actividad agropecuaria y 43,6% en rastrojo, lo cual evidencia que existe un uso incompatible con la capacidad agrológica de los suelos, profundizando los problemas de degradación de los mismos. Este aspecto también tiene un impacto económico y social negativo en la población de la cuenca, al limitar la productividad de las parcelas, dando como resultado la disminución de los ingresos de las familias campesinas.

3.2.7. Ecosistemas

Actualmente en la República de Panamá no existe un sistema de clasificación único de ecosistemas y el más utilizado para describir los distintos tipos de asociaciones de especies vegetales, vinculado a las condiciones de temperatura y precipitación en Panamá, ha sido el sistema de Zonas de Vida, propuesto por Tossi (1971), el cual utilizó el *Sistema de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge* (1967).

No obstante, desde el punto de vista de Vreugdenhil (Banco Mundial, 2002), el método de zonas de vida de Holdridge ofrecía una solución práctica para la diferenciación de hábitats en una época cuando las imágenes satelitales no contaban con la calidad necesaria ni estaban a disposición del público en general. Por lo tanto se utilizaban fotografías aéreas, las cuales también eran escasas además de tener elevado costo, razón por la cual los mapas de zonas de vida de Holdridge son de carácter predictivo para comunidades naturales. Las mismas no informan al usuario de la presencia o ausencia de un tipo de comunidad natural, su apariencia (fisonomía) tal y como se observa en el campo, o su sustitución por un sistema humano productivo. Tampoco toman en consideración factores dinámicos de cambio, como, por ejemplo, los incendios o los tipos de drenado del suelo.

Hasta 1999 no se contaba con un detalle del status y distribución de los ecosistemas en América Central. A partir de este año y hasta principios del 2001, bajo los auspicios y coordinación general de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) y del Banco Mundial, las instituciones ambientales de los países miembros de la CCAD, tanto gubernamentales como no gubernamentales, completaron un nuevo mapa de ecosistemas. En vista de las fortalezas y debilidades de los diferentes sistemas de clasificación disponibles, y dada la amplia experiencia de los expertos centroamericanos con el sistema UNESCO, éste último fue escogido unánimemente para el proyecto de mapeo por los representantes de los siete países participantes (Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá). El sistema, sin embargo, sufrió algunas modificaciones; ciertos cambios adicionales fueron incorporados en el transcurso de los siguientes dos años a fin de adaptar el sistema a Centro América (en adelante denominado la *“Clasificación Centroamericana UNESCO”*).

Bajo la Clasificación Centroamericana UNESCO un ecosistema es definido como *“una unidad relativamente homogénea (distinguible a escala de 1:250,000) de organismos, procesos ecológicos y elementos geofísicos como el suelo, clima y régimen de aguas, que interactúan entre sí. Un ecosistema se define primordialmente por la apariencia física y estructura (fisonomía) de su especie dominante de planta, y también por sus procesos ecológicos dominantes, como ser el fuego, inundaciones y pastoreo”*

(Banco Mundial, 2002). Como producto final del proyecto “*Mapa de los ecosistemas de América Central*”, se elaboró un mapa regional integrado, que ha sido resultado de la fusión de siete mapas nacionales de ecosistemas a finales del 2000.

Un equipo nacional de biólogos y especialistas de apoyo de la República de Panamá también trabajó en este proyecto durante un período de más de dos años para hacer un mapeo de los ecosistemas del país. Previo a esta iniciativa Centroamericana, Panamá no contaba con un mapa de ecosistemas, aparte del mapa básico de zonas de vida de Holdridge (1974), que mostraba ocho zonas de vida. Con una superficie de 75,517 km², Panamá es considerado un país de tamaño medio en la región. Formando parte del proyecto, el equipo panameño se acogió al acuerdo original de usar un polígono mínimo de alrededor de 150 hectáreas. Debido a la condición presentada, algunos de sus ecosistemas más pequeños, reconocidos individualmente, han sido agrupados o ignorados en este mapa, pero han sido mencionados en el informe nacional final.

Para el caso concreto de la presente investigación, de acuerdo con la Clasificación Centroamericana UNESCO, la cuenca del río La Villa posee ocho ecosistemas, los cuales se describen a continuación:

❖ ***Bosque tropical siempreverde latifoliado de tierras bajas, bien drenado.***

Dinámica de ecosistema: prístino. Integrado de árboles siempreverdes hasta de 30 m de altura con copas que se entrelazan (cobertura del dosel >75%). Las copas siempre tienen follaje aunque árboles individuales pueden defoliarse por pocas semanas; sus yemas con poco o sin protección a la sequía. Numerosas especies son de rápido crecimiento, algunos hasta de 50 m de altura. El sotobosque es escaso, integrado predominantemente de plántulas de repuesto; también hay palmas, arbustos, lianas y especialmente pseudo-lianas (germinan en las ramas y después enraízan en el terreno). Se observa al oeste de la parte alta de la cuenca.

❖ ***Bosque tropical siempreverde latifoliado submontano.*** Dinámica de ecosistema: antiguo. Se conforman por especies de hoja ancha Integrado de árboles siempreverdes, 30- 40 m de altura en relieve accidentado a escarpado. La condición siempreverde se refiere a que más del 75% de la cobertura está conformada por individuos que no pierden sus hojas. Por debajo hay otro estrato

de árboles con altura hasta 20 metros, donde es común encontrar palmas arborescentes, lianas y bejucos. Son comunes las especies de Laurácea, Sapotácea y Myrtácea. Amplia presencia de estratos arbustivos. Se observa al suroeste de la parte alta de la cuenca.

- ❖ ***Bosque tropical semidecíduo latifoliado de tierras bajas, bien drenado.*** Es un ecosistema dinámico. Integrado de árboles con altura de 10 a 15 metros. En toda el área, el piso de herbáceas está generalmente dominado por graminoides. Se distribuye en tierras bajas en terrenos planos o cerros con pendientes leves que permite un buen drenaje. Altura de los árboles de 8 a 18 m. Su presencia en la cuenca del río La Villa es mínima (menos de 1% del territorio), concretamente se observa en la parte alta de la cuenca.
- ❖ ***Bosque de manglar del Pacífico sobre suelo limoso.*** Los manglares del Pacífico se desarrollan en zonas mareales con fluctuaciones hasta más de 5 m. Las aguas entrando en los manglares usualmente están muy cargadas de sedimentos finos y la visibilidad puede estar entre 10 y 50 cm. En algunas partes se encuentran permanentemente inundados, en otras partes son inundados dos veces al día. Pertenecen a grandes extensiones planas y elevadas, los bancos limosos intermareales, y fango predominantemente en las riberas. Es un ecotono entre los sistemas continentales (incluyendo el acuático fluvial) y el ecosistema marino. Las especies están adaptadas a diferentes grados de salinidad y así se distribuyen en el ecosistema. No se mezclan con otro tipo de vegetación debido a que las otras no toleran la salinidad. Se localiza en la parte baja de la cuenca en zona costera.
- ❖ ***Pradera salobre pobre en plantas suculentas.*** Se localiza a nivel del mar y su régimen hídrico se caracteriza por agua salina. Desde el punto de vista vegetacional, es dominado por plantas Ciperáceas: Eleocharis acutangulata, Cyperus ligularis, Espartina espartes (Paja puyúa es usado para hacer chozas), Fimbristylis spatacea. Capas foliosas de colonias de algas pueden cubrir parte de la superficie del suelo. Se localiza en la parte baja de la cuenca en zona costera.
- ❖ ***Acuacultura, camaronera y/o salinera.*** Pertenecen a *Sistemas Productivos Antropogénicos*. La acuacultura, camaroneras y salineras solamente aparecen registrados en la parte baja de la cuenca en zona costera.

- ❖ **Sistema agropecuario.** Pertenece a *Sistemas Productivos Antropogénicos*. Se incluyen ecosistemas con intervención humana, agricultura y ganadería. Se caracterizan por presentar terrenos con cultivos relativamente intensivos o permanentes, con frecuencia presentan en los bordes o mezcladas, especies nativas que no han sido eliminadas del área. Algunas veces estas especies se presentan en parches remanentes que muestran la fragmentación del bosque original, apareciendo como pequeñas islas dentro de una gran zona agrícola. Cubre prácticamente las partes baja, media y baja alta de la cuenca.
- ❖ **Área urbana.** Se refiere a ciudades y áreas urbanas. En el mapa de ecosistemas se delimitan los polígonos para las ciudades más grandes.

Según la descripción arriba presentada, los ecosistemas de la cuenca están distribuidos de la siguiente manera (Tabla 24 y Fig. 50):

Tabla 24. Clasificación y superficie de ecosistemas en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de Banco Mundial, 2002.

Código de UNESCO	Código de mapa	Clasificación de UNESCO	Superficie (km ²)	(%)
IA1a(1)(a)	1-2	Bosque tropical siempreverde latifoliado de tierras bajas, bien drenado.	38,58	2,99
IA1b(1)	6	Bosque tropical siempreverde latifoliado submontano.	62,65	4,85
IA3a(1)(a)	56, 56-2	Bosque tropical semidecídúo latifoliado de tierras bajas, bien drenado.	2,72	0,21
IA5b(1)	67	Bosque de manglar del Pacífico sobre suelo limoso.	10,04	0,78
VE1a(2)	97	Pradera salobre pobre en plantas suculentas.	8,85	0,69
SPC1	116	Acuicultura, camaronera y/o salinera.	3,08	0,24
SPA	115	Sistema agropecuario.	1.155,28	89,42
U1	136	Área urbana.	10,75	0,83

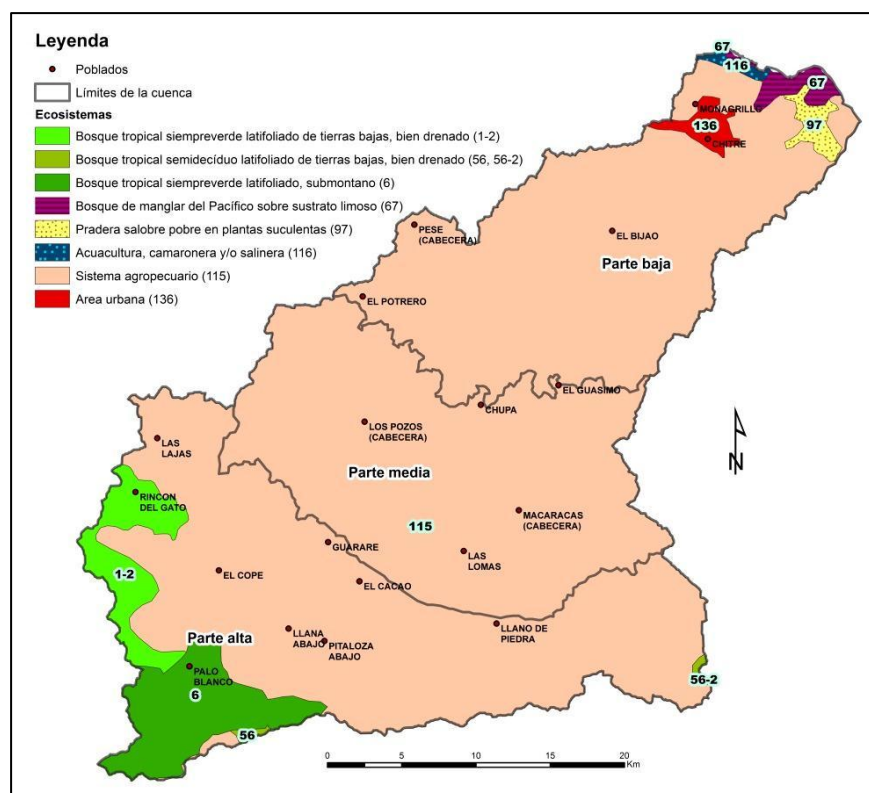


Figura 50. Ecosistemas en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de Banco Mundial, 2002.

3.3. POBLACIÓN Y TERRITORIO

3.3.1. Población

Los Censos Nacionales de Población del año 2010, realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), estimaron la población para las provincias Herrera y Los Santos en 109.955 y 89.592 habitantes, respectivamente, con una densidad de población que corresponde a 47 hab/km² y 24 hab/km² (Tabla 25).

Tabla 25. Habitantes y densidad de población de las provincias Herrera y Los Santos.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Provincia	Habitantes	Superficie (km ²)	Densidad de Población (hab/km ²)	Tasa de Crecimiento Anual por cada 100 habitantes
Herrera	109.955	2.362,0	47	0,71%
Los Santos	89.592	3.809,4	24	0,71%

En lo que se refiere al área estudiada, según este último Censo Nacional, dentro de la cuenca del río La Villa viven 91.494 personas, lo que representa el 45.8% del total de la población de ambas provincias, de las cuales 45.241 (49,4%) son hombres y 46.253 (50,6%) son mujeres. La población adulta, mayores de 18 años, es de 65.720 (71,8%) del total de la cuenca (Tabla 26 y Fig. 51).

Tabla 26. Distribución y densidad de población en la cuenca del río La Villa.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Distrito y Corregimiento	Habitantes	Hombres	Mujeres	Área, km²	Densidad, hab/km²
TOTAL CUENCA	91.494	45.241	46.253	1.291,95	71
Provincia Herrera					
Total	69.350	34.135	35.215	725,02	96
<i>Chitré</i>					
Chitré (Cabecera)	9.092	4.317	4.775	13,02	698
La Arena	7.225	3.487	3.738	11,29	640
Monagrillo	12.327	6.023	6.304	9,59	1.286
Llano Bonito	10.915	5.382	5.533	10,56	1.034
San Juan Bautista	11.903	5.597	6.306	8,27	1.440
<i>Las Minas</i>					
Las Minas (Cabecera)	1.701	889	812	42,66	40
Chepo	536	295	241	36,86	15
Leones	199	108	91	18,64	11
Quebrada del Rosario	767	420	347	45,80	17
Quebrada El Ciprian	679	368	311	42,19	16
<i>Los Pozos</i>					
Los Pozos (Cabecera)	1.971	991	980	58,97	33
Capurí	426	226	200	18,28	23
El Calabacito	491	258	233	34,14	14
El Cedro	503	274	229	34,43	15
La Arena	465	259	206	23,99	19
La Pitaloza	530	286	244	48,92	11
Los Cerritos	920	469	451	31,64	29
Los Cerros de Paja	738	412	326	37,37	20
Las Llanas	599	344	255	61,68	10
<i>Pesé</i>					
Pesé (Cabecera)	2.565	1.263	1.302	1,85	1.385
Las Cabras	1.399	737	662	53,36	26
El Barrero	1.507	758	749	16,36	92
Sabana Grande	895	469	426	35,07	26
Rincón Hondo	997	503	494	30,07	33
Provincia Los Santos					
Total	22.144	11.106	11.038	566,93	39
<i>Los Santos</i>					
La Villa de Los Santos	7.952	3.775	4.177	71,31	111
El Guásimo	610	314	296	30,80	20
La Colorada	975	514	461	20,81	47
Las Cruces	4	3	1	4,88	1
Las Guabas	455	241	214	21,73	21
Los Olivos	1.259	644	615	26,95	47
Llano Largo	2.056	1.060	996	10,16	202
Santa Ana	1.633	824	809	39,21	42
Villa Lourdes	400	216	184	15,75	25

Distrito y Corregimiento	Habitantes	Hombres	Mujeres	Área, km ²	Densidad, hab/km ²
<i>Bayano</i>					
La Canoa	43	28	15	3,13	14
<i>Macaracas</i>					
Macaracas (Cabecera)	2.873	1.409	1.464	35,19	82
Bahía Honda	49	28	21	6,75	7
Corozal	79	47	32	10,78	7
Chupá	520	261	259	17,84	29
El Cedro	258	147	111	27,80	9
Espino Amarillo	152	86	66	21,38	7
La Mesa	628	352	276	46,45	14
Las Palmas	436	237	199	42,20	10
Llano de Piedra	1.660	866	794	79,32	21
Mogollón	102	54	48	27,57	4

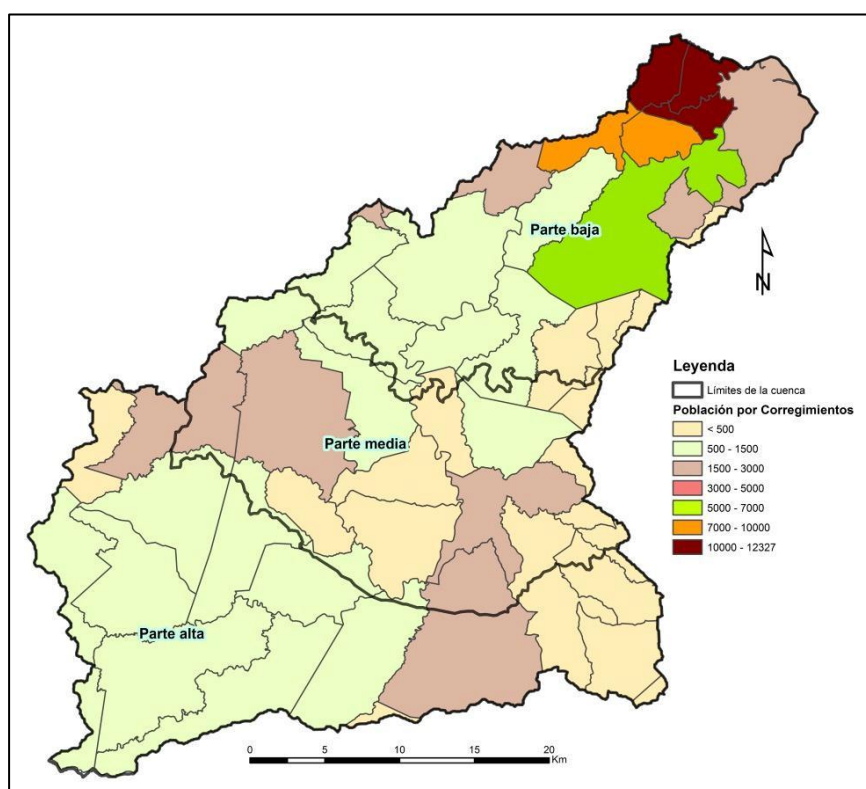


Figura 51. Rangos de población por corregimientos en la cuenca del río La Villa.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Parte de la cuenca que corresponde a la provincia de Herrera tiene una población de 69.350 habitantes (75,8% de la población de la cuenca), de los cuales 34.135 (49,2%) son hombres y 35.215 (50,8%) son mujeres. En el caso de Los Santos, se tiene una población de 22.144 personas, que representan 24.2% de la población total de la cuenca, de las cuales 11.106 (50,1%) son hombres y 11.038 (49,9%) son mujeres. Si se analiza la división de la población por grupos de edad, la cuenca muestra un comportamiento

etéreo, en el que el 65,7% de la población (60.123 personas) se encuentran entre los 15 y 64 años (años productivos), 23,4% (21.435 personas) son los que están entre 0 y 14 años (niños y jóvenes) y 10,9% de la población (9.936 personas) son adultos mayores. También la mediana de edad indica que la cuenca del río La Villa se caracteriza por tener una población bastante joven, ya que la misma es de 33 años (Tabla 27).

Tabla 27. Distribución de la población en la cuenca según la edad.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Distrito y Corregimiento	Habitantes	Edad de la población			Mediana edad de la población
		Menor de 15 años	De 15 a 64 años	De 65 y más años	
TOTAL CUENCA RÍO LA VILLA	91.494	21.435	60.123	9.936	33
Provincia Herrera					
Total	69.350	16.513	45.655	7.182	32
<i>Chitré</i>					
Chitré (Cabecera)	9.092	1.723	6.307	1.062	32
La Arena	7.225	1.677	4.953	595	32
Monagrillo	12.327	2.760	7.210	943	31
Llano Bonito	10.915	2.972	8.269	1.086	30
San Juan Bautista	11.903	2.567	7.986	1.350	33
<i>Las Minas</i>					
Las Minas (Cabecera)	1.701	198	295	43	32
Chepo	536	437	1.022	241	21
Leones	199	65	113	21	28
Quebrada del Rosario	767	237	443	87	26
Quebrada El Ciprian	679	235	377	67	25
<i>Los Pozos</i>					
Los Pozos (Cabecera)	1.971	128	259	39	33
Capurí	426	99	318	75	29
El Calabacito	491	132	299	72	39
El Cedro	503	103	299	62	32
La Arena	465	139	322	69	33
La Pitaloza	530	162	362	75	34
Los Cerritos	920	204	588	128	37
Los Cerros de Paja	738	221	419	98	28
Las Llanas	599	486	1.216	269	30
<i>Pesé</i>					
Pesé (Cabecera)	2.565	370	965	172	32
Las Cabras	1.399	352	920	128	29
El Barrero	1.507	590	1.682	293	33
Sabana Grande	895	217	661	119	35
Rincón Hondo	997	200	575	120	34
Provincia Los Santos					
Total	22.144	4.922	14.468	2.754	34
<i>Los Santos</i>					
La Villa de Los Santos	7.952	1.660	5.270	1.022	35
El Guásimo	610	133	400	77	37
La Colorada	975	237	613	125	35
Las Cruces	4	1	3	1	37
Las Guabas	455	79	306	70	39
Los Olivos	1.259	290	835	134	35

Distrito y Corregimiento	Habitantes	Edad de la población			Mediana edad de la población
		Menor de 15 años	De 15 a 64 años	De 65 y más años	
Llano Largo	2.056	478	1.367	211	32
Santa Ana	1.633	362	1.092	179	34
Villa Lourdes	400	94	264	42	32
Bayano					
La Canoa	43	10	26	7	36
Macaracas					
Macaracas (Cabecera)	2.873	691	1.886	296	32
Bahía Honda	49	13	30	6	28
Corozal	79	20	49	9	31
Chupá	520	104	336	80	38
El Cedro	258	52	170	36	37
Espino Amarillo	152	35	95	22	33
La Mesa	628	160	375	93	33
Las Palmas	436	107	268	61	34
Llano de Piedra	1.660	372	1.020	268	37
Mogollón	102	26	62	14	34

Según la división altitudinal (parte baja, media y alta), la población de la cuenca del río La Villa se distribuye de la siguiente manera (Tabla 28):

Tabla 28. Distribución de población en la cuenca según la división altitudinal.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Provincia y Corregimiento	Total	Hombres	Mujeres	De 18 años y más edad
PARTE BAJA DE LA CUENCA				
Total parte baja de la cuenca	72.976	35.492	37.484	52.915
Provincia Herrera				
Total	58.372	28.303	30.069	42.099
Chitré (Cabecera)	9.092	4.317	4.775	9.092
La Arena	7.225	3.487	3.738	5.224
Monagrillo	12.327	6.023	6.304	8.758
Llano Bonito	10.915	5.382	5.533	7.515
San Juan Bautista	11.903	5.597	6.306	8.754
Pesé (Cabecera)	2.565	1.263	1.302	1.830
Las Cabras	1.399	737	662	985
El Barrero	1.507	758	749	1.067
Sabana Grande	595	308	287	426
Rincón Hondo	832	424	408	581
Los Cerritos	12	7	5	9
Provincia Los Santos				
Total	14.604	7.189	7.415	10.816
La Villa de Los Santos (Cabecera)	7.952	3.775	4.177	5.963
El Guásimo	398	201	197	280
La Colorada	975	514	461	703
Las Cruces	4	3	1	4
Las Guabas	263	136	127	197
Los Olivos	1.259	644	615	908
Llano Largo	2.056	1.060	996	1.494
Santa Ana	1.633	824	809	1.216
Villa Lourdes	38	20	18	30
Chupá	26	12	14	21

Provincia y Corregimiento	Total	Hombres	Mujeres	De 18 años y más edad
PARTE MEDIA DE LA CUENCA				
Total parte media de la cuenca	10.282	5.287	4.995	7.308
Provincia Herrera				
Total	5.380	2.789	2.591	3.781
Las Minas (Cabecera)	593	318	275	399
Los Pozos (Cabecera)	1.971	991	980	1.360
Capurí	426	226	200	278
El Calabacito	491	258	233	364
El Cedro	43	22	21	35
La Arena	465	259	206	329
Los Cerros de Paja	18	13	5	15
Los Cerritos	908	462	446	659
Sabana Grande	300	161	139	222
Rincón Hondo	165	79	86	120
Provincia Los Santos				
Total	4.902	2.498	2.404	3.527
Las Palmas	230	122	108	156
Llano de Piedra	153	82	71	116
El Guásimo	212	113	99	165
Las Guabas	192	105	87	152
Macaracas (Cabecera)	2.873	1.409	1.464	2.030
Villa Lourdes	362	196	166	267
Bahía Honda	49	28	21	32
Corozal	79	47	32	48
El Cedro	258	147	111	197
Chupá	494	249	245	364
PARTE ALTA DE LA CUENCA				
Total parte alta de la cuenca	8.236	4.462	3.774	5.497
Provincia Herrera				
Total	5.598	3.043	2.555	3.599
Las Minas (Cabecera)	1.108	571	537	781
Chepo	536	295	241	314
Leones	199	108	91	122
Quebrada del Rosario	767	420	347	477
El Cedro	460	252	208	298
Quebrada El Ciprian	679	368	311	408
La Pitaloza	530	286	244	353
Las Llanas	599	344	255	388
Los Cerros de Paja	720	399	321	458
Provincia Los Santos				
Total	2.638	1.419	1.219	1.898
Las Palmas	206	115	91	148
Llano de Piedra	1.507	784	723	1.088
Espino Amarillo	152	86	66	116
La Mesa	628	352	276	437
Mogollón	102	54	48	77
La Canoa	43	28	15	32
TOTAL CUENCA RÍO LA VILLA	91.494	45.241	46.253	65.720

- ✓ **Parte baja:** se ubica una población de 72.976 (79,8% del total de la cuenca), de la cual 35.492 (48,6%) son hombres y 37.484 (51,4%) son mujeres. De esta población 58,372 (80,0%) pertenece a la provincia de Herrera y 14.604 (20,0%) pertenece a la provincia de Los Santos.

- ✓ **Parte media:** se ubica una población de 10.282 (11,2% del total de la cuenca), de la cual 5.287 (51,4%) son hombres y 4.995 (48,6%) son mujeres. De esta población 5.380 (52,3%) pertenece a la provincia de Herrera y 4.902 (47,7%) pertenece a la provincia de Los Santos.
- ✓ **Parte alta:** se ubica una población de 8.236 (9,0% del total de la cuenca), de la cual 4.462 (54,2%) son hombres y 3.774 (45,8%) son mujeres. De esta población 5.598 (68,0%) pertenece a la provincia de Herrera y 2.638 (32,0%) pertenece a la provincia de Los Santos.

❖ Dinámica de la población

La dinámica poblacional de las provincias Herrera y Los Santos para un período de 100 años indica que ambas provincias tienden a aumentar su población, asumiendo que el similar comportamiento de crecimiento poblacional se refleja también en la cuenca del río La Villa, (Tabla 29, Figuras 52 y 53).

Tabla 29. Población y tasa de crecimiento anual por provincias Herrera y Los Santos. Censos de 1911 a 2010. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Años de Censo	Provincia de Herrera		Provincia de Los Santos	
	Población	Tasa de crecimiento anual (por cada 100 habitantes)	Población	Tasa de crecimiento anual (por cada 100 habitantes)
1911	23.007	2,60	30.075	1,58
1920	28.984	0,68	34.638	1,76
1930	31.030	1,97	41.218	1,78
1940	38.118	2,71	49.621	2,11
1950	50.095	2,10	61.422	1,40
1960	61.672	1,74	70.554	0,27
1970	72.549	1,23	72.380	-0,30
1980	81.963	1,34	70.261	0,91
1990	93.681	0,90	76.947	0,82
2000	102.465	0,71	83.495	0,71
2010	109.955		89.592	

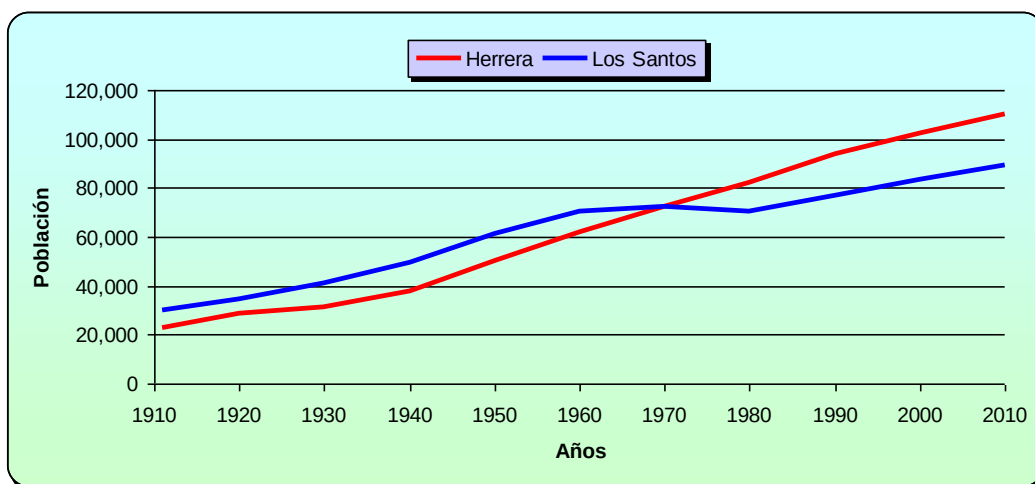


Figura 52. Población por provincias Herrera y Los Santos. Censos de 1911 a 2010.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

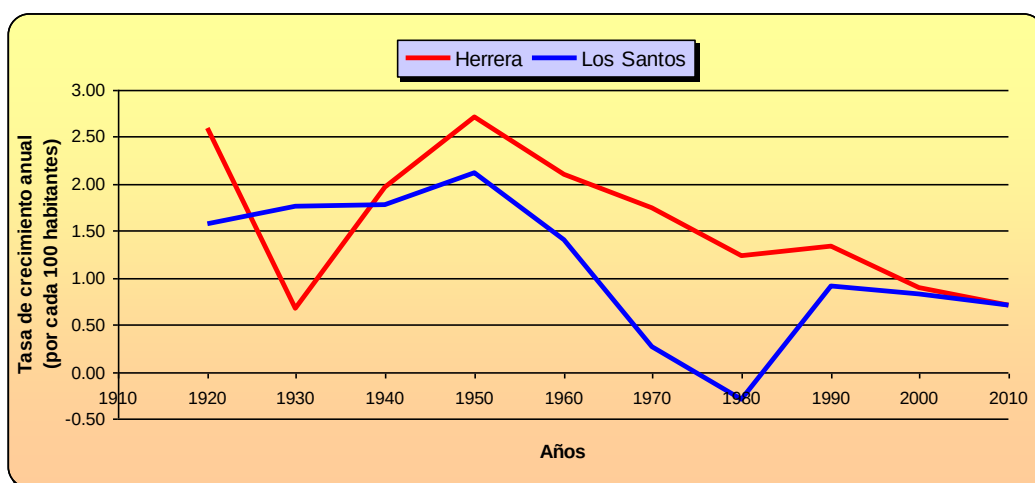


Figura 53. Tasa de crecimiento anual (por cada 100 habitantes) provincias Herrera y Los Santos. Censos de 1911 a 2010. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

La pirámide de población es una forma gráfica de representar datos estadísticos básicos, sexo y edad, de la población de un país o provincia, que permite las comparaciones y una fácil y rápida percepción de varios fenómenos demográficos tales como el envejecimiento de la población, el equilibrio o desequilibrio entre sexos. Para las provincias de Herrera y Los Santos la estructura demográfica de población se refleja en las Tablas 30, 31 y Figuras 54, 55.

Tabla 30. Población por sexo y grupo de edad. Provincia Herrera.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Grupos de edad	Total	Hombres	%Hombres	Mujeres	%Mujeres
0 - 1	1.408	720	0,65	688	0,63
1 - 4	6.003	3.047	2,77	2.956	2,69
5 - 9	8.840	4.631	4,21	4.209	3,83
10 - 14	10.146	5.125	4,66	5.021	4,57
15 - 19	9.392	4.906	4,46	4.486	4,08
20 - 24	7.929	4.117	3,74	3.812	3,47
25 - 29	7.625	3.835	3,49	3.790	3,45
30 - 34	7.301	3.619	3,29	3.682	3,35
35 - 39	7.553	3.711	3,38	3.842	3,49
40 - 44	7.726	3.804	3,46	3.922	3,57
45 - 49	7.184	3.551	3,23	3.633	3,30
50 - 54	6.169	3.067	2,79	3.102	2,82
55 - 59	5.322	2.668	2,43	2.654	2,41
60 - 64	4.888	2.506	2,28	2.382	2,17
65 - 69	4.067	2.029	1,85	2.038	1,85
70 - 74	3.229	1.588	1,44	1.641	1,49
75 - 79	2.254	1.162	1,06	1.092	0,99
80 - 84	1.523	751	0,68	772	0,70
85+	1.396	671	0,61	725	0,66
Total	109.955	55.508		54.447	

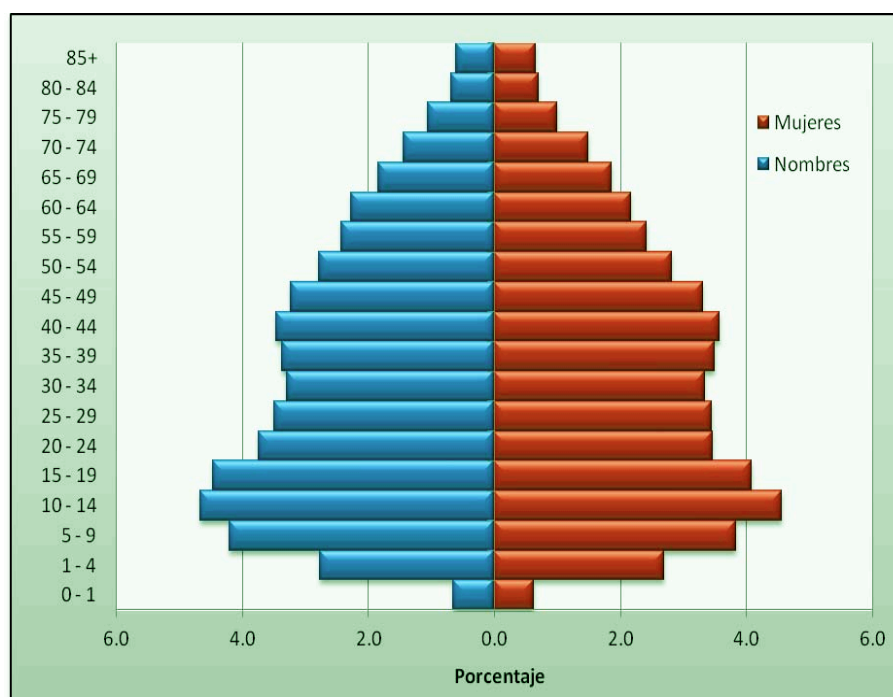


Figura 54. Pirámide poblacional de la provincia Herrera.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Tabla 31. Población por sexo y grupo de edad. Provincia Los Santos.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Grupos de edad	Total	Hombres	%Hombres	Mujeres	%Mujeres
0 - 1	1.026	522	0,58	504	0,56
1 - 4	4.354	2.249	2,51	2.105	2,35
5 - 9	6.343	3.276	3,66	3.067	3,42
10 - 14	7.171	3.683	4,11	3.488	3,89
15 - 19	6.821	3.508	3,92	3.313	3,70
20 - 24	6.243	3.266	3,65	2.977	3,32
25 - 29	6.024	3.047	3,40	2.977	3,32
30 - 34	5.563	2.749	3,07	2.814	3,14
35 - 39	6.221	3.151	3,52	3.070	3,43
40 - 44	6.529	3.277	3,66	3.252	3,63
45 - 49	6.073	3.085	3,44	2.988	3,34
50 - 54	5.345	2.695	3,01	2.650	2,96
55 - 59	4.932	2.501	2,79	2.431	2,71
60 - 64	4.605	2.384	2,66	2.221	2,48
65 - 69	3.894	1.973	2,20	1.921	2,14
70 - 74	3.087	1.583	1,77	1.504	1,68
75 - 79	2.245	1.134	1,27	1.111	1,24
80 - 84	1.663	829	0,93	834	0,93
85+	1.450	690	0,77	760	0,85
Total	89.592	45.602		43.990	

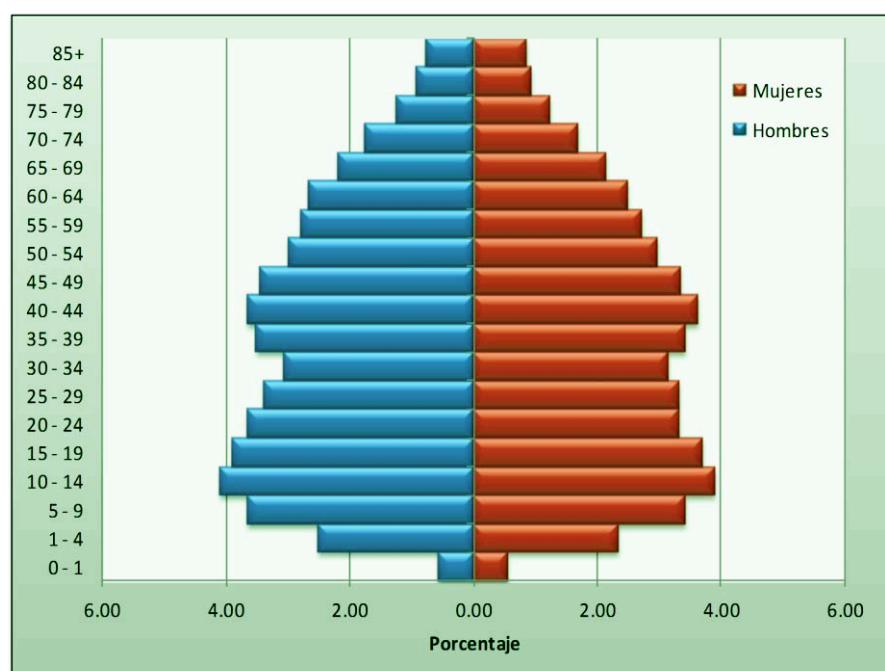


Figura 55. Pirámide poblacional de la provincia Los Santos.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Se puede observar que en ambos casos las pirámides poblacionales tienen formas de un bulbo y se clasifican como pirámides *regresivas*. Esta forma de pirámide presenta

un gran volumen de población de edades intermedias (años productivos), con una natalidad baja y con una mortalidad también baja.

Si se analiza la gráfica de tendencia de nacimientos y defunciones de ambas provincias desde el año 2006 al 2010, se observa claramente significativa disminución de nacimientos y ligero aumento de defunciones en la provincia de Herrera. Asimismo en la provincia de Los Santos, los nacimientos se mantienen con poca disminución y las defunciones tuvieron un leve aumento igual que en la provincia de Herrera (Tabla 32 y Figura 56).

Tabla 32. Nacimientos y defunciones en las provincias Herrera y Los Santos.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Años	Nacimiento Prov. Herrera (habitantes)	Defunción Prov. Herrera (habitantes)	Nacimiento Prov. Los Santos (habitantes)	Defunción Prov. Los Santos (habitantes)
2006	1.622	510	1.043	488
2007	1.583	596	1.131	547
2008	1.480	568	1.068	607
2009	1.454	562	1.057	579
2010	1.362	656	1.038	617

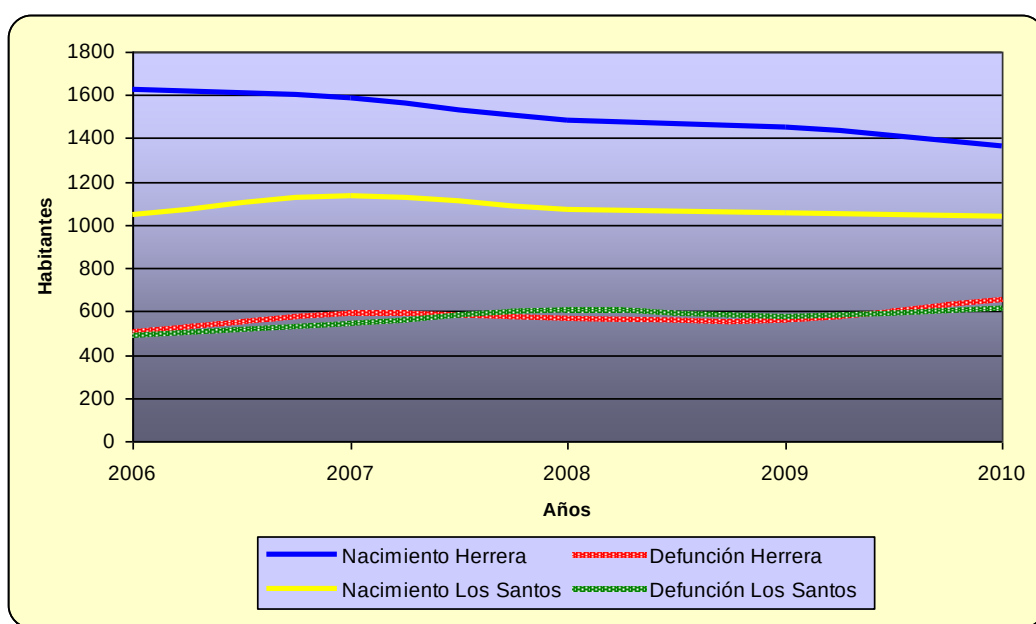


Figura 56. Tendencia de nacimientos y defunciones en las provincias de Herrera y Los Santos. Años 2006-10. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

3.3.2. Poblamiento

La cuenca del río La Villa está constituida por dos provincias: Herrera y Los Santos, las que cubren respectivamente 56,12% y 43,88% de su territorio (Fig. 57).

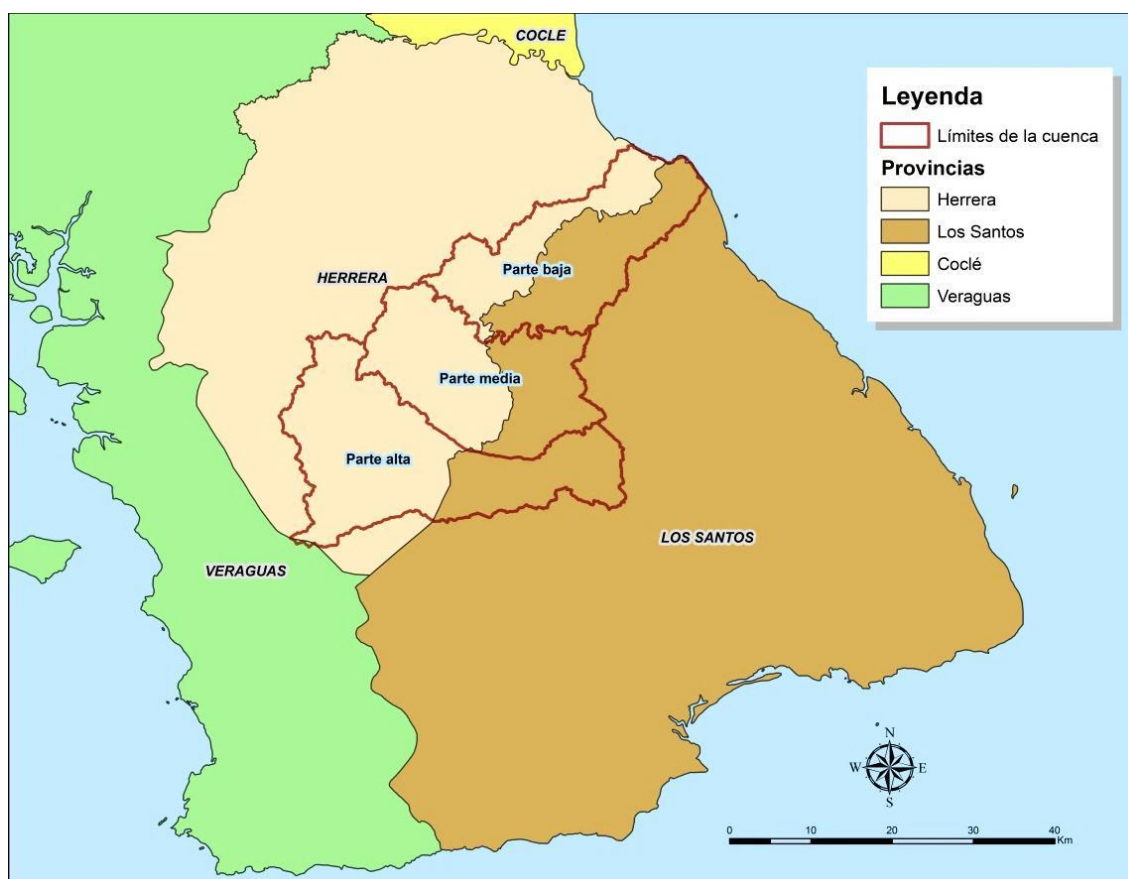


Figura 57. División administrativa de la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

Según la distribución político-administrativa de la cuenca, la provincia de Herrera está representada por cuatro distritos: Chitré, Las Minas, Los Pozos y Pesé. Los distritos se dividen en 25 corregimientos y dentro de estos corregimientos se localizan 261 lugares poblados. Por otro lado, la provincia de Los Santos está representada en la cuenca por tres distritos: Los Santos, Macaracas y Las Tablas, divididos en 22 corregimientos, donde se ubican 158 lugares poblados.

Dentro de la cuenca del río La Villa se localizan en total 419 lugares poblados. De ellos solamente seis cuentan con más de 5.000 habitantes, cinco en la provincia de

Herrera (Chitré, La Arena, Llano Bonito, Monagrillo y San Juan Bautista) y uno en la provincia de Los Santos (La Villa de Los Santos), con una población total de 21.730 personas. De otras catorce comunidades que están en el rango de 500 a 5.000 habitantes con una población total de 14.567 personas, siete se encuentran en la provincia Herrera y la misma cantidad en la provincia de Los Santos. Las 399 comunidades con menos de 500 habitantes suman un total de 55.197 personas (Fig. 58).

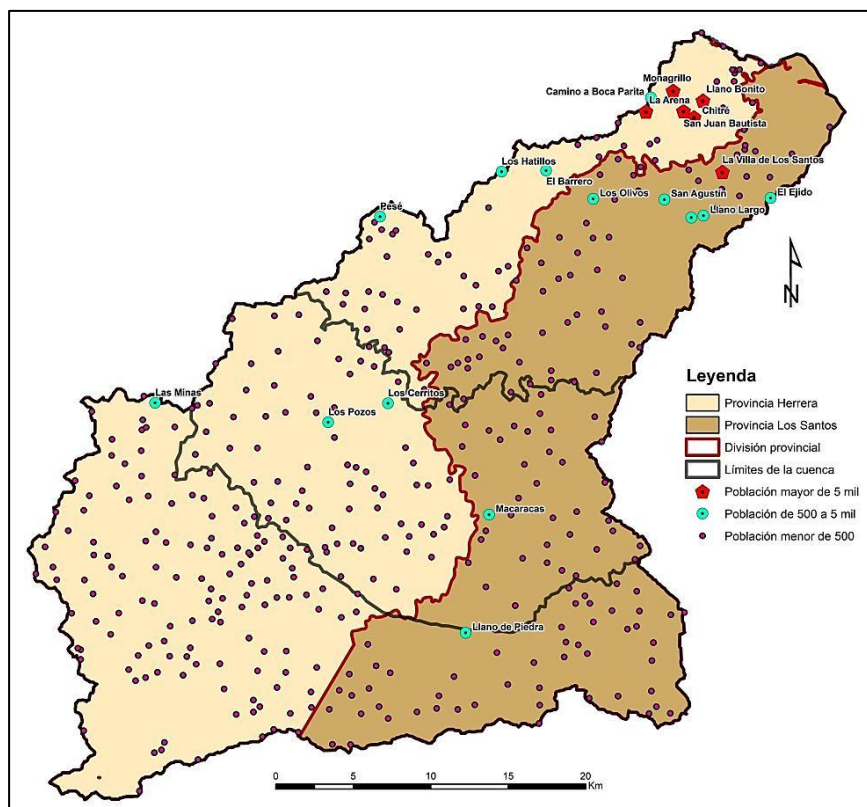


Figura 58. Distribución de los poblados dentro de la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

La población urbana de la cuenca es de 55.197 habitantes (60,3%) y en su mayoría pertenece al distrito de Chitré de la provincia de Herrera (48.479 personas). El resto de la población, con un total de 36.297 personas (39,7%), tiene características predominantemente rurales (Figuras 59 y 60). En la República de Panamá se consideran como centros urbanos las comunidades con más de cinco mil habitantes.



Figura 59. Comunidad de Macaracas, provincia de Los Santos. Iglesia San Juan Bautista. Parte media de la cuenca. Fuente: Elaboración propia.



Figura 60. Viviendas típicas rurales en la parte baja de la cuenca. Distrito de Los Santos. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Caracterización económico-productiva

La cuenca hidrográfica del río La Villa cuenta con una población de 91.494 personas, de ellos 78.253 personas con la edad mayor de 10 años, lo que representa 85,5%. De este grupo de personas con la edad mayor de 10 años, 41.494 personas son

económicamente activas (53,0%) y otras 36.759 personas se consideran “no económicamente activas” (47,0%). Del grupo de población económicamente activa, 38.449 personas están ocupados (92,7%) y 3.045 están desocupados (7,3%). De la población económicamente activa 5.343 personas se dedican a la actividad agropecuaria, representando el 12,9% del total (Tabla 33).

Tabla 33. Población económicamente activa y no activa en la cuenca del río La Villa.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Distrito y Corregimiento	Población de 10 años y más de edad				Ocupados en actividades agropecuarias
	Total Cuenca	Ocupados	Desocupados	Económicamente no activos	
Provincia Herrera					
Total	59.087	29.472	2.234	27.381	3.489
Chitré					
Chitré (Cabecera)	7.987	4.111	336	3.540	114
La Arena	6.166	3.342	247	2.577	115
Monagrillo	10.445	5.612	414	4.419	378
Llano Bonito	9.111	4.675	403	4.033	222
San Juan Bautista	10.248	5.387	433	4.428	114
Las Minas					
Las Minas (Cabecera)	1.451	610	49	792	163
Chepo	411	184	3	224	162
Leones	150	56	1	93	49
Quebrada del Rosario	618	257	19	342	203
Quebrada El Ciprian	523	204	3	316	168
Los Pozos					
Los Pozos (Cabecera)	1.682	682	21	979	225
Capurí	350	127	15	208	79
El Calabacito	432	172	9	251	81
El Cedro	435	142	4	289	76
La Arena	406	179	12	215	101
La Pitaloza	444	157	12	275	113
Los Cerritos	809	346	16	447	139
Los Cerros de Paja	599	225	12	362	143
Las Llanas	508	195	10	303	174
Pesé					
Pesé (Cabecera)	2.207	1.003	83	1.121	56
Las Cabras	1.180	542	36	602	248
El Barrero	1.306	562	52	692	111
Sabana Grande	769	328	17	424	122
Rincón Hondo	850	374	27	449	133
Provincia Los Santos					
Total	19.166	8.977	811	9.378	1.854
Los Santos					
La Villa de Los Santos	6.917	3.447	333	3.137	108
El Guásimo	524	245	15	264	116
La Colorada	821	378	20	423	155
Las Cruces	4	2	0	2	1
Las Guabas	408	182	15	211	93
Los Olivos	1.089	513	48	528	153

Distrito y Corregimiento	Población de 10 años y más de edad				Ocupados en actividades agropecuarias
	Total Cuenca	Ocupados	Desocupados	Económicamente no activos	
Llano Largo	1.779	821	69	889	127
Santa Ana	1.416	645	51	720	85
Villa Lourdes	348	162	25	161	61
<i>Bayano</i>					
La Canoa	37	20	0	17	13
<i>Macaracas</i>					
Macaracas (Cabec.)	2.471	1.133	123	1.215	200
Bahía Honda	38	18	1	19	18
Corozal	68	21	6	41	20
Chupá	451	216	11	224	89
El Cedro	230	99	18	113	68
Espino Amarillo	125	53	10	62	39
La Mesa	530	204	16	310	125
Las Palmas	372	152	4	216	106
Llano de Piedra	1.450	620	45	785	250
Mogollón	88	46	1	41	27
TOTAL CUENCA	78.253	38.449	3.045	36.759	5.343

La población económicamente activa de la cuenca del río La Villa se dedica, en mayor proporción, a desarrollar actividades económicas asociadas principalmente al sector primario: agricultura, ganadería, caza y silvicultura. Se destacan los cultivos de arroz, maíz, sorgo, guandú, tomate, pepino, coco, sandía y melón entre los más importantes. En la actividad pecuaria se centra en la cría de ganado vacuno.

En la parte alta de la cuenca del río La Villa, ubicada en la reserva forestal de Montoso, la actividad económica más importante es la agricultura de subsistencia, practicada en su mayor parte en tierras que antes tenían bosques y que tienen poca capacidad para sostener cultivos temporales. En la cuenca media y baja las principales actividades económicas son ganaderas, algunos servicios, actividades industriales, y agricultura comercial. Se presenta un nivel de vida más elevado que en la cuenca alta. El bosque ha sido casi totalmente eliminado en las partes media y baja de la cuenca.

Muchos productores de la cuenca del río La Villa cuentan con los conocimientos y los recursos necesarios que les permiten tener acceso y aplicar las técnicas de producción avanzadas; sin embargo, son muchos más los que aún se mantienen utilizando métodos tradicionales, que en algunos casos resultan inapropiados según las condiciones de terreno, ya que generalmente este grupo de agricultores establecen sus parcelas de

cultivo sobre áreas de ladera sin la aplicación de ninguna técnica de conservación de suelos que contribuya a reducir la erosión (ANAM, 2008a). Además, el nivel de tecnología que se aplica en las fincas disminuye a medida que aumenta la elevación del terreno. Es decir, las empresas agropecuarias de la parte baja de la cuenca se caracterizan por disponer de avanzada tecnología, tanto en equipo como en personal capacitado, sobre todo en el sector agrícola. Lo mismo podría decirse para la mayoría de las explotaciones ubicadas en la parte media, aunque en esta zona ya empieza a hacerse frecuente la presencia de fincas que adolecen de métodos apropiados de producción. Ya en la parte alta de la cuenca es habitual observar campos donde se aplican técnicas tradicionales de producción, donde prevalece la agricultura de subsistencia y la ganadería extensiva.

Según los datos del Censo Agropecuario Nacional del 2001, se estima que alrededor de un 60% de la superficie total de la cuenca está ocupada con áreas de pastizales destinadas a la cría y ceba de bovinos, mientras que la actividad agrícola abarca poco más de un 9% (Tabla 34).

Tabla 34. Porcentaje de superficie que ocupa la actividad agrícola y ganadera de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

Uso	(%)
Agricultura	9,43
Pastizales (pecuario)	60,56
Otros (áreas urbanas, bosques, cultivos permanentes, etc.)	30,01

❖ Sistemas de producción agrícola

La actividad agrícola ocupa una superficie menor (9,43% de la superficie total de la cuenca) en comparación a la pecuaria, pero también constituye un sector de la economía de mucha importancia para la región. Al igual que la ganadería, la agricultura también está presente en toda la cuenca y la misma se desarrolla bajo diferentes técnicas de producción que van desde los más simple hasta lo altamente tecnificado.

Los sistemas de producción que predominan dentro de la cuenca del río La Villa son la agricultura de subsistencia y la agricultura comercial (Fig. 61):

- ✓ **Agricultura de subsistencia:** La agricultura de subsistencia se localiza principalmente en la cuenca alta y en parte de la cuenca media. Bajo este tipo de sistema se producen cultivos de granos básicos como arroz, maíz, frijoles y guandú; también se cultivan algunas hortalizas como tomates, pimentones, pepinos, cebollas; además se siembran raíces y tubérculos como ñame, yuca y otoo; frutales como piña, café y plátanos; y otros como la caña de azúcar y el achiote
- ✓ **Agricultura comercial:** La agricultura comercial se localiza en la cuenca baja y en parte de la cuenca media, y la misma es practicada por pequeños, medianos y grandes productores. A diferencia de la agricultura de subsistencia, la agricultura comercial se desarrolla bajo métodos avanzados de producción que en ocasiones involucran la participación de personal profesional contratado por el agricultor y la utilización de equipos agrícolas especializados. Las principales especies que se cultivan bajo este sistema son el maíz, la caña de azúcar, las cucurbitáceas (melón, sandía y zapallo), el tomate y pimentón.

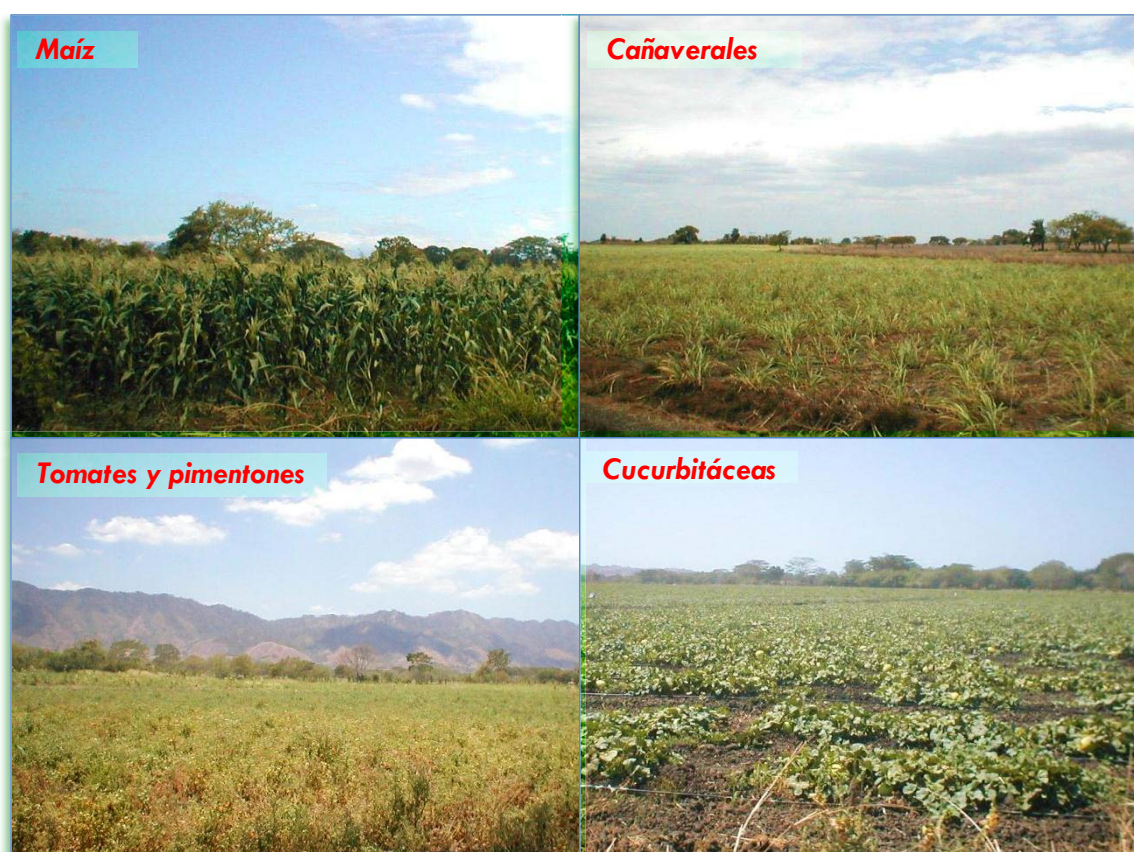


Figura 61. Importantes rubros de producción agrícola en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia.

❖ **Sistemas de producción pecuaria**

De los sistemas de producción la actividad pecuaria es la más representada y quizás, la de mayor importancia económica en toda la cuenca del río La Villa. Este sector productivo incluye la cría de aves, porcinos y bovinos, pero de éstos tres tipos de explotaciones, la cría de ganado vacuno (de ahora en adelante llamada ganadería) es la que ocupa el mayor territorio destinado a la producción agropecuaria (Tabla 35).

Tabla 35. Número de explotaciones pecuarias existentes en la cuenca.
Fuente: INEC, 2011a.

Tipo	Número de explotaciones
Avícola	8.163
Bovino	3.005
Porcina	1.823

- ✓ Actividad avícola: La actividad avícola que se da dentro de la cuenca del río La Villa se realiza generalmente en forma tradicional, bajo ningún tipo de conceptos y sin la utilización de equipos avanzados.
- ✓ Actividad porcina: La porcinocultura es una actividad que ocupa un lugar importante en la economía del área y la misma es desarrollada por pequeños, medianos y grandes productores. La infraestructura con que cuentan las fincas también varía dependiendo del tamaño de la empresa. El tratamiento de las aguas residuales que genera la actividad es muy variado. Existen fincas que cuentan con toda la infraestructura necesaria (tanques sépticos, tinas de oxidación, canales de drenaje, etc.) para manejar adecuadamente los residuos; pero la realidad es que un gran número de ellas carece de las condiciones básicas requeridas para el tratamiento de las aguas, o simplemente la estructura que mantienen no funciona en forma eficiente.
- ✓ Actividad ganadera: La ganadería es la actividad que por tradición realizan un gran número de familias dentro de la cuenca y es del tipo extensiva. Ésta puede considerarse como la principal ocupación de muchos productores y como la principal fuente de ingresos que sustenta la economía del área, ya que se realiza prácticamente en toda la cuenca. Por lo general las fincas abarcan superficies

mayores a las veinte hectáreas e inferiores a las cien hectáreas, por lo que se les considera entre pequeñas a medianas; sin embargo, existen algunas propiedades que cuentan con superficies mayores, incluso hasta más de mil hectáreas de terreno, todas dedicadas a esta actividad (Fig. 62).



Figura 62. Actividad pecuaria o ganadería, una de mayor importancia económica en la cuenca. Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Pobreza y desigualdad

En la República de Panamá la población en estado de pobreza se divide en tres grandes segmentos: urbana, rural no indígena e indígena. La pobreza y pobreza extrema (indigencia) se concentran en las áreas rurales y particularmente, en las áreas indígenas, donde el 90% de su población es afectada por esta última condición. No obstante, la pobreza urbana en cifras absolutas alcanza niveles preocupantes y mayores a los de las áreas rurales e indígenas. La diferencia radica en que mientras la pobreza urbana es básicamente pobreza de ingreso, la pobreza rural e indígena presenta carencias que comprometen la supervivencia humana. Las características comunes a los tres grupos son: el bajo nivel de ingresos, el bajo nivel de consumo y el limitado acceso a los servicios de salud, educación y cultura.

El Informe sobre Desarrollo Humano 2011 presentado por PNUD revela que a pesar de que el ingreso per cápita en Panamá es relativamente elevado, la pobreza continúa siendo un problema de desarrollo. Más de un millón de personas (32,7%) viven

bajo la línea de pobreza y el 14,2% viven en condiciones de pobreza extrema. Por otro lado, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL en el marco de un Convenio de Cooperación y Asistencia Técnica con el Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá, MEF (2009) estableció en el año 2011 una *nueva línea de pobreza* del país, con el propósito de contar con una referencia actualizada en las estimaciones de las condiciones de vida en todo el territorio nacional. La proporción de personas en la indigencia o en la pobreza se calculó considerando el ingreso per cápita del hogar obtenido de las Encuestas de Mercado Laboral del Instituto Nacional de Estadística y Censo del mes de agosto de cada año. Para este efecto han sido analizados la lista de bienes y servicios más consumidos durante una semana por hogares panameños, considerando además, en el caso de los alimentos, la ingesta que requieren las personas para alcanzar los requerimientos mínimos de calorías recomendadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, según su edad, sexo y nivel de actividad física (CEPAL, 2011 y MEF, 2011).

De esta manera, como resultado final se estimó la línea de indigencia para la República de Panamá en 50,99 balboas (dólares) en el área urbana y 42,74 en la rural, y la de pobreza en 112.69 y 82.91 balboas respectivamente, a precios del año 2008. Para estimación de la línea de pobreza e indigencia de los años anteriores y siguientes a esta fecha, han sido calculados el índice de precios y los factores de ajustes, los cuales fueron aplicados a la línea de pobreza del año 2008 (Tabla 36).

Tabla 36. Líneas de indigencia y pobreza en Panamá. Años 2006 a 2012 (en dólares).

Fuente: MEF, 2012.

Años	Líneas de indigencia y pobreza por área			
	Indigencia		Pobreza	
	Rural	Urbana	Rural	Urbana
2006	34.34	41.75	73.13	98.66
2007	36.79	44.58	75.89	102.87
2008	42.74	50.99	82.91	112.69
2009	45.42	53.71	85.66	115.20
2010	46.51	55.59	87.45	117.95
2011	49.34	58.77	92.42	124.60
2012	52.88	62.94	97.64	131.37

Con la metodología descrita, se establecieron los niveles de pobreza e indigencia o pobreza extrema para todas las provincias del país, incluyendo a las provincias de Herrera y Los Santos (Tabla 37).

Tabla 37. Proporción de personas en condiciones de pobreza e indigencia en las provincias de Herrera y Los Santos. Fuente: MEF, 2011.

Provincia	Proporción de personas en condiciones de pobreza e indigencia (%)			
	2008	2009	2010	2011
Pobreza general				
Herrera	36,7	32,7	24,9	25,9
Los Santos	30,3	32,5	23,9	26,0
Indigencia				
Herrera	15,5	14,3	7,7	6,0
Los Santos	11,4	12,4	6,4	6,3

Para el caso concreto de la cuenca del río La Villa, los niveles de indigencia y de pobreza rural han sido determinados para cada Corregimiento por ser esta la unidad administrativa más pequeña. De la información existente en el Censo Nacional 2010 se estableció el ingreso promedio mensual por persona a nivel del Corregimiento, excluyendo las zonas urbanas (Tabla 38 y Fig. 63).

Tabla 38. Distribución de ingreso mensual por habitante en zona rural en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Distrito y Corregimiento	Promedio de habitantes por vivienda	Mediana de ingreso mensual del hogar	Ingreso mensual (dólares/persona) en zona rural
Provincia Herrera			
<i>Chitré</i>			
Chitré	3,5	337,3	96
La Arena	2,1	279,9	131
Monagrillo	2,7	240,6	88
Llano Bonito	3,0	455,2	150
San Juan Bautista	1,8	185,2	104
<i>Las Minas</i>			
Las Minas	3,7	240,7	65
Chepo	4,0	157,9	39
Leones	3,7	125,8	34
Quebrada del Rosario	3,1	96,5	31
Quebrada El Ciprian	3,9	148,4	38
<i>Los Pozos</i>			
Los Pozos	3,4	196,8	58
Capurí	3,3	118,0	36
El Calabacito	3,3	194,0	60
El Cedro	3,0	83,8	28
La Arena	3,7	168,6	46
La Pitaloza	3,1	156,9	50
Los Cerritos	3,4	226,4	66
Los Cerros de Paja	3,0	69,5	23
Las Llanas	3,4	91,8	27

Distrito y Corregimiento	Promedio de habitantes por vivienda	Mediana de ingreso mensual del hogar	Ingreso mensual (dólares/persona) en zona rural
Pesé			
Pesé	3,3	519,0	157
Las Cabras	3,5	317,8	90
El Barrero	3,9	410,8	106
Sabana Grande	3,4	312,0	92
Rincón Hondo	3,1	294,9	95
Provincia Los Santos			
Los Santos			
La Villa de Los Santos	2,7	276,2	101
El Guásimo	2,7	248,0	91
La Colorada	3,1	234,9	75
Las Cruces	2,8	227,3	81
Las Guabas	2,8	224,0	80
Los Olivos	3,1	356,8	117
Llano Largo	3,3	442,3	133
Santa Ana	3,1	420,3	137
Villa Lourdes	2,9	238,0	81
Bayano			
La Canoa	2,7	150,0	56
Macaracas			
Macaracas	3,5	343,6	97
Bahía Honda	3,4	104,0	30
Corozal	2,9	219,5	75
Chupá	3,2	269,8	85
El Cedro	2,5	160,8	63
Espino Amarillo	3,1	172,7	56
La Mesa	2,9	144,3	49
Las Palmas	3,1	100,6	32
Llano de Piedra	2,8	196,3	71
Mogollón	2,4	140,9	59

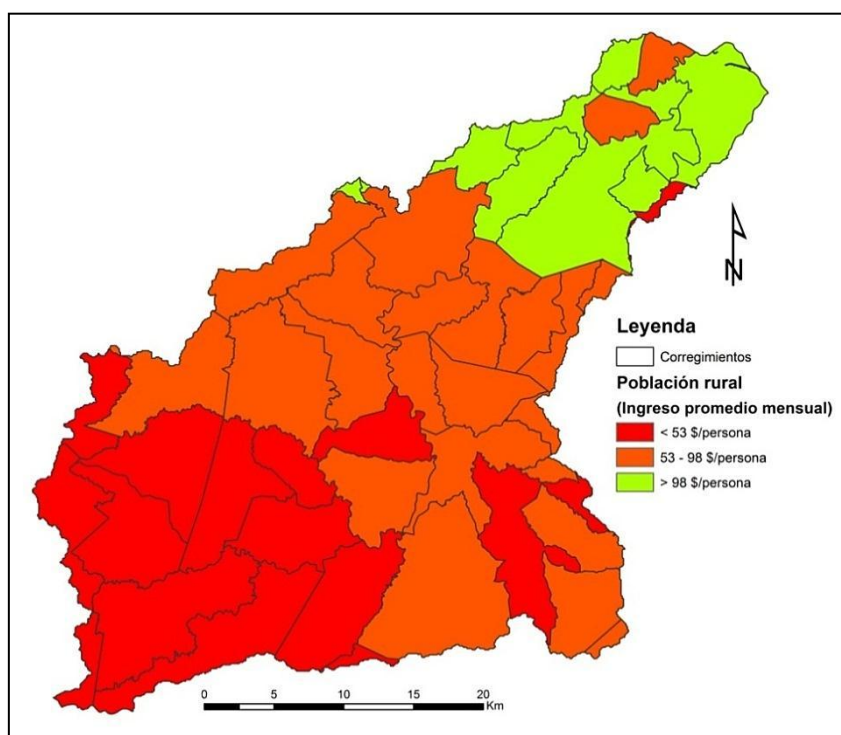


Figura 63. Líneas de indigencia y pobreza rural en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

En lo que concierne al desarrollo humano, la República de Panamá crece en su índice de desarrollo humano (IDH), pero también lo hace en su mala distribución de la riqueza y la desigualdad de género.

Según el Informe sobre Desarrollo Humano 2013 presentado por el Fondo de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2013), Panamá ocupa la posición 59 entre 186 países con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) igual a 0,780 puntos. Mientras tanto, en América Latina se ubica en el cuarto lugar solo por debajo de Chile, Argentina y Uruguay. A pesar del privilegiado lugar en el que se coloca al país con un *“desarrollo humano alto”*, cuando se evalúa la distribución de la riqueza y la desigualdad de género la realidad es otra.

En el caso de Panamá, cuando se relaciona el Índice de Desarrollo Humano con la distribución de la riqueza, el país tiene un IDH ajustado por la Desigualdad igual a 0,588. Según los datos de este Informe el Coeficiente de Gini de ingresos de Panamá es igual a 51.92%. El coeficiente de Gini mide hasta qué punto la distribución del ingreso (o, en algunos casos, el gasto de consumo) entre individuos u hogares dentro de una economía se aleja de una distribución perfectamente equitativa. Un índice de Gini de 0 representa una equidad perfecta, mientras que un índice de 100 representa una inequidad perfecta (Banco Mundial, 2011).

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA



CAPITULO 4. METODOLOGÍA

4.1. FUENTES DOCUMENTALES

Toda la información digital, alfanumérica y cartográfica usada en esta investigación se obtuvo de las fuentes más adecuadas, en función del grupo de variables al que pertenecen en cada caso. Tras una minuciosa consulta de la bibliografía disponible y después de realizar diferentes ensayos previos con un numerosas variables, en el diagnóstico y zonificación de la sensibilidad medioambiental a la desertificación en la cuenca del río La Villa se emplearon definitivamente 20 variables independientes, las cuales se caracterizan más adelante en el capítulo dedicado al Desarrollo Metodológico. A continuación se exponen las distintas fuentes de información según el tipo de variables, la definición y elaboración de las mismas y el proceso de producción cartográfica.

4.1.1. Información alfanumérica y cartográfica

La información alfanumérica y cartográfica utilizada en nuestro trabajo comprende textos, gráficos, cuadros, bases de datos, estadísticas y mapas, todo lo cual ha servido para establecer las respectivas variables que caracterizan el medio físico y el marco socioeconómico de la cuenca. En su conjunto, dicha información ha sido obtenida de diversas fuentes, unas procedentes de instituciones públicas y otras de empresas privadas, las cuales se compendian a continuación:

❖ Variables del medio natural

- ✓ Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”
 - Atlas Nacional de la República (2007)
 - Hojas topográficas escala 1:50.000
- ✓ Autoridad Nacional del Medio Ambiente (ANAM)
 - Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la cuenca del río La Villa (2008)
 - Mapa de Vegetación de Panamá (2000)
 - Mapa de cobertura vegetal y el uso del suelo (2008)

- ✓ Dirección General de Recursos Minerales (DGRM)
 - Mapa Geológico de Panamá escala 1:250.000, (1991)
 - Mapa de tectolineales de la República de Panamá (CARTAP, 1968)
- ✓ Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA), Gerencia de Hidrometeorología.
 - Datos mensuales de temperatura, precipitación y evaporación (2000–2012)
 - Datos históricos mensuales de temperatura, precipitación y evaporación (series de 30 a 60 años, según el período de funcionamiento de las estaciones meteorológicas)
 - Datos históricos hidrográficos (caudales) del río La Villa
 - Ubicación y características de las estaciones meteorológicas
 - Mapa Hidrogeológico de Panamá, escala 1:1.000.000 (1999)
- ✓ Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
 - Mapas de fertilidad de suelos de la República de Panamá (2006)
- ✓ Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA)
 - Mapas de Variables Edafológicas, CARTAP (1970)

❖ Variables socioeconómicas

- ✓ Contraloría General de la República de Panamá. Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).
 - XI Censo Nacional de Población y VII de Vivienda (2010)
 - X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda (2000)
 - VII Censo Nacional Agropecuario (2011)
 - Estadísticas Ambientales: Años 2000 al 2010
 - Indicadores económicos y sociales
 - Situación económica
 - Situación social
 - Panamá en cifras

4.1.2. Información georreferenciada

La disponibilidad de información georreferenciada referente a usos y coberturas del suelo y a datos climáticos, junto con otras informaciones del medio (relieve, tipo de

suelos, caracterización geológica, gestión del medio, etc.), así como otra información climática referida a los posibles escenarios futuros de cambio para los años 2050 y 2100, han permitido, en el marco de esta investigación, el desarrollo de modelos para el diagnóstico de las áreas afectadas por los procesos de degradación y, al mismo tiempo, aplicando la metodología común al contexto europeo, la delimitación de las áreas sensibles a la desertificación. Para este fin fueron analizadas, homogenizadas y luego utilizadas las siguientes capas georreferenciada en formato vectorial o *raster*, procedentes de distintas fuentes de información y también generadas por la propia investigación (Tabla 39):

Tabla 39. Estructura de Base de Datos Georreferenciada de la cuenca del río La Villa
Fuente: Elaboración propia.

Grupo	Tema	Variable	Atributo	Fuente
Medio natural	Geología	Formaciones geológicas	Litología	DGRM, 1991
	Suelos	Tipos de suelo	Orden	IDIAP, 2006
			Pendiente	ANAM, 2008
			Textura	MIDA, 2008
			Profundidad	
			Pedregosidad	
			Drenaje	
			Material parental	DGRM, 1991
			Materia orgánica	IDIAP, 2006
			Acidificación del suelo	
		Uso actual del suelo	Descripción	ANAM, 2008
		Clases agrológicas y uso potencial del suelo	Clases agrológicas	CATAPAN, 1970
			Descripción de uso potencial	ANAM, 2008
	Geomorfología (MDE)	Altitud	Altitud (msnm)	
		División altitudinal	Rangos de altitud (m)	Autora, 2013
		Pendiente	Rango (%)	
	Climatológico	Precipitación media anual (Isoyetas)	Rango de precipitación (mm)	ETESA, 2012
		Temperatura media anual (Isotermas)	Rango de temperaturas (°C)	CCAD, 2008
		Evapotranspiración potencial (ETP)	Rangos de ETP (mm/año)	Autora, 2013
		Áridez	Rangos	
		Tipos de clima	Clasificación climática	ANAM, 2008
	Hidrografía	Red hídrica	Nombre	STRI Panamá, 2012
	Vegetación	Cobertura vegetal	Descripción de acuerdo a UNESCO	ANAM, 2000
	Vegetación	Ecosistemas	Clasificación	BM, 2002
		Protección contra la erosión	Niveles	Autora, 2013
		Protección contra la sequía	Niveles	
	Áreas naturales protegidas	Sistema Nacional de Áreas Protegidas	Descripción	ANAM, 2006

Grupo	Tema	Variable	Atributo	Fuente
Socio-económico	Demografía	Núcleos Humanos	Total población	INEC, 2010
			Total población por Corregimiento	Autora, 2013
			Densidad poblacional (hab/km ²)	
		Línea de pobreza	Pobreza (ingreso mensual/habitante)	
	Producción pecuaria	Carga animal	Unidad ganadera/ha	STRI Panamá, 2012
	Político-administrativo	División Provincial	Nombre	
		División por Corregimiento	Nombre	
		Centros poblados	Nombre	
		Cuencas hidrográficas	Nombre	ANAM, 2008

4.2. DESARROLLO METODOLÓGICO

4.2.1. Fase diagnóstico

4.2.1.1. Criterios para la selección de la metodología aplicada

Independientemente de la escala que se elija, revelar y ponderar la susceptibilidad de un área a la degradación o, en casos críticos, a la desertificación, es una tarea bastante difícil, debido fundamentalmente a la complejidad de las interrelaciones entre los numerosos factores ambientales y antrópicos. Para conservar la sostenibilidad medioambiental es necesario un análisis detallado de los riesgos relacionados con la degradación en función de los procesos dominantes a escala local o regional. Por otra parte, para comprender localmente el fenómeno de la desertificación es importante identificar los procesos conducentes a la degradación y las formas de abordar su análisis a diferentes escalas espaciales y temporales, estableciendo una línea base o punto de partida (Trisorio-Liuzzi y Hamdy, 2002, Brandt, 2003).

Al aplicar este tipo de consideraciones para analizar el ámbito local en el marco de esta investigación, concretamente a la cuenca del río La Villa en la Península de Azuero, se estableció que se hace casi imposible tener una línea comparativa del avance o retroceso del proceso de la degradación, o desertificación, por no disponer de la información territorial histórica o actual. Las limitaciones encontradas en el área investigada se deben

principalmente a la no existencia en la República de Panamá de este tipo de proyectos, dedicados específicamente al estudio del fenómeno de la desertificación. La escasa información de la que se dispone a la fecha es el resultado de una previa iniciativa nacional (ANAM, 2007a), la cual seleccionó y aplicó diez *Indicadores Ambientales para Tierras Secas y Degradadas* con el fin de caracterizar la degradación del suelo en cuencas prioritarias, siendo la del río La Villa una de ellas.

El uso de estos indicadores ha permitido únicamente la demarcación de las tierras secas y degradadas, sin establecer los respectivos rangos de su intensidad, siendo considerada, por consiguiente, como una primera aproximación. Según esta caracterización, meramente cualitativa, puede asumirse que de los 1,291.95 km² de la superficie que tiene la cuenca del río La Villa, 740 km² (57,3%) se encuentran afectados por algún tipo de la degradación o desertificación. A pesar de esta valoración inicial, los resultados generados presentan cifras muy alarmantes que solicitan la atención inmediata del problema por parte de los gestores de la cuenca y también de la población local. Por otro lado, para poder establecer las políticas concretas de manejo del recurso suelo, y elaborar los respectivos planes de mitigación de esta afección, es necesario disponer de la información adecuada y contar con procedimientos para su evaluación.

En el caso concreto de la cuenca del río La Villa, para elegir la metodología cónsona con el alcance de esta investigación, que comprende la caracterización de la sensibilidad medioambiental a la degradación-desertificación, se analizaron diferentes alternativas. A nivel regional se analizaron los lineamientos del Programa Temático (RPT-1), *“Identificación y uso de indicadores y puntos de referencia en desertificación y sequía”*, que forma parte de la red del Programa de Acción Regional de América Latina y el Caribe (ALC-PAR) para el quinquenio 2003-2007. De igual forma ha sido evaluada la experiencia previa de algunos países de la región, específicamente del Cono Sur, que han alcanzado avances significativos con el *Sistema de Evaluación y Monitoreo de la Desertificación en América del Sur* dentro del marco del Programa Regional de Combate de la Desertificación en América del Sur. Dicha iniciativa identifica una lista de 43 posibles indicadores clasificados de acuerdo a temáticas y categorías de carácter tanto biofísico como abiótico, así como socioeconómico, institucional, etc.). Además de la experiencia

regional latinoamericana, han sido considerados también los importantes logros alcanzados en distintos proyectos desarrollados por la Unión Europea, tales como *MEDALUS* (1991-1999), *DESERTLINKS* (2001-2005) y *DesertNet* (2004-2008).

Finalmente, al analizar y comparar las bondades de todas estas experiencias en la formulación de los proyectos relacionados con el fenómeno de la degradación-desertificación, **se escogió la metodología aplicada por los proyectos europeos, que permite identificar y delimitar las áreas de una cuenca hidrológica con diferente sensibilidad ambiental a la degradación-desertificación.** Concretamente, el procedimiento metodológico elegido se basa en un modelo desarrollado en el marco del Proyecto MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*), el cual ha sido utilizado posteriormente con gran éxito en las también mencionadas iniciativas DESERTLINKS y DesertNet.

Como ya se ha descrito en el Capítulo 2 de esta investigación, el proyecto europeo DESERTLINKS desarrolló un extenso *Sistema de Indicadores sobre Desertificación para la Europa Mediterránea*, 148 en total, que pueden ser utilizados en diversos contextos geográficos de desertificación y se adaptan a numerosas necesidades y requisitos, en relación con el mencionado fenómeno. Algunos indicadores, con fin de responder a cuestiones más específicas, han sido combinados con otros índices y herramientas, como en el caso del *Sistema Experto para la evaluación del Índice de Sensibilidad Medioambiental (ESI) de un área local*. Este sistema despliega la metodología ESA (Áreas de especial Sensibilidad Medioambiental) que permite evaluar la sensibilidad a la desertificación con la herramienta ESI (Índice de Sensibilidad Medioambiental). Respecto a los datos, tres son los tipos de información que se necesita para estimar la Sensibilidad Medioambiental a la desertificación: la físico-estructural, la vegetal y la socioeconómica.

Esta metodología es la versión actualizada de otra que había sido desarrollada y probada en el proyecto MEDALUS III (1999) por Agostino Ferrara (Universidad de Basilicata - Italia) y Constantinos Kosmas (Universidad de Atenas - Grecia), quienes calcularon el Índice de Sensibilidad Medioambiental (ESI) de áreas locales, específicamente de la cuenca del Agri, en Italia. Finalmente, la metodología ESA se ha

extendido a la exploración de ámbitos situados fuera del área de referencia inicial, por ejemplo, de Creta, Italia y la cuenca mediterránea. Según Ferrara (2005), uno de los aspectos más interesantes de la propuesta es que las *clases* de Sensibilidad Medioambiental (ES) no están relacionadas directamente con un valor absoluto de sensibilidad, sino que tal relación es indirecta, relativa, y se establece mediante valores que definen diferentes niveles de sensibilidad, según parámetros diversos, para un área particular.

Basado en todo lo señalado anteriormente, el desarrollo metodológico de la presente investigación contempla la preparación de un **diagnóstico** del nivel y el carácter de la desertificación de la cuenca del río La Villa, a través de la aplicación de la herramienta *Índice de Sensibilidad Ambiental (ESI)* a la desertificación, apoyado en un conjunto de indicadores que reflejarían el estado del sistema medioambiental y socioeconómico evaluado, acorde con distintas experiencias en este ámbito tanto a nivel regional como a nivel mundial. Para este fin el modelo MEDALUS sugiere, de manera general y como primer paso, adoptar una metodología uniforme, objetiva y sustentada científicamente que identifique las regiones dónde el riesgo de desertificación es más elevado. A esta escala, es imposible identificar campos individuales o comunidades con precisión, pero sí se puede identificar las regiones que requieren de una aproximación más detallada. Estos *Indicadores Regionales (IRD)*, que pueden usarse como línea de base, deberían estar apoyados en materiales, incluyendo imágenes de teledetección, datos topográficos (mapas o MDE), clima, suelos y datos geológicos a escalas entre 1:250.000 y 1:1.000.000. A este detalle el impacto de las fuerzas socioeconómicas se expresa principalmente en los patrones de uso del suelo, lo cual supone una ventaja desde el punto de vista instrumental.

Así pues, desde el punto de vista operativo dentro de la presente investigación, se asume que la metodología de la demarcación de zonas secas y degradadas en la cuenca del río La Villa, realizada por el proyecto *Indicadores Ambientales para Tierras Secas y Degradadas* en la República de Panamá (ANAM, 2007a), puede considerarse en cierto modo similar a los procedimientos aplicados para establecimiento de los *Indicadores Regionales* en el proyecto MEDALUS, por su escala y por el producto final que se obtiene,

siendo posible identificar las *Regiones de Riesgo a la degradación*. Una vez que estas *Regiones* han sido identificadas, la segunda escala anidada de investigación debe ser cada Región, Provincia o cuenca hidrológica (500-5.000 km²), y es allí donde se enmarca adecuadamente la cuenca del río La Villa, ya que tiene un área de 1.291 km². A esta nueva escala de trabajo muchos de los datos pueden obtenerse aún de mapas a escalas 1:25.000 a 1:50.000, pero se necesitará un apoyo sustancial de la investigación de campo. Dado que esta no es nuestra opción, la metodología propuesta en nuestra investigación a esta escala es la identificación de *Áreas Medioambientalmente Sensibles* a la desertificación a través de una aproximación multifactorial basada tanto en conocimientos generales como locales de los procesos ambientales actuantes (Kosmas, *et al.*, 1999).

Un área sensible a la degradación-desertificación (*Environmentally Sensitive Areas, ESA*) se considera como una superficie con unas características ambientales determinadas, en la que algunos aspectos clave relacionados con su sostenibilidad a largo plazo se encuentran en desequilibrio, comprometiendo la sostenibilidad del medio (Basso *et al.*, 2000). Los diversos tipos de *Áreas Medioambientalmente Sensibles* a la desertificación pueden ser distinguidos mediante el uso de ciertos indicadores claves para evaluar la capacidad del medio para resistir la degradación, o su potencialidad para soportar tipos específicos de usos del suelo. Por su parte, la identificación de las áreas con diferente grado de sensibilidad ambiental se realiza en forma cartográfica, mediante el establecimiento del denominado el *Índice de Sensibilidad Medioambiental (ESI)*, para cuyo cálculo se consideran elementos de calidad ambiental directamente relacionados con la desertificación, tales como el tipo de suelo, de clima, de vegetación y de manejo y gestión (indicadores de estrés). Después, dentro de cada factor se realiza un análisis de los principales parámetros o indicadores que marcan su sensibilidad a la degradación. Cada uno de estos parámetros luego se clasifica en función de rangos o tipos de valores y a cada clase se asigna un peso en función de su relevancia o influencia en los procesos de degradación. Estos pesos varían entre 1 para la mejor clase y 2 para la peor.

La selección de las capas de información necesarias se realizó teniendo en cuenta tres consideraciones esenciales (Ferrara, 2005):

- ✓ su correlación con fenómenos de degradación o estados medioambientales críticos;
- ✓ la cobertura;
- ✓ la facilidad y bajo costo de actualización.

Siguiendo a este mismo autor, entendemos que *“establecer un sistema que requiera información difícil de obtener o costosa de actualizar, aunque sea científicamente importante, supondría excesivas restricciones y no sería práctico en entornos extensos y complejos o cuando se necesitaran sistemas de seguimiento continuos. El sistema desarrollado permite añadir o quitar fácilmente capas de información. Se pueden añadir cuando se necesite estudiar en detalle aspectos o áreas específicos, y pueden eliminarse cuando se busque obtener una primera estimación de un ESI para un área en la que no esté disponible toda la información deseada”*.

Basándonos en lo expuesto, para el área del estudio de la presente investigación, además de aplicar las capas típicas sugeridas por la metodología del proyecto MEDALUS para el cálculo del Índice de Sensibilidad Medioambiental (ESI), también se han tomado en consideración algunos parámetros adicionales que reflejan de manera más completa el estado actual de gestión del recurso tierra en la cuenca del río La Villa. Las nuevas capas añadidas a las que ya contempla la metodología descrita y que se usan para caracterizar la calidad del suelo, son las de niveles de materia orgánica y de acidez del suelo. La importancia de integración de estas capas se debe a que la disponibilidad de nutrientes en el suelo está en función del pH del mismo, y los niveles de materia orgánica constituyen un indicador de sostenibilidad de producción y del tipo de prácticas agrícolas de manejo del suelo que se aplican en el área evaluada. Por otro lado, además de estos dos parámetros añadidos que caracterizan el suelo, la intensidad de pastoreo o carga animal, la pobreza rural y la densidad poblacional son elementos claves en la evaluación del índice de calidad del manejo y la gestión de la cuenca del río La Villa, ya que más de la mitad de su población rural vive en la pobreza general o en la indigencia, sus tierras sufren de sobrepastoreo y la deforestación, lo que traen como consecuencia es, además de una pobre cobertura vegetal, una creciente erosión de los suelos, hecho que por sí

mismo ya constituye uno de los principales factores de la degradación y desertificación de la tierra.

Por otra parte, es importante destacar que la eficacia y flexibilidad de la metodología seleccionada para esta investigación, también permite efectuar una proyección del estado medioambiental de la cuenca a corto plazo, que en este caso concreto sería por medio de cruce en el SIG de capas como la calidad del suelo y del clima con la capa de *unidades de zonificación*, generada para el Ordenamiento Territorial Ambiental de la cuenca del río La Villa (ANAM, 2008a). Asimismo, posibilita realizar las proyecciones de futuros escenarios de sensibilidad medioambiental a la desertificación a mediano y largo plazo, para horizontes 2050 y 2100 respectivamente, tomando en consideración la disminución de la calidad climática en la cuenca a causa de efectos de cambio climático.

4.2.1.2. Valoración de los indicadores seleccionados. *El Índice de sostenibilidad ambiental*

❖ Calidad del suelo

El suelo es un factor crucial en la evaluación de la Sensibilidad Medioambiental de los ecosistemas, especialmente en las zonas áridas, semiáridas y secas subhúmedas. Las propiedades del suelo relacionadas con los fenómenos de desertificación y degradación afectan a dos parámetros principales: capacidad de acumulación y de retención de agua, y resistencia a la erosión. Para calcular la calidad del suelo se consideraron los siguientes atributos (Kosmas *et al.*, 1999): material parental, textura, fragmentos de roca en superficie o pedregosidad, profundidad del suelo, gradiente de la pendiente, redes de drenaje, niveles de materia orgánica y acidez del suelo, siguiendo la relación:

$$SQI = (material\ parental * textura * fragmentos\ de\ roca * profundidad\ del\ suelo * pendiente * drenaje * materia\ orgánica * acidez\ del\ suelo)^{1/8}$$

Dónde:

SQI = Índice de calidad del suelo

En la Tabla 40 se muestran las relaciones de valoración de los atributos del suelo utilizadas para calcular el SQI.

Tabla 40. Clases y pesos asignados a los parámetros de calidad del suelo utilizados en el cálculo de los índices de calidad parciales. Fuente: Modificado a partir de Kosmas *et al.*, 1999.

Parámetro	Clase	Descripción	Valor según MEDALUS original	Valor modificado para la cuenca
Material parental	1	Bueno (Pizarra, esquisto, básico, ultrabásico, conglomerados)	1	1
	2	Moderado (Caliza, mármol, granito, riolita, ignimbrita, gneis, limonita, arenisca, dolomita)	1,7	1,7
	3	Pobre (Piroclásticos, lutita, aluvión)	2	2
Textura	1	Buena (Franco, franco-arcillo-arenoso, franco-arenoso, areno-limoso, franco-arcilloso)	1	1
	2	Moderada (Arcillo-arenoso, franco-limoso, franco-arcillo-limoso)	1,2	1,2
	3	Pobre (Limoso, arcilloso, arcillo-limoso)	1,6	1,6
	4	Muy pobre (Arenoso)	2	2
Presencia de fragmentos de roca, %	1	Muy pedregoso (>60)	1	1
	2	Pedregoso (20-60)	1,3	1,3
	3	Desnudo o ligeramente pedregoso (<20)	2	2
Profundidad del suelo, cm	1	Profundo (>75 cm)	1	1
	2	Medio (75-30 cm)	2	1,3
	3	Poco profundo (15-30 cm)	3	1,6
	4	Muy poco profundo (<15 cm)	4	2
Inclinación de la pendiente, %	1	Ligeramente inclinado (<6)	1	1
	2	Inclinado (6-18)	1,2	1,2
	3	Moderadamente escarpado (18-35)	1,5	1,5
	4	Escarpado (>35)	2	2
Redes de drenaje	1	Bien drenado	1	1
	2	Imperfectamente drenado	1,2	1,2
	3	Escasamente drenado	2	2
Niveles de materia orgánica, %	1	Alto (>6)	nuevo	1
	2	Medio (2-6)	nuevo	1,5
	3	Bajo (0-2)	nuevo	2
Acidez del suelo (pH)	1	Neutro (pH: 7,0-7,2)	nuevo	1
	2	Alcalino (pH: 7,3+)	nuevo	1,3
	3	Poco ácido (pH: 6,0-6,9)	nuevo	1,5
	4	Ácido (pH: 5,2-5,9)	nuevo	1,8
	5	Muy ácido (pH: 4,0-5,1)	nuevo	2

Los grados de calidad del suelo y sus respectivos rangos se muestran a continuación en la Tabla 41:

Tabla 41. Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad del suelo. Fuente: Kosmas *et al.*, 1999.

Grados	Rangos
Alta calidad	<1,13
Media calidad	>= 1,13 <= 1,46
Baja calidad	>1,46

❖ Calidad climática

La calidad del clima se estima utilizando variables que influyen en la disponibilidad de agua para las plantas, tales como: cantidad de precipitaciones, temperatura y aridez, esta última que se expresa según la fórmula de Penman (1948) como la relación de la precipitación anual dividida por la evapotranspiración anual potencial (P/ETP). En la Tabla 42 se muestran las relaciones de valoración de los atributos utilizados para calcular la calidad del clima mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$CQI = (precipitación * índice de aridez * temperatura)^{1/3}$$

Dónde:

CQI = Índice de calidad climática

Tabla 42. Clases y pesos asignados a los parámetros de calidad climática utilizados en el cálculo de los índices de calidad parciales. Fuente: Modificado a partir de Kosmas *et al.*, 1999.

Parámetro	Clase	Descripción según MEDALUS original	Valor según MEDALUS original	Descripción modificada para la cuenca	Valor modificado para la cuenca
Precipitación, mm/año	1	>650	1	>1.000	1
	2	280-650	2	500-1.000	1,5
	3	<280	4	<500	2
Índice de aridez	1	Húmeda/subhúmeda a seca (>0,65)	1	Muy húmeda (>1,5)	1
	2	Semiárida (0,5-0,65)	1,5	Húmeda (1,0-1,5)	1,2
	3	Árida (<0,5)	2	Subhúmeda húmeda (0,65-1,00)	1,4

Parámetro	Clase	Descripción según MEDALUS original	Valor según MEDALUS original	Descripción modificada para la cuenca	Valor modificado para la cuenca
Índice de aridez	4	nuevo	nuevo	Subhúmeda seca (0,5-0,65)	1,8
	5	nuevo	nuevo	Semiárida (<0,5)	2
Temperatura, °C	1	nuevo	nuevo	<24	1
	2	nuevo	nuevo	24-25	1,4
	3	nuevo	nuevo	25-26	1,7
	4	nuevo	nuevo	>26	2

Los grados de calidad climática y sus respectivos rangos se muestran a continuación en la Tabla 43:

Tabla 43. Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad climática. Fuente: Kosmas *et al.*, 1999.

Grados	Rangos
Alta calidad	<1,15
Media calidad	$\geq 1,15 \leq 1,81$
Baja calidad	>1,81

❖ Calidad de la vegetación

La calidad de la vegetación se valoró en términos de protección que le brinda al suelo contra la erosión, resistencia a la sequía y cobertura de las plantas, utilizando la siguiente relación:

$$VQI = (Protección\ contra\ la\ erosión * resistencia\ a\ la\ sequía * cobertura\ vegetal)^{1/3}$$

Dónde:

VQI = índice de calidad de la vegetación

Las relaciones de valoración de los atributos usados para calcular la calidad de la vegetación se muestran en la Tabla 44:

Tabla 44. Clases y pesos asignados a los parámetros de calidad de la vegetación utilizados en el cálculo de los índices de calidad parciales. Fuente: Kosmas *et al.*, 1999.

Parámetro	Clase	Descripción	Valor
Protección contra la erosión	1	Muy alta (Bosque siempre verde, bosque mixto)	1
	2	Alta (Pastos permanentes, cultivos agrícolas, perennes siempre verde)	1,3
	3	Baja (Cultivos agrícolas perennes deciduos y semideciduos)	1,8
	4	Muy baja (Cultivos agrícolas anuales y pastos anuales)	2
Resistencia a la sequía	1	Muy alta (Bosques siempre verde, bosque mixto)	1
	2	Alta (Bosque caducifolio, bosque de galería)	1,2
	3	Moderada (Cultivos agrícolas perennes)	1,4
	4	Baja (Pastos y arbustos perennes)	1,7
	5	Muy baja (Cultivos agrícolas anuales, horticultura, pastos anuales, vegetación muy escasa)	2
Cobertura vegetal, %	1	Alta (>40)	1
	2	Baja (10-40)	1,5
	3	Muy baja (<10)	2

Los grados de calidad de la vegetación y sus respectivos rangos se muestran a continuación en la Tabla 45:

Tabla 45. Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad de la vegetación. Fuente: Kosmas *et al.*, 1999.

Grados	Rangos
Alta calidad	<1,13
Media calidad	$\geq 1,13 \leq 1,38$
Baja calidad	>1,38

❖ Calidad del manejo y la gestión

La calidad del manejo y la gestión de la tierra se consideran en términos del uso dominante en cada área, y de las políticas de manejo desarrolladas en las mismas. Son valoradas en función del grado de estrés que induce la acción antrópica sobre el medio natural, siendo el nivel de bienestar humano y el uso que se da a la tierra sus principales factores. La aplicación de políticas está relacionada con la protección ambiental y el grado de intensidad encontrado para cada uso de la tierra.

De esta manera, la calidad del manejo y la gestión se estima según la siguiente relación:

$$MQI = (\text{uso de la tierra} * \text{carga animal} * \text{pobreza rural} * \text{densidad poblacional} * \text{consumo de leña} * \text{normativas de protección medioambiental})^{1/6}$$

Dónde:

MQI = Índice de calidad del manejo y la gestión

Los criterios utilizados en cada caso se presentan en la Tabla 46:

Tabla 46. Clases y pesos asignados a los parámetros de calidad del manejo y la gestión utilizados en cálculo de los índices de calidad parciales. Fuente: Modificado a partir de Kosmas *et al.*, 1999.

Parámetro	Clase	Descripción	Valor según MEDALUS original	Valor modificado para la cuenca
Uso de la tierra	1	Las tierras agrícolas	1	1
	2	Pastizales	1,3	1,3
	3	Pastizales pobres y degradados	1,6	1,6
	4	Tierras desnudas	2	2
Carga animal, unidad ganadera (UG)/ha	1	<1 UG/ha	nuevo	1
	2	1.5 UG/ha	nuevo	1,5
	3	>1.5 UG/ha	nuevo	2
Pobreza rural, ingreso por hab/mes	1	Por encima de la línea de pobreza	nuevo	1
	2	Pobreza general	nuevo	1,8
	3	Indigencia	nuevo	2
Densidad poblacional, hab/km ²	1	<100	nuevo	1
	2	100-200	nuevo	1,2
	3	200-400	nuevo	1,4
	4	400-700	nuevo	1,6
	5	700-1.000	nuevo	1,8
	6	>1.000	nuevo	2
Consumo de leña, %	1	<10	nuevo	1
	2	10-20	nuevo	1,2
	3	20-40	nuevo	1,5
	4	40-60	nuevo	1,7
	5	>60	nuevo	2
Normativas de protección medioambiental	1	>75% del área bajo protección	1	1
	2	25-75% del área bajo protección	1,5	1,5
	3	<25% del área bajo protección	2	2

Los grados de calidad del manejo y la gestión con sus respectivos rangos son los recogidos en la Tabla 47:

Tabla 47. Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad del manejo y la gestión. Fuente: Kosmas *et al.*, 1999.

Grados	Rangos
Alta calidad	<1,25
Media calidad	$\geq 1,25 \leq 1,51$
Baja calidad	>1,51

Finalmente, el cálculo del *Índice de Sensibilidad Ambiental* se obtiene como la media geométrica de los diferentes parámetros implicados. Según Ferrara (2005), éste es un índice compuesto que puede ser utilizado para comprender los factores causantes del riesgo de desertificación en una unidad territorial, razón por la cual en la etapa final del diagnóstico y luego de estimar la calidad del suelo, clima, vegetación, el manejo y la gestión, se utilizan los cuatro índices de calidad ambiental derivados para la definición de los distintos tipos de ESI, según la relación:

$$ESI = (SQI * CQI * VQI * MQI)^{1/4}$$

Dónde:

ESI = Índice de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación

SQI = Índice de calidad del suelo

CQI = Índice de calidad de clima

VQI = Índice de calidad de vegetación

MQI = Índice de calidad del manejo y la gestión

De acuerdo con los resultados obtenidos del ESI se muestran los cuatro tipos diferentes de Áreas Medioambientalmente Sensibles (ESAs) a la desertificación: crítica (C), frágil (F), potencial (P) y no afectado (N). Cada uno es definido en una escala de tres clases, 1 poco sensible, 2 sensible y 3 altamente sensible (Tabla 48):

Tabla 48. Clases de los valores e índices de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación.
Fuente: Ferrara *et al.*, 1999 y Kosmas *et al.*, 1999.

Nivel de sensibilidad	Tipo de área	Valor de sensibilidad	Breve descripción
Muy bajo	No afectada (N)	$\geq 1 < 1,170$	Áreas en la que los factores críticos son muy escasos o no están presentes, con un buen equilibrio entre factores medioambientales y socioeconómicos.
Bajo	Potencialmente afectada (P)	$\geq 1,170 \leq 1,225$	Áreas amenazadas por la desertificación si se produce un cambio climático significativo, si se aplica una determinada combinación de usos de la tierra o como consecuencia de impactos sobre áreas limítrofes. Esto incluye tierras abandonadas impropriadamente gestionadas.
Medio	Frágil (F1)	$> 1,225 \leq 1,265$	Áreas en las que cualquier cambio en el delicado equilibrio entre actividades humanas y naturales es susceptible de provocar desertificación.
	Frágil (F2)	$> 1,265 \leq 1,325$	
	Frágil (F3)	$> 1,325 \leq 1,375$	
Alto	Crítica (C1)	$> 1,375 \leq 1,415$	Áreas que ya están seriamente degradadas por los malos usos anteriores, presentando una amenaza para el medio ambiente de las áreas limítrofes o con evidentes procesos de desertificación.
	Crítica (C2)	$> 1,415 \leq 1,530$	
	Crítica (C3)	$> 1,530$	

4.2.2. Fase zonificación

Luego de la realización del diagnóstico de la sensibilidad medioambiental a la degradación-desertificación en la cuenca del río La Villa, la presente investigación también tiene entre sus objetivos establecer la respectiva **zonificación** de este fenómeno, para poder de esta manera evaluar, en base de los resultados obtenidos, el efecto que ejerce la desertificación en los ecosistemas. Esta zonificación de la degradación permitirá establecer los fundamentos de los planes de uso y manejo conservacionista del suelo a través de diversos programas orientados a la acción planificada de manejo de recursos naturales en la cuenca de referencia.

En la actualidad existen diversas herramientas computacionales que contribuyen en la realización de estudios sobre el manejo integrado de los recursos naturales; entre estas herramientas destacan los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales

permiten analizar la variabilidad espacial y temporal de los diferentes datos que conforman la información necesaria para llevar a cabo estudios de esta naturaleza. Un SIG permite el almacenamiento, manejo, procesamiento y análisis de los diferentes tipos de datos que se utilizan en estos estudios ambientales, además facilita la elaboración de mapas temáticos para cada uno de los atributos que se definen, así como el análisis y procesamiento de los datos de entrada y salida de los modelos matemáticos de simulación.

Según Ferrara (1999), la cuantificación de diferentes niveles de Sensibilidad Medioambiental (ES) a la escala de cuenca se puede llevar a cabo mediante la evaluación en el SIG de la influencia global de capas únicas de información sobre los fenómenos estudiados. La bondad de este sistema radica en que el mismo funciona en su nivel más básico, independientemente del número o tipo de capas de información. Esto se logra adoptando un enfoque en dos fases. En este caso se determinan primero los cuatro niveles de calidad (también ellos son capas) a partir de las capas básicas de información, y después se evalúa la sensibilidad final de un área a partir de esos niveles de calidad (Fig. 64).

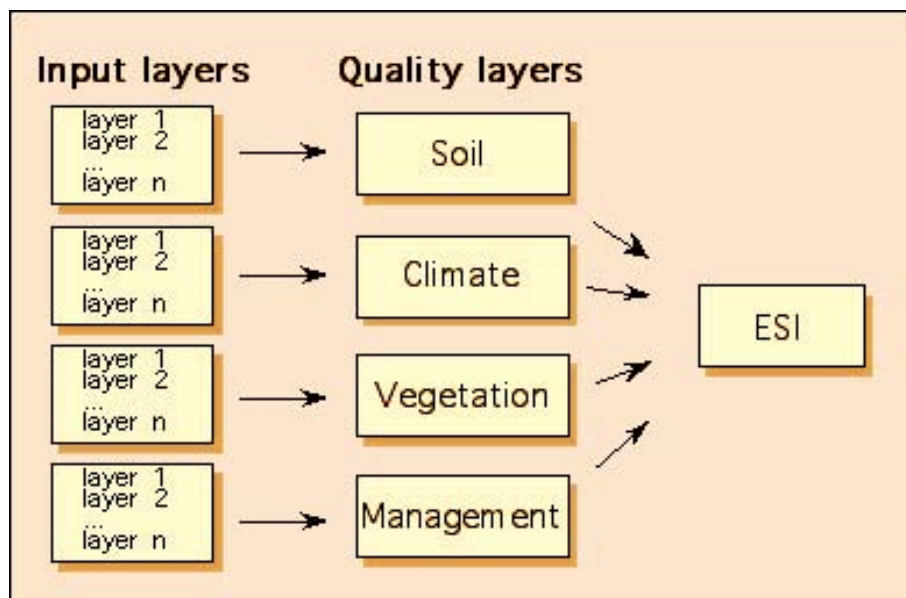


Figura 64. Esquema de estimación del Índice de Sensibilidad Medioambiental (ESI).

Fuente: Ferrara *et al.*, 2005.

Cada unidad elemental de Capas de Calidad se calcula como la media geométrica de sus propias subcapas:

$$Calidad_{x\ ij} = (capa\_1\ ij * capa\_2\ ij * capa\_3\ ij * * capa\_n\ ij)^{(1/n)} \quad [1]$$

$$ESI\ ij = (Calidad\_1\ ij * Calidad\_2\ ij * Calidad\_3\ ij * Calidad\_4\ ij)^{(1/4)} \quad [2]$$

Dónde:

i, j = filas y columnas de una unidad territorial elemental de las capas de calidad;

Calidad_nij = valores calculados

Aplicando los procedimientos establecidos, los índices de calidad ambiental de la cuenca, conformados por los indicadores o parámetros ya definidos en la etapa de diagnóstico, se modelan en un SIG generando una base de datos con mapas temáticos. Esto permite establecer los sub-modelos que se representan a través de los respectivos mapas de calidad ambiental de suelo, clima, vegetación y manejo. Integrando estos sub-modelos se obtiene como el producto final un **Mapa de Sensibilidad Medioambientalmente a la Desertificación**, que proporciona una visión global de estado de degradación de los recursos naturales en la cuenca investigada.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



CAPITULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. DIAGNOSTICO Y ZONIFICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD A LA DESERTIFICACIÓN

5.1.1. El uso del SIG para el análisis de sensibilidad medioambiental

La herramienta informática empleada en la presente investigación para el tratamiento de la información y su análisis, así como para la representación gráfica de los resultados, ha sido el paquete *ArcGIS*. Por su parte, la base de datos en formato de tablas de atributos fue creada mediante el uso de la hoja de cálculo del software *OpenOffice*. Toda la información digital aportada por las diferentes instituciones fue revisada, corregida y editada según las necesidades de la presente investigación, utilizando herramientas del SIG como agregación, generalización, reestructuración, extracción y proyección, adecuándola a las necesidades del presente trabajo.

Asimismo, es importante señalar que para la realización de los cálculos y la generación del material gráfico, las diferentes capas de información integrantes del SIG, tanto en formato *raster* como vectoriales convertidas en *raster*, fueron ajustadas y/o transformadas en datos de *raster* con un tamaño de pixel único de 15x15 m, correspondiente al tamaño de pixel del Modelo Digital de Elevación (MDE) de la cuenca del río La Villa. El tratamiento de capas ha sido necesario, debido a que el formato *raster* es el más apropiado para la representación de fenómenos o variables ambientales que se cambian de forma continua en el espacio. Para obtener los respectivos mapas de sub-modelos de calidad ambiental, al igual que el mapa final de la Sensibilidad Medioambiental a la desertificación, todas las capas empleadas han sido reclasificadas según los correspondientes valores asignados a cada parámetro por la metodología de la presente investigación y luego cruzadas con aplicación de la herramienta *calculadora raster* del SIG, siguiendo los procedimientos establecidos para tal fin. La simbología en el material cartográfico se aplica por categorías, utilizando la gama de colores que va del verde al rojo, siendo el verde para las áreas menos susceptibles a desertificación y el rojo para las más susceptibles. Además, se utiliza el color gris para algunos elementos tales

como las áreas urbanas, pantanos, sombra de nubes, cuerpos de agua, etc., no contemplados en la clasificación y por tanto, no susceptibles de ser analizados.

5.1.2. Calidad del suelo

5.1.2.1. Parámetros de calidad del suelo

Para caracterizar la calidad del suelo en la cuenca del río La Villa se consideraron los siguientes atributos: textura, material parental, fragmentos de roca en superficie, profundidad, gradiente de la pendiente, niveles de materia orgánica y acidificación del suelo. Todos los datos han sido agrupados de manera homogénea y organizados en sistemas de referencia comunes.

❖ Material parental

Hace referencia al material de partida u originario (la roca o el depósito), a partir del cual progresan las formaciones edáficas. Según el Mapa Geológico de Panamá (DGRM, 1991), en la cuenca del río La Villa están representadas diez formaciones geológicas, cuatro de las cuales son de origen ígneo y seis de carácter sedimentario. Estos materiales, que dan origen al suelo de la cuenca, han sido clasificados y luego valorados (Tabla 49), lo que permitió la elaboración de un mapa del parámetro material parental (Fig. 65):

Tabla 49. Parámetro: Material parental de la cuenca del río La Villa.

Fuente: Elaboración propia a partir de DGRM, 1991.

Formaciones geológicas presentes	Litología	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Formación Playa Venado, Formación Valle Riquito, Dacitas Loma Montuoso	Basaltos, pillow lavas, noritas, cuarzdioritas, gabros y dacitas	1	22,7
Formación Santiago, Formación Océ, Formación Pesé, Formación Loma Montuoso	Arenisca, conglomerado, calizas, tobas, tobas continentales, granodioritas y cuarzomonzonitas	1,7	41,6
Formación Río Hato, Formación Macaracas, Formación Tonosí	Conglomerado, arenisca, lutita, tobas, areniscas no consolidadas y pómez, areniscas tobáceas	2	35,7

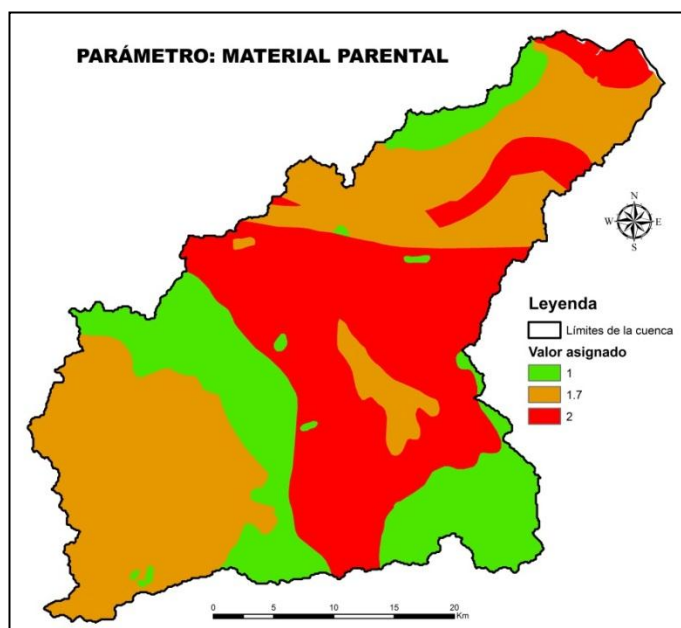


Figura 65. Parámetro material parental con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de DGRM, 1991.

❖ Textura

A partir de la información disponible sobre la textura de los suelos (CARTAP-MIDA, 2008) de la cuenca del río La Villa, éstos han sido clasificados utilizando los siguientes grupos texturales (Fig. 66 y Tabla 50):

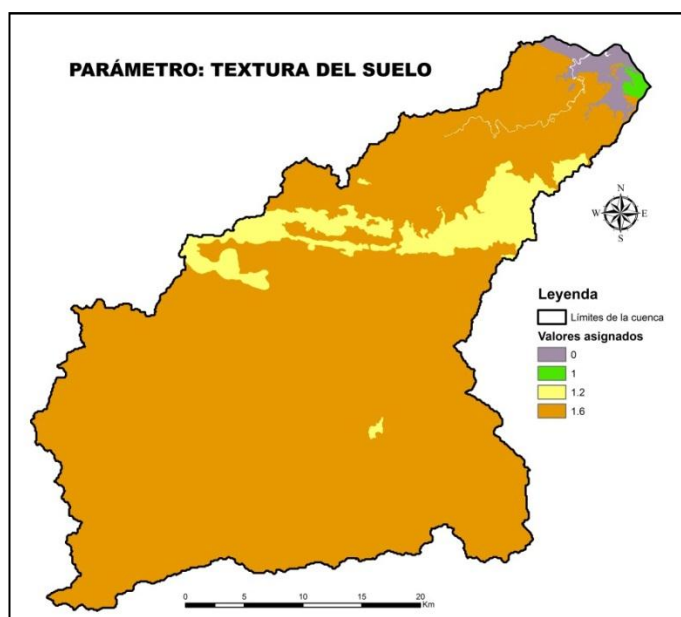


Figura 66. Parámetro textura del suelo con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.

Tabla 50. Parámetro: Textura del suelo en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.

Clases texturales presentes	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Textura franco gruesa (Lc)	1	0,3
Textura de esqueleto arcilloso (Kc)	1,2	7,3
Textura arcillosa fina, textura arcillosa muy fina	1,6	90,8
Zona de pantanos y manglares	0	1,6

❖ Fragmentos de roca o pedregosidad

El parámetro fragmentos de roca o pedregosidad del suelo se clasificó de acuerdo con la información plasmada en el Mapa de Variables Edafológicas de la cuenca (CARTAP-MIDA), utilizando los siguientes grupos (Tabla 51 y Fig. 67):

Tabla 51. Parámetro: Fragmentos de roca o pedregosidad en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.

Pedregosidad	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Pedregosidad muy severa (>60% fragmentos de roca)	1	0,6
Pedregosidad moderada (20-60% fragmentos de roca)	1,3	57,4
Sin piedras o ligeramente pedregoso (<20% fragmentos de roca)	2	40,4
Zona de pantanos y manglares	0	1,6

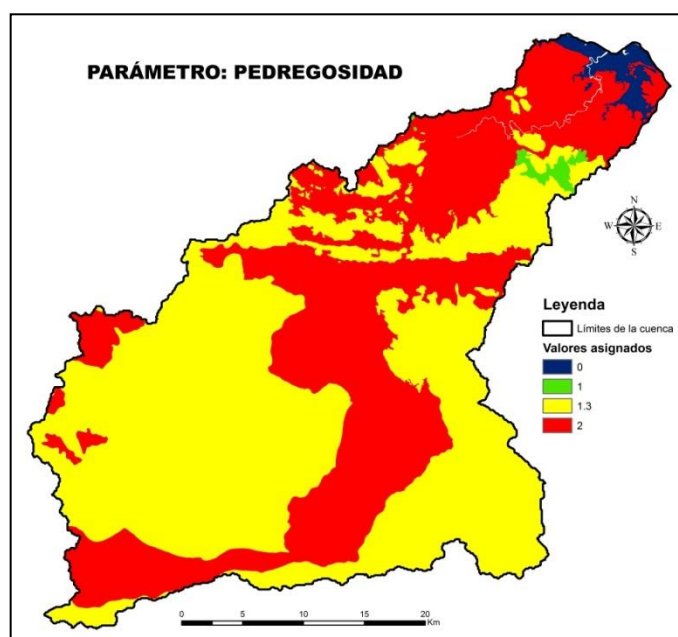


Figura 67. Parámetro pedregosidad con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.

❖ Profundidad del suelo

El parámetro profundidad del suelo se obtuvo del Mapa de Variables Edafológicas de la cuenca del río La Villa (CARTAP-MIDA), utilizando los siguientes grupos (Tabla 52 y Fig. 68):

Tabla 52. Parámetro: Profundidad del suelo en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.

Profundidad del suelo	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Zona de pantanos y manglares	0	1,6
Muy profundo (>75 cm)	1	46,9
Moderadamente profundo (30-75 cm)	1,3	27,7
Poco profundo (15-30 cm)	1,6	23,8

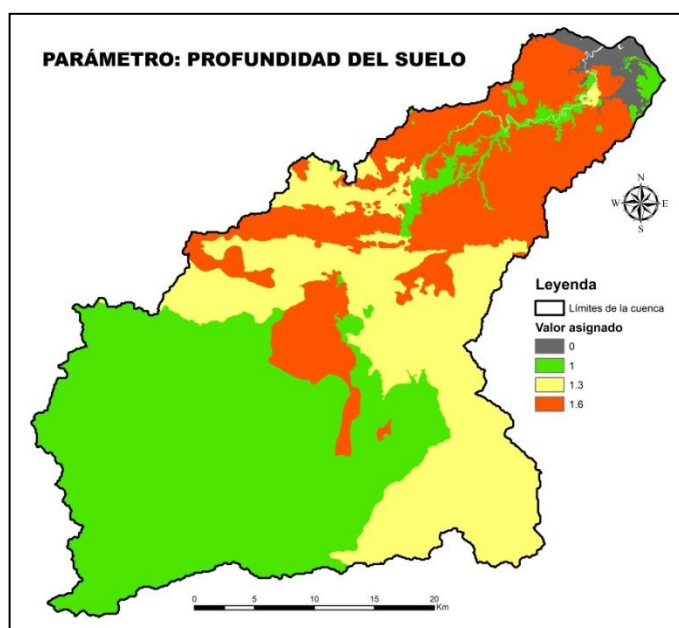


Figura 68. Parámetro profundidad del suelo con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.

❖ Inclinación de la pendiente

El mapa de pendientes ha sido creado a partir del modelo de elevación digital (ANAM, 2008). Con la aplicación de las herramientas de *ArcGIS* se generó un *raster* con resolución espacial de 15 m y con valores de pendientes en porcentajes (Tabla 53 y Fig. 69).

Tabla 53. Parámetro: Inclínación de la pendiente en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

Inclínación de la pendiente (%)	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Ligeramente inclinado (<6)	1	36,3
Inclinado (6-18)	1,2	37,3
Moderadamente escarpado (18-35)	1,5	22,5
Escarpado (>35)	2	3,9

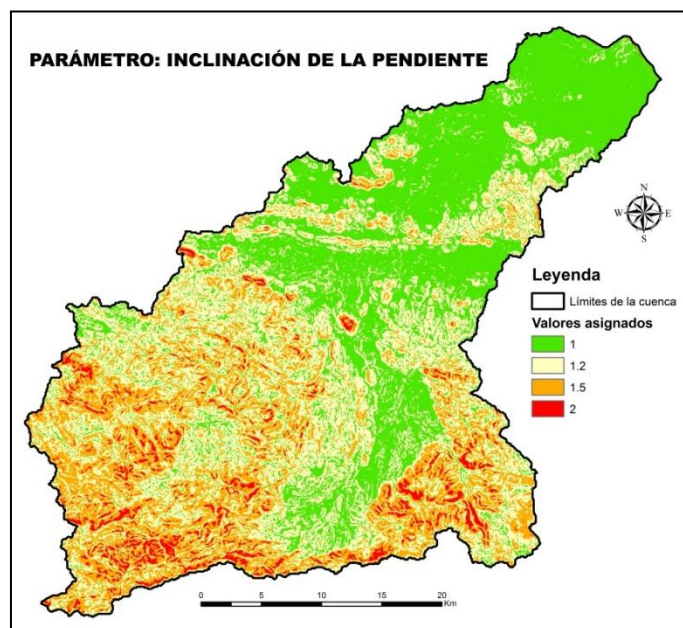


Figura 69. Parámetro inclinación de la pendiente con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

❖ Redes de drenaje

El parámetro redes de drenaje se obtuvo del Mapa de Variables Edafológicas de la cuenca del río La Villa (CARTAP-MIDA), utilizando los siguientes grupos (Tabla 54 y Fig. 70):

Tabla 54. Parámetro: Redes de drenaje en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.

Redes de drenaje	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Zona de pantanos y manglares	0	1,6
Bien drenado (W)	1	55,6
Moderadamente bien drenado (M)	1,3	32,6
Drenaje imperfecto (N)	1,6	9,1
Drenaje pobre (G), Drenaje muy pobre (V)	2	1,1

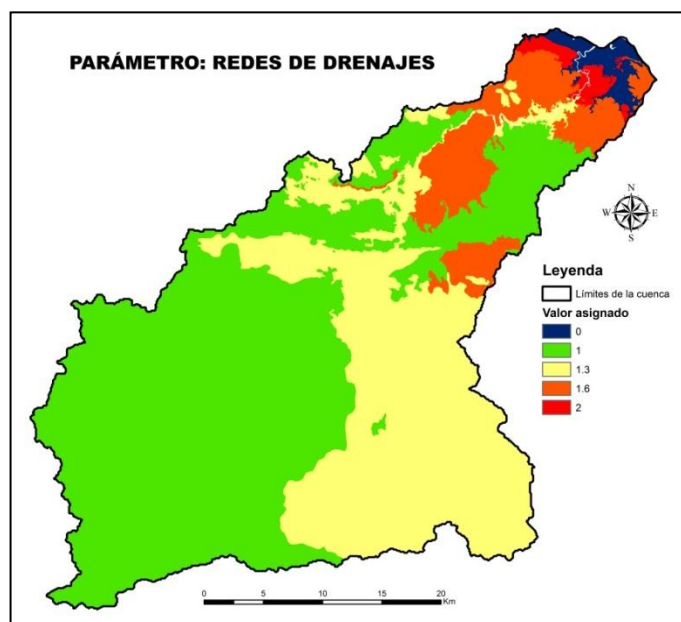


Figura 70. Parámetro redes de drenajes con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de CARTAP-MIDA, 2008.

❖ Niveles de materia orgánica

A partir de la información disponible sobre los niveles de la materia orgánica en los suelos de la cuenca río La Villa (IDIAP, 2006), este parámetro se clasificó utilizando los siguientes grupos (Fig. 71 y Tabla 55):

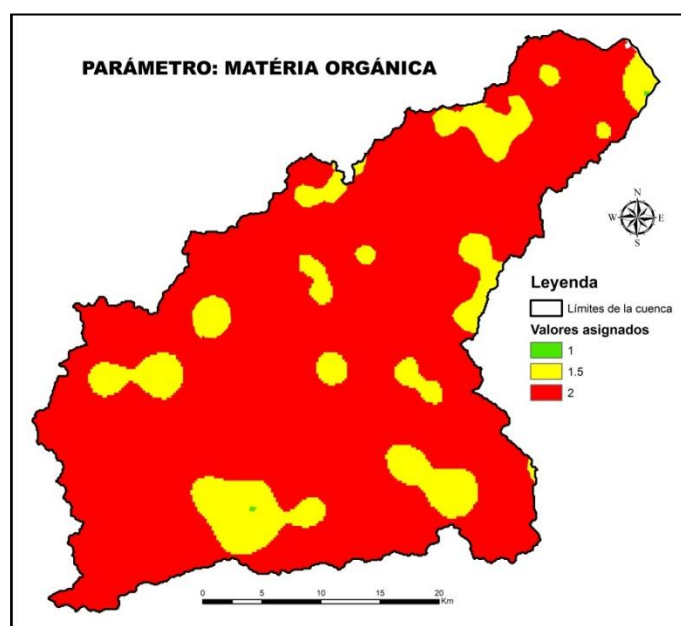


Figura 71. Parámetro niveles de materia orgánica con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.

Tabla 55. Parámetro: Niveles de materia orgánica suelo en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.

Niveles de materia orgánica (%)	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Alto (>6)	1	0,1
Medio (2-6)	1,5	14,0
Bajo (0-2)	2	85,9

❖ Acidificación del suelo

La acidificación del suelo es el proceso por el cual, debido a diversas razones, el suelo absorbe cationes de hidrógeno, reduciendo su pH, siendo este último una medida de la calidad del suelo. La acidez, unida a la poca disponibilidad de nutrientes, es una de las mayores limitaciones de la baja productividad de los suelos ácidos. Aunque la acidificación es un proceso natural, la agricultura, la polución y otras actividades humanas pueden acelerarla. Desde el punto de vista agrícola se busca que el pH de los suelos se mueva entre 6 y 7, rango donde crecen satisfactoriamente la mayoría de los cultivos.

La acidificación adquiere gran importancia en suelos tropicales y especialmente en la cuenca del río La Villa, donde los suelos con distintos grados de acidez, de poco ácido a muy ácido, ocupan más del 69% de su territorio. La información sobre la acidez del suelo se obtuvo del *Mapa de pH* (IDIAP, 2006) y este parámetro se clasificó utilizando los siguientes grupos (Tabla 56 y Fig. 72):

Tabla 56. Parámetro: Acidificación del suelo en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.

Niveles de pH	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Neutro (6,9-7,3)	1	0,1
Alcalino (>7,3); ligeramente ácido (6,0-6,9)	1,3	30,9
Poco ácido (5,5-6,0)	1,5	36,0
Ácido (5,2-5,5)	1,8	15,6
Muy ácido (4,0-5,2); extremadamente ácido (0,0-4,0)	2	17,4

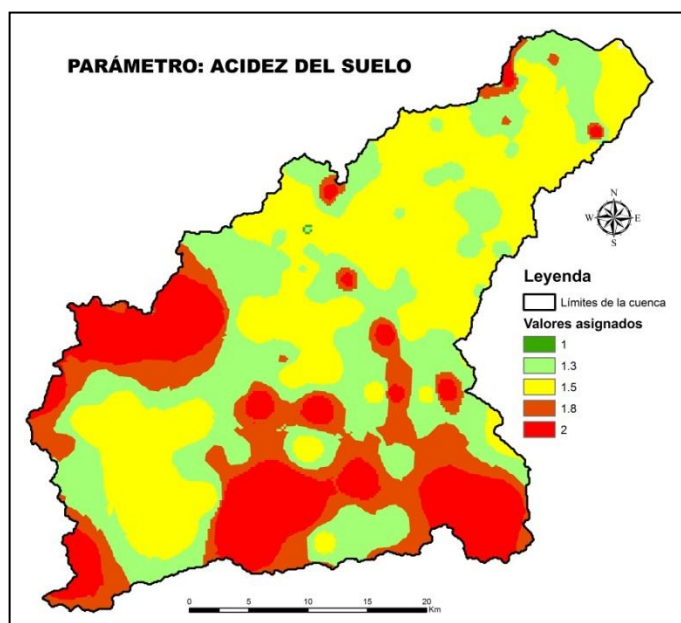


Figura 72. Parámetro acidificación del suelo con valores asignados.

Fuente: Elaboración propia a partir de IDIAP, 2006.

5.1.2.2. Índice de calidad del suelo

El índice de calidad del suelo se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$SQI = (\text{material parental} * \text{textura} * \text{fragmentos de roca} * \text{profundidad} * \text{pendiente} * \text{drenaje} * \text{materia orgánica} * \text{acidificación})^{1/8} \quad [1]$$

Dónde:

SQI = Índice de calidad del suelo

El mapa del **Índice de calidad del suelo** (Fig. 73) de la cuenca del río La Villa se obtuvo al multiplicar ocho mapas temáticos con las respectivas variables utilizando las herramientas de *ArcGIS*, correspondientes a cada uno de los parámetros evaluados y creados para este fin, aplicando la ecuación [1].



Figura 73. Índice de calidad del suelo en la cuenca del río La Villa.

Fuente: Elaboración propia.

Los grados de calidad del suelo y sus respectivos rangos en la cuenca del río La Villa son (Tabla 57):

Tabla 57. Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad del suelo. Fuente: Elaboración propia.

Grados	Rangos de referencia (Kosmas <i>et al.</i> , 1999)	Rangos obtenidos para la cuenca	% del área total de la cuenca
Alta calidad	<1,13	0	0
Media calidad	$\geq 1,13 \leq 1,46$	1,13-1,46	53,1
Baja calidad	>1,46	1,46-1,72	45,4
No aplica (N/A)	-	-	1,5

Según los resultados obtenidos (Tabla 57), la calidad del suelo con respecto al riesgo de desertificación en la cuenca del río La Villa ha sido de **mediana calidad** en un 53,1%, seguido por el suelo de **baja calidad** (45,4%), en donde no se encontró zonas de alta calidad. El elevado porcentaje de estos valores en una parte se atribuye al tipo de material parental u originario del suelo, que se caracteriza en gran parte de la cuenca (77% del área) por la presencia de rocas sedimentarias lutitas, calizas, tobas y areniscas

tobáceas, como también a la textura arcillosa fina a muy fina del suelo (91%) y a la pedregosidad o porcentaje de presencia de fragmentos de roca en la superficie, que ofrecen cierta protección al suelo de la erosión, predominando la proporción de fragmentos de roca sobre una superficie entre 20-60%. En este caso, la pedregosidad moderada ha sido característica del 57% del área evaluada y la baja del 40% de la cuenca.

Los suelos son profundos, más de 75 cm (47%) y moderadamente profundos, entre 30-75 cm (28%), corresponden a la parte media y alta de la cuenca, mientras que los suelos poco profundos, entre 15-30 cm (24%), se localizan en la parte baja de la misma. Las pendientes mayores de 35% son relativamente limitadas a la parte alta de la cuenca (4% del territorio) y el terreno ligeramente inclinado a inclinado (<6 a 18%) está asociado a la valoración de calidad moderada en un 73%. Con respecto a redes de drenaje, los terrenos de la cuenca en su mayor parte se consideran entre bien drenados (56%) y moderadamente bien drenados (33%), siendo característicos de la parte alta y media de la cuenca respectivamente. Finalmente, los suelos de la cuenca del río La Villa se clasifican por niveles de pH, resultando un 36% como poco ácidos y 33 % como ácido y muy ácido. Para los niveles de materia orgánica, el 86% de la cobertura de suelos se caracteriza por su bajo nivel (0 a 2%).

5.1.3. Calidad climática

5.1.3.1. Parámetros de calidad climática

Para caracterizar la calidad climática en la cuenca del río La Villa se consideraron los siguientes atributos: precipitación, aridez y temperatura.

❖ Precipitación

A partir de la información disponible sobre los valores de isoyetas de la cuenca, se creó una capa en el formato *raster* con el fin de realizar la clasificación de las lluvias anuales y su correspondiente valoración (Tabla 58 y Fig. 74).

Tabla 58. Parámetro: Precipitación en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

Precipitación, mm/año	Valor asignado	% del área total de la cuenca
>1.000	1	95,9
800-1.000	1,5	4,1



Figura 74. Parámetro precipitación con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

❖ Índice de aridez

El índice de aridez ha sido calculado con la fórmula de Penman (FAO, 1998), obteniéndose como resultado de división de los valores de mapas de precipitación y evapotranspiración potencial anual de la cuenca, los cuales se expresan en formato de *raster* (Tabla 59 y Fig. 75).

Tabla 59. Parámetro: Índice de aridez en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de UNESCO, 2010.

Clasificación de aridez	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Muy húmeda (>1,50)	1	18,2
Húmeda (1,00-1,50)	1,2	66,7
Subhúmeda húmeda (0,65-1,00)	1,4	14,1
Subhúmeda seca (<0,65)	1,8	1,0

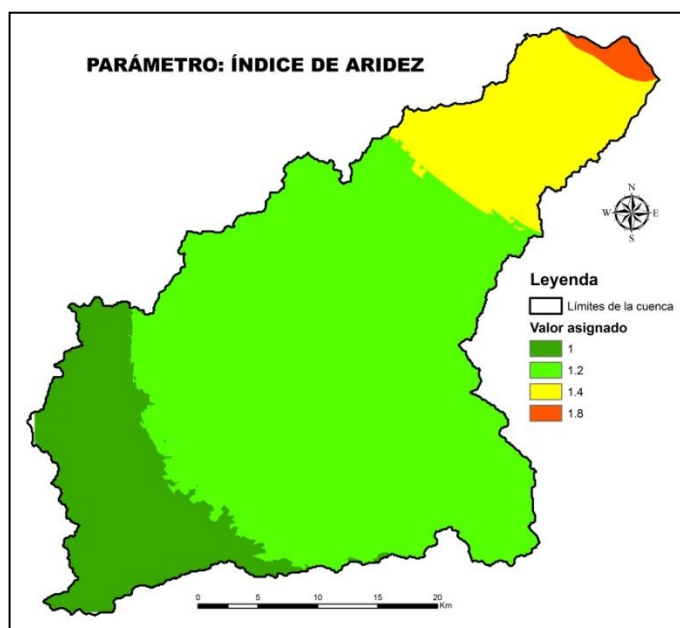


Figura 75. Parámetro aridez con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de UNESCO, 2010.

❖ Temperatura

Según Kosmas (1999) la temperatura del aire es un factor ambiental crítico para determinar el estrés hídrico que afecta a la evolución de la vegetación natural y provoca la reducción de la cobertura vegetal. Si su valor medio se encuentra por encima del 21°C, puede considerarse como un indicador del posible proceso de la desertificación debido al efecto de la salinización, ya que las crecientes concentraciones de sales se traducen en cambios radicales en la economía del agua del suelo, creando un entorno ecológico potencialmente adverso para vegetación o cultivos agrícolas.

A partir de la información disponible sobre los valores de isotermas a nivel del país, y con la aplicación de las herramientas de *ArcGIS*, se creó una capa en formato de *raster* para la cuenca con el fin de poder realizar la clasificación de temperaturas medias anuales y su correspondiente valoración, asumiendo como crítico, a los efectos de esta investigación, un valor por encima de 26°C (Tabla 60 y Fig. 76).

Tabla 60. Parámetro: Temperatura en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de CCAD, 2008.

Temperatura media anual, °C	Valor asignado	% del área total de la cuenca
23-24	1	4,7
24-25	1,4	37,6
25-26	1,7	20,2
26-29	2	37,5

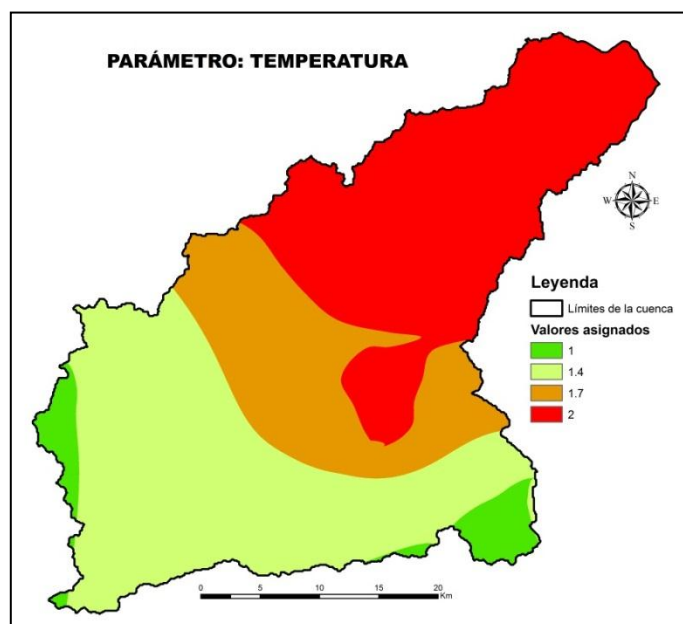


Figura 76. Parámetro temperatura con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de CCAD, 2008.

5.1.3.2. Índice de calidad climática

El índice de calidad climática se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$CQI = (precipitación * aridez * temperatura)^{1/3} \quad [2]$$

Dónde:

CQI = Índice de calidad climática (Kosmas *et al.*, 1999).

El mapa del **Índice de calidad climática** (Fig. 77) para la cuenca del río La Villa se obtuvo al multiplicar, utilizando las herramientas de *ArcGIS*, tres mapas temáticos con las

respectivas variables, correspondientes a cada uno de los parámetros evaluados y creados para este fin, aplicando la ecuación [2].



Figura 77. Índice de calidad climática en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia.

Los grados de calidad climática y sus respectivos rangos en la cuenca del río La Villa son (Tabla 61):

Tabla 61. Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad climática. Fuente: Elaboración propia.

Grados	Rangos de referencia (Kosmas et al., 1999)	Rangos obtenidos para la cuenca	% del área total de la cuenca
Alta calidad	<1,15	1,00-1,15	20,7
Media calidad	$\geq 1,15 \leq 1,81$	1,15-1,75	79,3
Baja calidad	>1,81	0	0

Según la Tabla 61, casi el 80 % de la cuenca presenta valores del índice correspondiente a una **mediana calidad climática**, mientras que el porcentaje restante

presenta una ***alta calidad climática***, correspondiéndose con los ámbitos de más altitud de la cuenca.

En general, el área estudiada se caracteriza por tener un clima de bajo riesgo a la desertificación, atribuido a la moderada precipitación anual que se recoge en la zona (1.490 mm/año). No obstante, esta lluvia se concentra entre los meses de mayo y noviembre, con un máximo de 270 mm en octubre, registrando un período seco de diciembre-abril. El grado de aridez se clasifica en mayor parte de la cuenca como *húmedo*, con el índice de 1,00 a 1,50 y *subhúmedo-húmedo* (0,65 a 1,00). Solamente en una pequeña franja costera el ambiente se considera como *subhúmedo seco* (0,59 a 0,65). La temperatura promedio anual presenta valores de 23,8°C en la parte alta de la cuenca, aumentando hasta 27,7°C en su parte baja.

Acorde con el índice de aridez y la precipitación de la zona, no debiera presentarse el déficit de humedad en el suelo, el cual no impide el crecimiento y desarrollo de la vegetación. Sin embargo, casi en todo su territorio predominan las clases texturales con características arcillosas, que indican una posible restricción del contenido de humedad del mismo, al favorecer la escorrentía superficial y el incremento de erosión, especialmente en las áreas cubiertas por pastos naturales de baja cobertura, cultivos intensivos y ganadería extensiva.

5.1.4. Calidad de la vegetación

5.1.4.1. Parámetros de calidad de la vegetación

Para caracterizar la calidad de la vegetación en la cuenca del río La Villa se consideraron los siguientes atributos: protección que le brinda al suelo contra la erosión, resistencia a la sequía y cobertura de las plantas.

❖ Protección contra la erosión

El parámetro protección contra la erosión en la cuenca del río La Villa se obtuvo del mapa de cobertura vegetal, elaborada con fines de la presente investigación con los

datos del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia y la Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá (Tabla 62 y Fig. 78).

Tabla 62. Parámetro: Protección contra la erosión en la cuenca del río La Villa.

Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.

Clasificación de la cobertura vegetal (UNESCO)	Valor asignado	% del área total de la cuenca
I.A.1a(1) Bosque perennifolio ombrófilo tropical latifoliado de tierras bajas - bastante intervenido; I.A.1b(1) Bosque perennifolio ombrófilo tropical latifoliado submontano; I.A.3a Bosque semicaducifolio tropical de tierras bajas; I.A.5 Bosque de manglar; V.E.1a Plantas herbáceas salobres y SP.C. Sistema productivo acuático (camaronera o salina)	1	8,9
SP.A. Sistema productivo con vegetación leñosa natural o espontánea significativa (10-50%)	1,8	51,5
SP.B. Sistema productivo con vegetación leñosa natural o espontánea significativa (<10%)	2	39,6

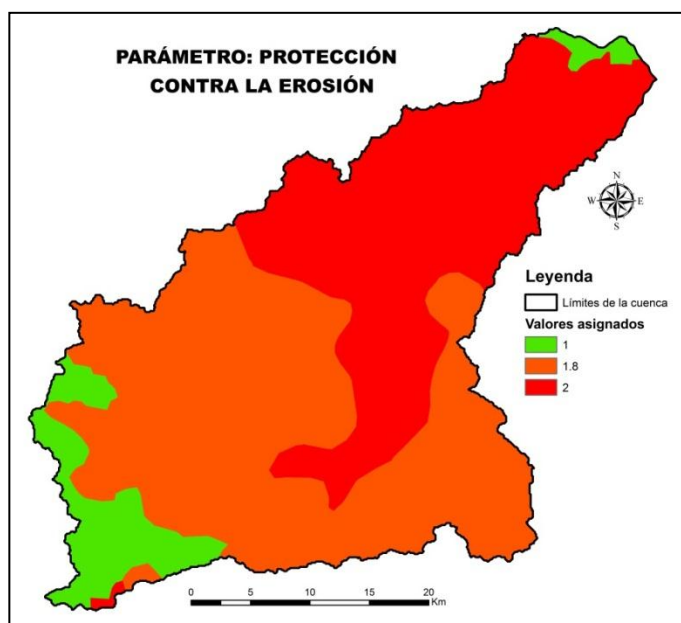


Figura 78. Parámetro protección contra la erosión con valores asignados.

Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.

❖ Resistencia a la sequía

El parámetro resistencia a la sequía en la cuenca del río La Villa se obtuvo también del mapa de cobertura vegetal (Tabla 63 y Fig. 79):

Tabla 63. Parámetro: Resistencia a la sequía en la cuenca del río La Villa.

Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.

Clasificación de la cobertura vegetal (UNESCO)	Valor asignado	% del área total de la cuenca
I.A.1a(1) Bosque perennifolio ombrófilo tropical latifoliado de tierras bajas - bastante intervenido; I.A.1b(1) Bosque perennifolio ombrófilo tropical latifoliado submontano; I.A.3a Bosque semicaducifolio tropical de tierras bajas I.A.5 Bosque de manglar y SP.C. Sistema productivo acuático (camaronera o salina)	1	8,9
SP.A. Sistema productivo con vegetación leñosa natural o espontánea significativa (10-50%)	1,7	51,5
SP.B. Sistema productivo con vegetación leñosa natural o espontánea significativa (<10%); V.E.1a Plantas herbáceas salobres	2	39,6

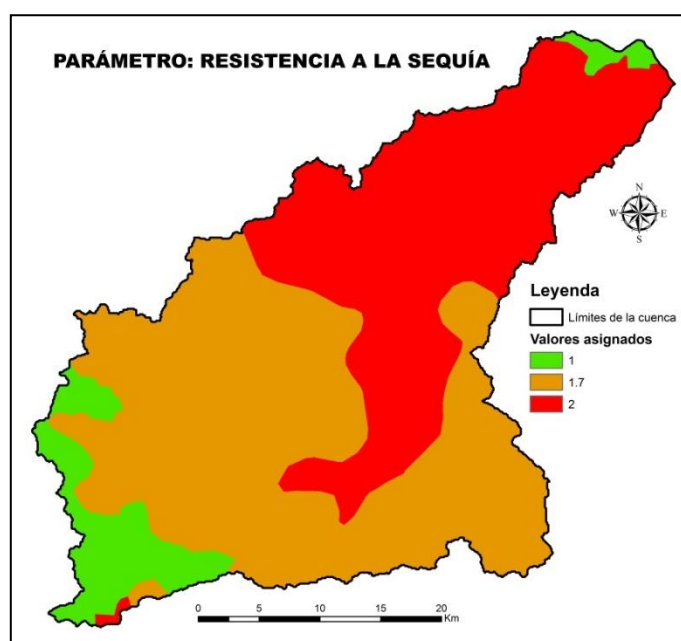


Figura 79. Parámetro resistencia a la sequía con valores asignados.

Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.

❖ Cobertura vegetal (%)

El parámetro cobertura vegetal se expresa en porcentaje, e igual que los otros dos parámetros de calidad de vegetación se obtuvo del mapa de cobertura vegetal de la cuenca. Este parámetro fue clasificado y posteriormente se le aplicó la valoración respectiva (Tabla 64 y Fig. 80).

Tabla 64. Parámetro: Cobertura vegetal (%) en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.

Clasificación de la cobertura vegetal (UNESCO)	Valor asignado	% del área total de la cuenca
>40 % (I.A.1a(1), I.A.1b(1), I.A.3a, I.A.5 y V.E.1a)	1	9,4
10-40 % (SP.A.)	1,5	51,5
<10 % (SP.B., SP.C.)	2	39,1

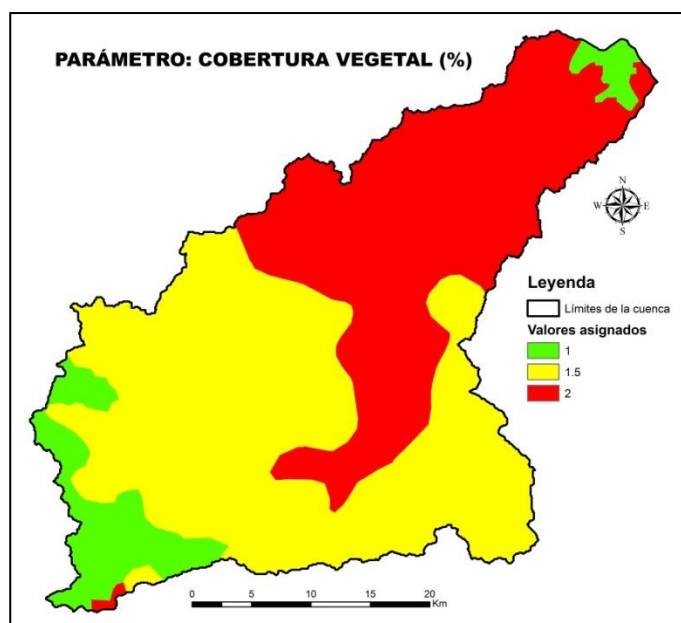


Figura 80. Parámetro cobertura vegetal (%) con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM y IGNTG, 2007.

5.1.4.2. Índice de calidad de la vegetación

El índice de calidad de la vegetación se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$VQI = (\text{Protección contra la erosión} * \text{resistencia a la sequía} * \text{cobertura vegetal})^{1/3} \quad [3]$$

Dónde:

VQI = índice de calidad de la vegetación

El mapa del **Índice de calidad de la vegetación** (Fig. 81) para la cuenca del río La Villa se obtuvo al multiplicar, utilizando las herramientas del SIG, tres mapas temáticos

con las respectivas variables, correspondientes a cada uno de los parámetros evaluados y creados para este fin, aplicando la ecuación [3].



Figura 81. Índice de calidad de la vegetación en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia.

Los grados de calidad de la vegetación y sus respectivos rangos en la cuenca del río La Villa se aprecian en la Tabla 65.

Tabla 65. Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad de la vegetación. Fuente: Elaboración propia.

Grados	Rangos de referencia (Kosmas <i>et al.</i> , 1999)	Rangos obtenidos para la cuenca	% del área total de la cuenca
Alta calidad	<1,13	1,00-1,13	8,7
Media calidad	>= 1,13 <= 1,38	1,13-1,38	0,2
Baja calidad	>1,38	1,38-2,00	91,1

La mayor parte de la vegetación que existe en la cuenca (91%) se define con el grado de **baja calidad** y con alto riesgo de la desertificación (Tabla 65), lo que explica la escasa cobertura vegetal del territorio investigado. Una gran proporción de la cuenca, casi el 91%, está cubierta por la vegetación leñosa natural o espontánea con desarrollo de

herbáceas asociadas al uso de ganadería extensiva. Estas circunstancias brindan poca protección al suelo superficial impactado por las gotas de lluvia al inicio de las precipitaciones, propiciando así un importante desalojo de agua por escorrentía, al tiempo que favorece la aparición de procesos de erosión hídrica. Los bosques ocupan solamente un 9% de la cuenca y, por lo general, forman parte de las reducidas áreas protegidas que tienen su presencia solamente en el 8% del área de la cuenca. Se considera que la cobertura vegetal es un atributo crucial para el control de la erosión del suelo en el área, al igual que para la resistencia a la sequía.

5.1.5. Calidad del manejo y la gestión

5.1.5.1. Parámetros de calidad del manejo y la gestión

La sensibilidad de un área a la degradación-desertificación depende en gran medida de factores socioeconómicos, ya que el comportamiento del ser humano condiciona sensiblemente la caracterización medioambiental de cualquier territorio. Para calcular la calidad del manejo y la gestión de la cuenca del río La Villa se consideraron los siguientes atributos: uso de la tierra, carga animal, pobreza rural, densidad poblacional, consumo de leña y el grado de cobertura territorial de las normativas de protección medioambiental, concretamente suelos.

❖ Uso de la tierra

Una manera inadecuada de usar un determinado terreno puede coadyuvar al inicio de procesos de desertificación. Ciertas prácticas agrícolas poco respetuosas con las condiciones del medio, el sobrepastoreo y selvicultura extractiva son frecuentemente considerados como una de las causas más importantes de este proceso (OEA, 1993).

El parámetro uso de la tierra en la cuenca se obtuvo de la información generada por el Proyecto *Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la Cuenca del Río La Villa* (ANAM, 2008a), habiéndose sintetizado como sigue (Tabla 66 y Fig. 82):

Tabla 66. Parámetro: Uso de tierra en la cuenca del río La Villa.

Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

Uso de la tierra y cobertura	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Cuerpos de agua, otros (nubes y sombras de nubes)	0	1,0
Bosque maduro, secundario o intervenido/ Manglar	1	13,6
Urbano	1,2	1,4
Rastrojos/Matorrales, Salinas/Pantanos	1,6	44,6
Uso agropecuario	2	39,4

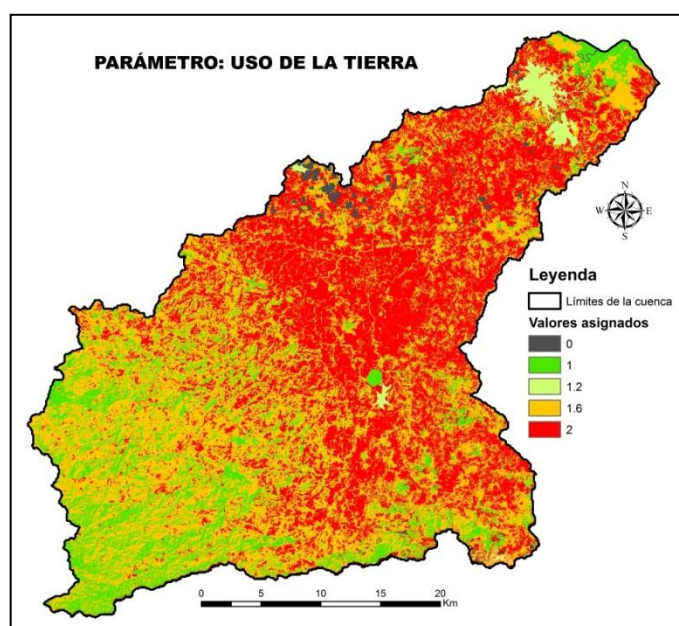


Figura 82. Parámetro uso de la tierra con valores asignados.

Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

❖ Carga ganadera

La intensidad de uso del suelo de un pastizal se define mediante la estimación de la carga ganadera sostenible y de la carga ganadera actual para los diversos terrenos sometidos a pastoreo. Un indicador de la presión animal sobre los recursos naturales en un territorio es el parámetro de carga animal. En los ecosistemas de cuencas catalogados como frágiles, la carga ganadera no debe sobrepasar a una unidad por hectárea (UG/ha), ya que cuando se excede la capacidad de carga pastante de un territorio, se produce un rápido deterioro de los pastos y se ocasiona la compactación del suelo por el pisoteo del ganado. Para nuestro trabajo, los valores de carga ganadera actual se obtuvieron de los

resultados del *VII Censo Nacional Agropecuario* (2011a) y han sido aplicados a nivel de los corregimientos (Tabla 67 y Fig. 83):

Tabla 67. Parámetro: Carga ganadera en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011a.

Intensidad de pastoreo o carga ganadera	Valor asignado	% del área total de la cuenca
<1 UG/ha	1	34,9
1.5 UG/ha	1,5	39,2
>1.5 UG/ha	2	25,9

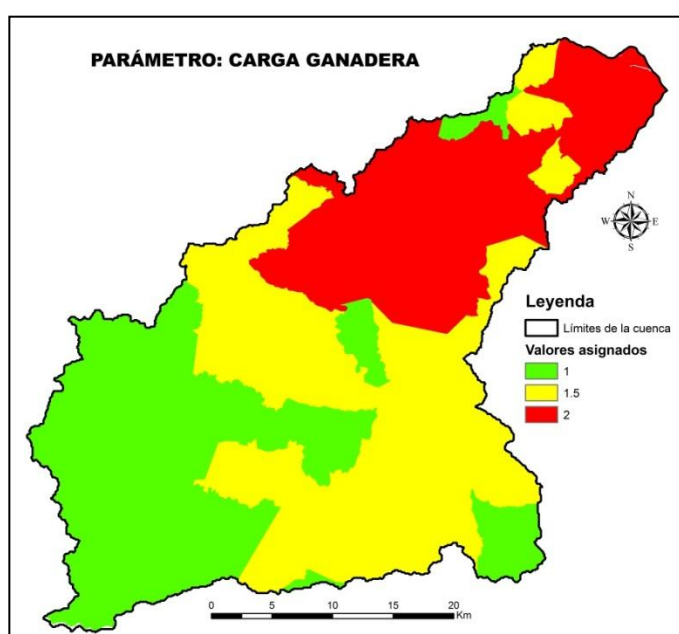


Figura 83. Parámetro carga ganadera con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011a.

❖ Pobreza

La reducción del potencial productivo de los suelos por avance de la degradación y el uso de prácticas no sostenibles en ecosistemas frágiles, contribuyen al incremento de la pobreza. El parámetro pobreza en la cuenca del río La Villa ha sido generado con la información de los Censos Nacionales 2010 y corresponde a la pobreza rural de la cuenca. Según el Ministerio de Economía y Finanzas de la República de Panamá (MEF, 2012), en el área rural la línea de la pobreza ha sido estimada en 98 dólares y de la indigencia en 53 (Tabla 68 y Fig. 84).

Tabla 68. Parámetro: Umbral de la pobreza en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b y MEF, 2012.

Ingreso en dólares por habitante/mes	Valor asignado	% del área total de la cuenca
>98	1	15,1
53-98 (Pobreza general)	1,8	48,4
<53 (Indigencia)	2	36,5

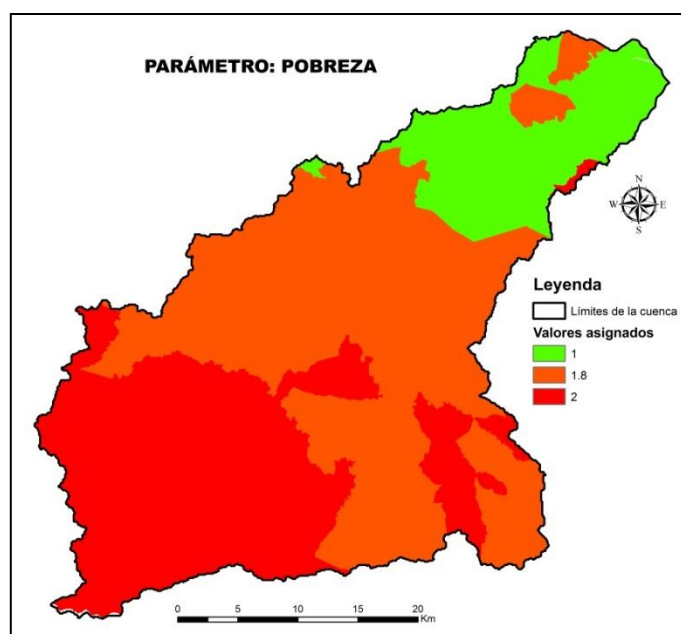


Figura 84. Parámetro pobreza con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b y MEF, 2012.

❖ Densidad poblacional

El crecimiento de la densidad poblacional es una de las condiciones socioeconómicas que inciden en el desarrollo de los procesos de desertificación en la cuenca, debido al incremento de la demanda de recursos naturales y espacio para la producción agrícola. El parámetro densidad poblacional ha sido generado con la información de los Censos Nacionales 2010 y aplicado a nivel de los corregimientos, unidad administrativa más pequeña empleada para fines de esta investigación (Tabla 69 y Fig. 85).

Tabla 69. Parámetro: Densidad poblacional en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Densidad poblacional hab/km ²	Valor asignado	% del área total de la cuenca
<100	1	89,4
100-200	1,2	5,6
200-400	1,4	0,8
400-700	1,6	1,9
>700	2	2,3

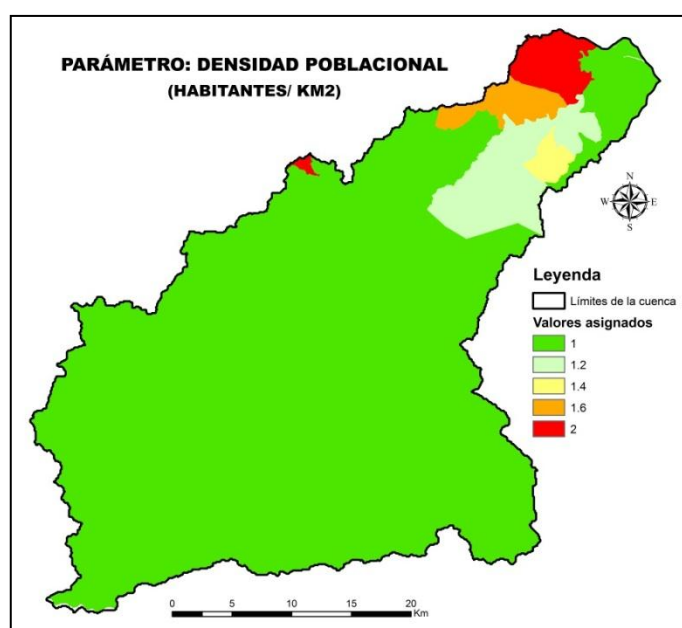


Figura 85. Parámetro densidad poblacional con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

❖ Consumo de leña

Actualmente la leña sigue siendo la principal fuente de energía para quehaceres en muchas comunidades rurales de la cuenca, especialmente de la parte media y alta. El impacto de su recolección es constante, deteriorando así el escaso bosque. Aunque no se cortaran árboles para obtener leña, la continua recolección de ramas y troncos del suelo elimina hábitats para muchos organismos y nutrientes, lo que impide que el bosque siga siendo productivo. Los valores de consumo de leña por la población se obtuvieron de los resultados del Censo Nacional (2010) y han sido aplicados a nivel de los corregimientos (Cuadro 70 y Fig. 86):

Tabla 70. Parámetro: Consumo de leña en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

Población que cocina con leña, %	Valor asignado	% del área total de la cuenca
<10	1	20,6
10-20	1,2	14,7
20-40	1,5	21,3
40-60	1,7	18,3
>60	2	25,1

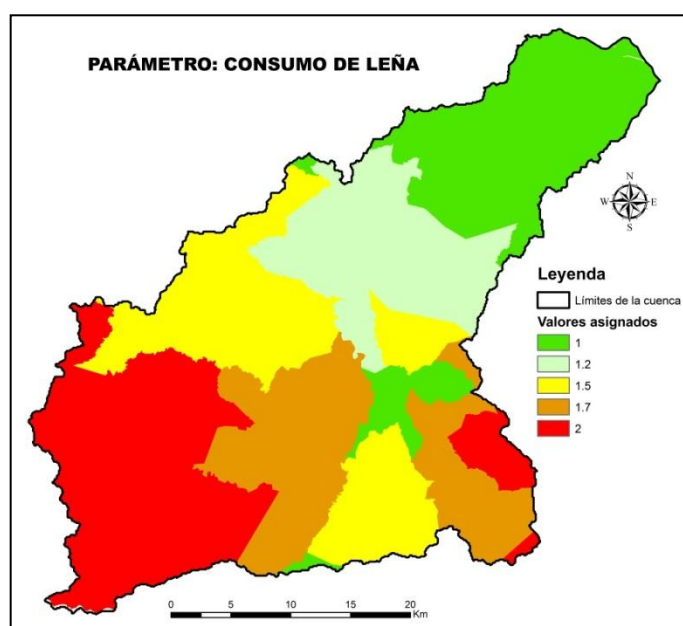


Figura 86. Parámetro consumo de leña con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011b.

❖ Normativas de protección medioambiental

Es indiscutible que el desarrollo económico y social de una cuenca depende cada vez más de la gestión ambiental eficiente de sus recursos naturales. El uso de distintas prácticas agropecuarias amigables con el medioambiente juega un papel relevante en esta gestión, siendo la práctica de *labores de manejo y conservación de suelos* una de las más significativas cuando se trata de la desertificación. Por lo tanto, con fines de nuestra investigación, la misma representaría el parámetro *protección medioambiental* de la cuenca. Su clasificación se realizó con los datos del VII Censo Nacional Agropecuario (2011), presentándose a continuación (Tabla 71 y Fig. 87).

Tabla 71. Parámetro: Protección medioambiental en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011a.

Protección medioambiental (labores de manejo y conservación de suelo)	Valor asignado	% del área total de la cuenca
>75% del área bajo protección	1	0
25-75% del área bajo protección	1,5	71,0
<25% del área bajo protección	2	29,0

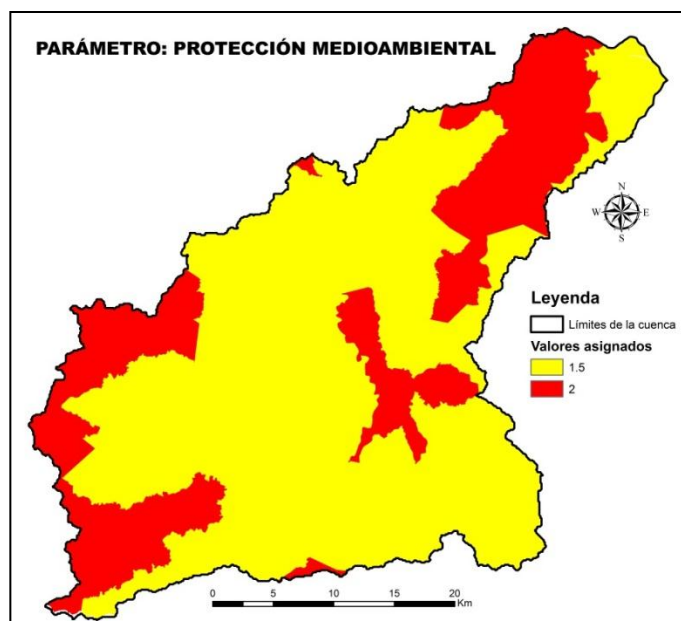


Figura 87. Parámetro protección medioambiental con valores asignados.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEC, 2011a.

5.1.5.2. Índice de calidad del manejo y la gestión

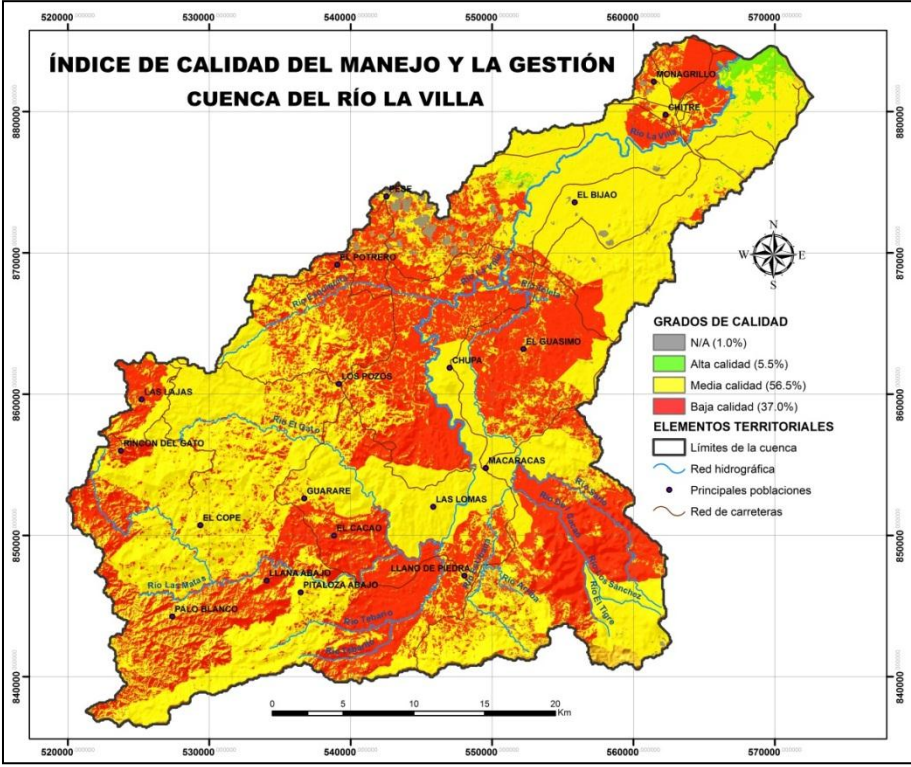
El índice de calidad del manejo y la gestión de los recursos naturales del área investigada se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$MQI = (\text{uso de la tierra} * \text{carga animal} * \text{pobreza rural} * \text{densidad poblacional} * \text{consumo de leña} * \text{normativas de protección medioambiental})^{1/6} \quad [4]$$

Dónde:

MQI = Índice de calidad del manejo y la gestión

El mapa del **Índice de calidad del manejo y la gestión** (Fig. 88) para la cuenca del río La Villa se obtuvo utilizando las herramientas de *ArcGIS* al multiplicar seis mapas temáticos con las variables correspondientes a cada uno de los parámetros evaluados y creados para este fin, aplicando la ecuación [4]:



Fuente: Elaboración propia.

Los grados de calidad del manejo y la gestión con sus respectivos rangos en la cuenca del río La Villa son los siguientes (Tabla 72):

Tabla 72. Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la calidad del manejo y la gestión. Fuente: Elaboración propia.

Grados	Rangos de referencia (Kosmas <i>et al.</i> , 1999)	Rangos obtenidos para la cuenca	% del área total de la cuenca
Alta calidad	<1,25	1,00-1,25	0,9
Media calidad	>= 1,25<= 1,51	1,25-1,51	59,1
Baja calidad	>1,51	1,51-1,76	39,0
No aplica (N/A)	-	-	1,0

La calidad del manejo y la gestión de los recursos naturales en la cuenca del río La Villa han sido de **media calidad** con el 59% del área y el 39% corresponde a **baja calidad**. Los parámetros que en mayor grado inciden de manera negativa en la calidad del manejo y la gestión fueron los siguientes: el uso que se da a la tierra y la carga ganadera, afectando de esta manera a la parte media y baja de la cuenca. Por otro lado, la pobreza y consumo de leña afectan a la parte media y alta. También hay que destacar que el 71%

del territorio de la cuenca tiene mediana cobertura de gestión de las políticas de protección ambiental, en lo que se refiere a las labores de manejo y conservación del suelo y otros 29% se caracterizan por baja cobertura de gestión. Todos estos parámetros unidos entre sí, imprimen al área investigada un ambiente propicio a la degradación y los efectos de la desertificación.

5.1.6. Zonificación de la sensibilidad medioambiental a la desertificación

Para determinar el Índice de Sensibilidad Ambiental (ESI) y establecer la respectiva zonificación de la Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación en la cuenca del río La Villa, se han integrado, utilizando la aplicación de las herramientas del SIG (Figura 89), los cuatro sub-modelos de calidad ambiental generados previamente (suelo, clima, vegetación y manejo-gestión de la cuenca):

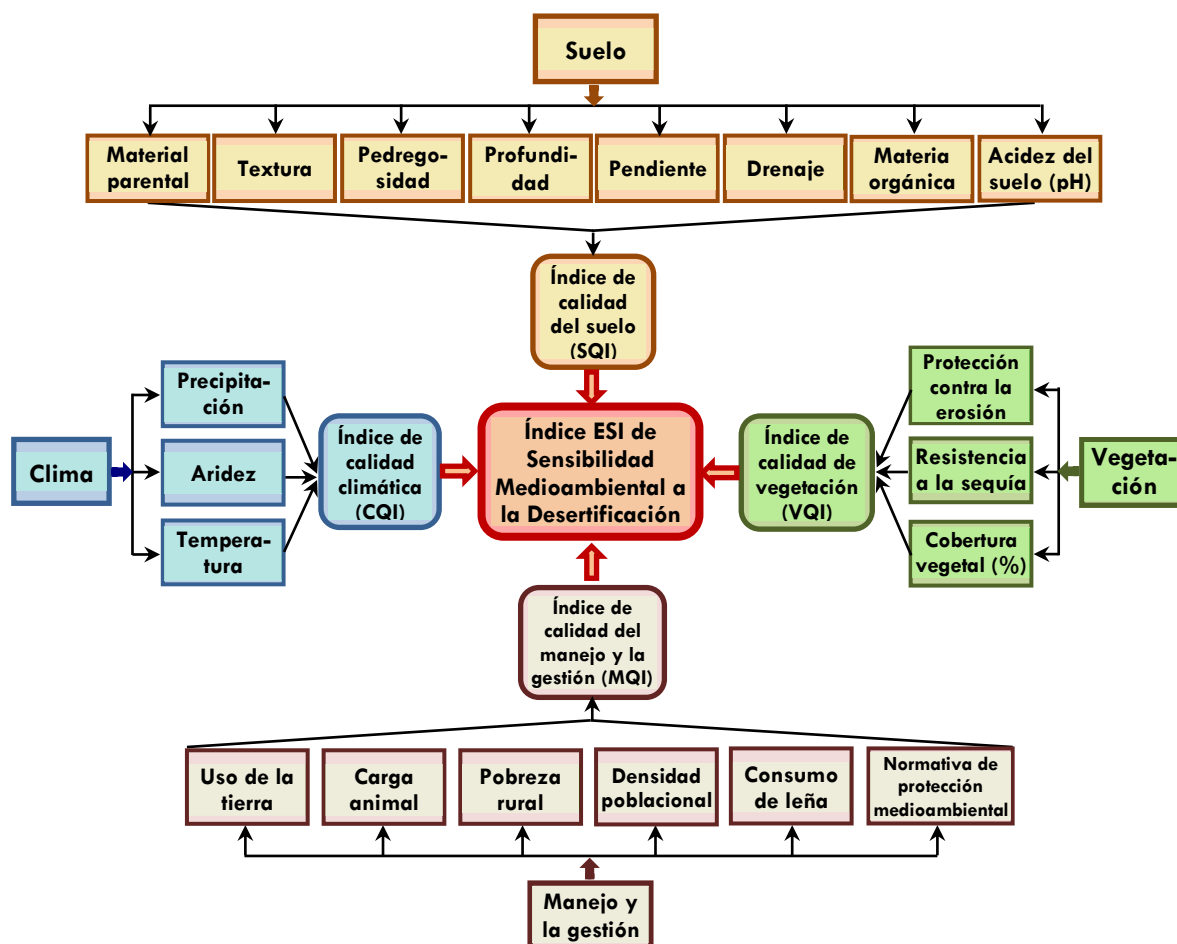


Figura 89. Esquema de diagnóstico de la sensibilidad medioambiental a la desertificación.
Fuente: Elaboración propia.

El **Índice de Sensibilidad Medioambiental** a la desertificación se calcula con la siguiente ecuación [5]:

$$ESI = (SQI * CQI * VQI * MQI)^{1/4} \quad [5]$$

Dónde:

ESI = Índice de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación;

SQI = Índice de calidad del suelo;

CQI = Índice de calidad climática;

VQI = Índice de calidad de la vegetación;

MQI = Índice de calidad del manejo y la gestión

Aplicando la ecuación [5] y al multiplicar con la herramienta *calculadora raster* de ArcGIS los cuatro mapas temáticos, correspondientes a los índices parciales de calidad ambiental, previamente generados en la fase de diagnóstico, se obtuvo el mapa final de **Sensibilidad a la Desertificación en la cuenca del río La Villa**. (Fig. 90).



Figura 90. Mapa de Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el mapa, son cuatro los tipos de Áreas Medioambientalmente Sensibles a la desertificación en la cuenca del río La Villa. Ordenados en función del grado de sensibilidad pueden diferenciarse: áreas no afectadas (N), áreas potencialmente afectadas (P), áreas frágiles (F) y áreas críticas (C). Las áreas críticas y frágiles se subdividen a su vez en tres subclases numeradas de 3 a 1, siendo: 3 (sensibilidad alta), 2 (sensibilidad media) y 1 (sensibilidad baja); es decir: C3, C2, C1 y F3, F2 y F1, (Tabla 73):

Tabla 73. Clases de los valores e Índices de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación en la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.

Nivel de sensibilidad		Tipo de área	Valor de sensibilidad	Índice de Sensibilidad (% de factores críticos)	% del área total de la cuenca
	Muy bajo	No afectada (N)	$\geq 1 < 1,170$	$\geq 0 < 17,0$	0,04
Área no afectada:					0,04
	Bajo	Potencialmente afectada (P)	$\geq 1,170 \leq 1,225$	$\geq 17,0 \leq 22,5$	2,89
Área potencialmente afectada:					2,89
	Medio	Frágil (F1)	$> 1,225 \leq 1,265$	$\geq 22,5 \leq 26,5$	4,04
		Frágil (F2)	$> 1,265 \leq 1,325$	$\geq 26,5 \leq 32,5$	0,89
		Frágil (F3)	$> 1,325 \leq 1,375$	$\geq 32,5 \leq 37,5$	3,68
Área frágil:					8,61
	Alto	Crítica (C1)	$> 1,375 \leq 1,415$	$\geq 37,5 \leq 41,5$	18,41
		Crítica (C2)	$> 1,415 \leq 1,530$	$\geq 41,5 \leq 53,0$	34,90
		Crítica (C3)	$> 1,530$	$> 53,0$	32,72
Área crítica:					86,03
	No considerada (área urbanas, cuerpos de agua, sombras de nubes)				2,43
Área Total					100,00

El *Mapa de Sensibilidad a la Desertificación* (Mapa 49) muestra cómo la mayor parte de la cuenca ha sido clasificada de **crítica** (86,03%) y **frágil** (8,61%); no existiendo prácticamente zonas sin amenazas de la desertificación. Las áreas críticas C1, C2 y C3 están localizadas fundamentalmente en la parte baja y media de la cuenca, allí donde hubo abundante sobrepastoreo partiendo de una pobre cubierta vegetal, así como en las zonas de cultivos anuales intensivos de alto impacto sobre los suelos.

5.1.7. Proyecciones a corto plazo con la implementación del POTA

El diagnóstico y la zonificación de la sensibilidad medioambiental a la desertificación de la cuenca reflejan una severa degradación ambiental, como consecuencia de la creciente presión humana sobre el territorio, la cual se caracteriza por la ausencia de criterios medioambientales, una gestión caótica de agua, además de por una falta de protección efectiva de la biodiversidad. Vista la problemática, es impostergable implementar una nueva forma de pensar y gestionar los recursos naturales del área evaluada. Un desarrollo sostenible viable para la zona debe tender a reequilibrar los contrapesos de lo económico, lo social y lo ecológico, promover el concepto de bien común y de responsabilidad compartida, y potenciar los procesos participativos implicando a todo tipo de actores sociales (comunidades, autoridades locales, funcionarios gubernamentales, empresarios, sociedad civil...)

En el año 2008, la Autoridad Nacional del Ambiente panameña desarrolla, a través de una consultoría, el **Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la Cuenca del río La Villa (POTA)**, que es considerado por la Institución como un valioso *“instrumento de ordenamiento territorial ambiental”*. Pese a la gran importancia para la cuenca de este plan, hoy día sigue pendiente de su implementación. Dado el caso, por nuestra parte hemos realizado un ejercicio de proyección a corto plazo (15 años), incluyendo en nuestro modelo la información del Mapa de Zonificación para el Ordenamiento (Figura 91) del POTA (ANAM, 2008a). Las unidades de zonificación propuestas en este Plan han sido reclasificadas según los procedimientos y valores ya establecidos en la presente investigación (Tabla 74):

Tabla 74. Parámetro: Zonificación ambiental territorial en la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

Unidades de zonificación según la ANAM	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Áreas protegidas; Áreas de recarga hídrica, Desarrollo del aprovechamiento forestal en bosque intervenido y maduro; Desarrollo de la recuperación del humedal; Desarrollo de la conservación del bosque de mangle; Desarrollo de la conservación del bosque con fines de conservación de la biodiversidad y de belleza escénica y Bosques de galería.	1	40,1

Unidades de zonificación según la ANAM	Valor asignado	% del área total de la cuenca
Desarrollo de la producción forestal en el bosque pionero	1,1	18,2
Desarrollo potencial para producción agroforestal/silvopastoril	1,3	11,0
Desarrollo agropecuario con técnicas de conservación de suelo y agua	1,5	28,4
Desarrollo urbano en núcleos tradicionales y otros (nubes y sombras de nubes)	0	2,3

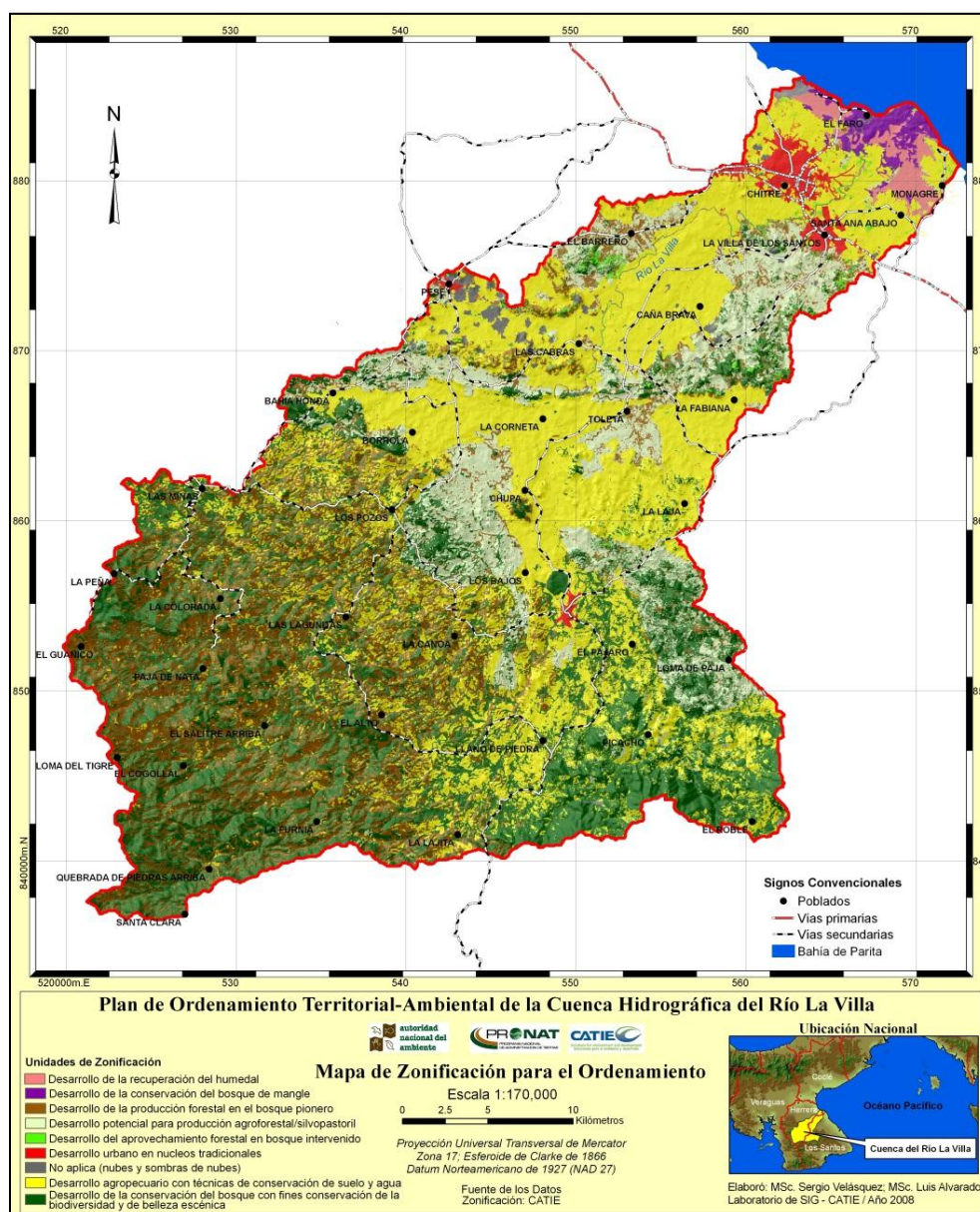


Figura 91. Mapa de Zonificación para el Ordenamiento Territorial Ambiental de la cuenca del río La Villa. Fuente: ANAM, 2008a.

Como resultado de esta reclasificación realizada, se obtuvo el *Mapa del Índice de calidad del manejo y la gestión*, considerando la implementación del POTA de la cuenca.

Según esta nueva proyección, la calidad del manejo y la gestión de la tierra en la cuenca del río La Villa han sido solamente de **alta calidad** con un 58,4% del área total y el 39,3% corresponde a **media calidad**, sin tener cobertura con baja calidad (Fig. 92).



Figura 92. Índice de calidad del manejo y la gestión con la implementación del POTA de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia a partir de ANAM, 2008a.

El **Índice de Sensibilidad Ambiental (ESI_{POTA})** proyectado se calculó con la aplicación de la ecuación [6], en la cual, en este caso, sólo han sido utilizados tres índices parciales de calidad ambiental:

$$ESI_{POTA} = (SQI * CQI * MQI_{POTA})^{1/3} \quad [6]$$

Dónde:

ESI_{POTA} = Índice de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación;

SQI = Índice de calidad del suelo;

CQI = Índice de calidad climática;

MQI_{POTA} = Índice de calidad del manejo y la gestión con el POTA.

La decisión tomada para el uso en el cálculo de sensibilidad a la desertificación solamente de tres índices de calidad ambiental obedece al hecho de que la calidad del

suelo y del clima son coberturas más estables a las presiones externas y sus cambios pasan con una menor velocidad. Por el contrario, la capa de calidad de la vegetación está muy ligada al manejo y la gestión de los recursos naturales que se dan en un territorio. Se puede considerar, según las proyecciones realizadas, que durante el proceso de ejecución del POTA en la cuenca, la capa de calidad de la vegetación registrará cambios significativamente favorables, al son de una adecuada aplicación y un estricto cumplimiento de las políticas ambientales. Lo mismo debería pasar con todos los parámetros socioeconómicos que en la fase de diagnóstico integraron el Índice de la calidad del manejo y la gestión. Por esta razón, la nueva capa (generada a partir de las unidades de ordenamiento territorial propuesto por el POTA y reclasificada conforme con la metodología establecida en la presente investigación), ha servido para reemplazar las capas utilizadas en el diagnóstico actual de los Índices de calidad de la vegetación y calidad del manejo y gestión. Como resultado final de este procedimiento se obtuvo el mapa de proyecciones de **Sensibilidad a la Desertificación de la cuenca del río La Villa**, considerándose que en él se dibuja el escenario derivado de la implementación del POTA en la cuenca, del cual derivasen las futuras estrategias para el desarrollo sostenible de este territorio (Fig. 93).

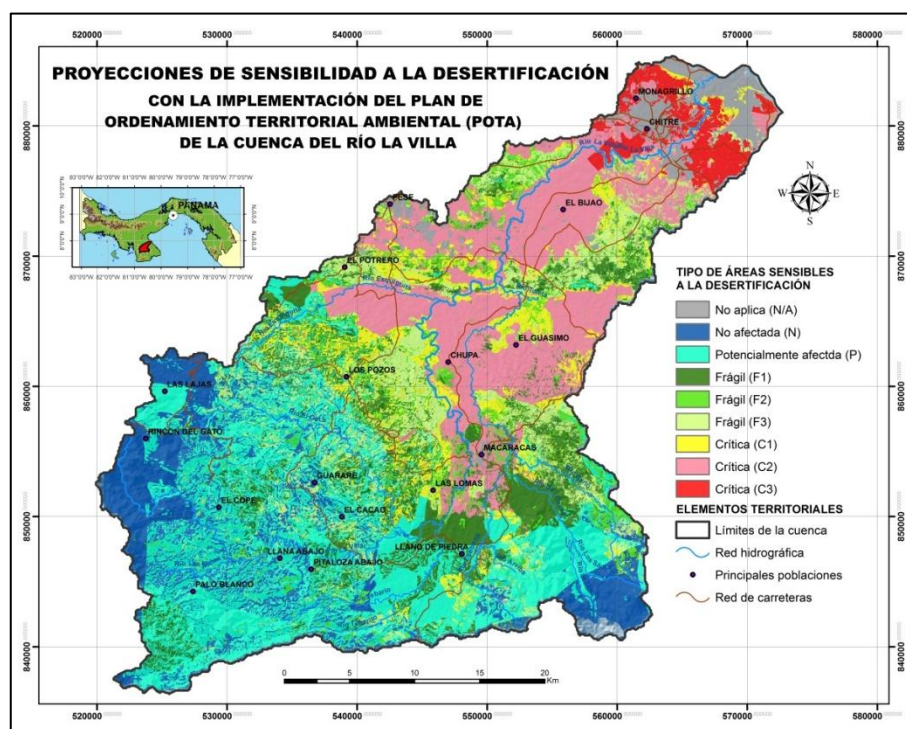


Figura 93. Proyecciones de Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación con la implementación del POTA de la cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la proyección, en lo que se refiere a la representación proporcional de cada uno de los cuatro tipos de áreas de sensibilidad que venimos manejando (no afectadas, N; potencialmente afectadas, P; frágiles, F; críticas, C), se han comparado con los datos correspondientes a la situación actual (Tabla 75). Los datos muestran que el territorio de la cuenca se clasificaría de la siguiente manera: el área **no afectada**, sin amenazas de la desertificación, se correspondería con un 12,57% del territorio, las **potencialmente afectadas**, con el 26,67%, el área **frágil** con el 28,95%, y el área **crítica**, de un alto nivel de sensibilidad a la desertificación, con un 28,06%. Lo que significa un importante cambio de tendencia, caracterizado por la recuperación de las áreas no afectadas y potencialmente afectadas de la cuenca, y una fuerte disminución de las zonas **críticas**, que pasarían del 86,03% en el estado actual, al 28,06% en el escenario proyectado de aplicación de las políticas ambientales del POTA.

Tabla 75. Clases de los valores e Índices de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación, cuenca del río La Villa. Fuente: Elaboración propia.

Nivel de sensibilidad	Tipo de área	Valor de sensibilidad	% del área total de la cuenca	
			Situación actual	Proyectada con POTA
 Muy bajo	No afectada (N)	$\geq 1 < 1,170$	0,04	12,57
Área no afectada:			0,04	12,57
 Bajo	Potencialmente afectada (P)	$\geq 1,170 \leq 1,225$	2,89	26,67
Área potencialmente afectada:			2,89	26,67
 Medio	Frágil (F1)	$> 1,225 \leq 1,265$	4,04	12,03
	Frágil (F2)	$> 1,265 \leq 1,325$	0,89	6,04
	Frágil (F3)	$> 1,325 \leq 1,375$	3,68	10,88
Área frágil:			8,61	28,95
 Alto	Crítica (C1)	$> 1,375 \leq 1,415$	18,41	6,81
	Crítica (C2)	$> 1,415 \leq 1,530$	34,90	18,14
	Crítica (C3)	$> 1,530$	32,72	3,11
Área crítica:			86,03	28,06
No considerada (zona urbana, sombra nubes):			2,43	3,75
Área Total:			100,00	100,00

Si se compara la situación actual con el escenario proyectado a corto plazo, se observa cómo la aplicación adecuada de una planificación ambiental, que favorezca la asignación de usos del territorio en función de aptitudes ecológicas, sociales y culturales,

capacidad de carga, etc., permite reducir de forma notable los desequilibrios territoriales y ambientales, así como disminuir los niveles de pobreza y establecer las bases para el desarrollo sostenible de la cuenca.

5.2. PROYECCIÓN DE ESCENARIOS A MEDIANO Y LARGO PLAZO DE SENSIBILIDAD A LA DESERTIFICACIÓN EN LA CUENCA

5.2.1. Introducción

Aunque Centroamérica en su conjunto emite, y seguirá emitiendo, según las estimaciones de los organismos internacionales, unos niveles mínimos de gases de efecto invernadero (GEI), ya es una de las regiones más expuestas a las consecuencias del calentamiento global. La histórica vulnerabilidad socioeconómica de la zona está siendo amplificada por sus características de istmo entre dos grandes continentes y dos masas oceánicas inmensas. La región siempre ha estado gravemente afectada por eventos de sequía, por ciclones o por los efectos de *El Niño* (ENOS), fenómenos que ahora el cambio climático está magnificando, provocando así una mayor incidencia en su evolución económica y ambiental (CEPAL, 2012b). La situación no se presenta muy alentadora, sino todo lo contrario. Según las previsiones internacionales, Centroamérica podría afrontar subidas de temperatura medias de hasta 4º C para 2100, lo cual vendría acompañado de un incremento de los episodios de sequía. Esto es, al menos, lo que se recoge en el informe titulado *"La economía del cambio climático en Centroamérica 2012"*, elaborado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), a petición de los Gobiernos centroamericanos y presentado a los finales de abril de 2013 en Costa Rica. Dicho documento establece que las consecuencias de esta tendencia a la aridificación son múltiples, y conllevan efectos negativos en la biodiversidad, la agricultura, la disponibilidad de agua y la ocurrencia de eventos extremos como sequías intensas e inundaciones. Según Julie Lennox, experta de Punto Focal de Cambio Climático de la Sede Subregional de la CEPAL en México: *"Todo esto ya se está dando, no es el futuro, es el hoy acá en Centroamérica... En 90 años vamos a ver que una buena parte de Centroamérica va a estar en la categoría de 27 a 30 grados de temperatura promedio anual, y 13 departamentos habrán pasado a una categoría que hoy no existe, que se ubica entre 30 y 33 grados"* (CEPAL/CCAD, 2012a).

Debido a la localización geográfica de la cuenca del río La Villa, ésta no escapa a las anteriores previsiones regionales, sino que les afectan plenamente, mostrando una sensibilidad medioambiental muy alta al aumento de temperatura y la disminución de la precipitación. De hecho, como hemos visto, hoy día ya es un territorio afectado por sequías recurrentes, por una creciente degradación del suelo y una escasa fortaleza socioeconómica. Por esa razón, sería de gran ayuda para el desarrollo de las futuras políticas de gestión conocer los posibles escenarios y tomar en consideración no sólo los efectos del cambio climático, que el mismo está ejerciendo sobre los ecosistemas, sino también sus consecuencias venideras. De ahí la importancia de contar con escenarios climáticos que permitan identificar riesgos futuros y orientar planes de adaptación a medio y largo plazo.

5.2.2. Parámetros climáticos evaluados

A fin de establecer las posibles proyecciones de la **Sensibilidad medioambiental a la desertificación** en la cuenca del río La Villa a medio y largo plazo se han evaluado los resultados del actual diagnóstico de calidad ambiental (Tabla 76).

Tabla 76. Índices actuales de calidad ambiental de la cuenca del río La Villa.
Fuente: Elaboración propia.

Grados	Rangos de referencia (Kosmas <i>et al.</i> , 1999)	Rangos obtenidos para la cuenca	% del área total de la cuenca
Calidad del suelo			
Alta calidad	<1,13	0	0
Media calidad	$\geq 1,13 \leq 1,46$	1,13-1,46	53,1
Baja calidad	>1,46	1,46-1,72	45,4
No aplica (N/A)	-	-	1,5
Calidad climática			
Alta calidad	<1,15	1,00-1,15	20,7
Media calidad	$\geq 1,15 \leq 1,81$	1,15-1,75	79,3
Baja calidad	>1,81	0	0
Calidad de la vegetación			
Alta calidad	<1,13	1,00-1,13	8,7
Media calidad	$\geq 1,13 \leq 1,38$	1,13-1,38	0,2
Baja calidad	>1,38	1,38-2,00	91,1
Calidad del manejo y la gestión			
Alta calidad	<1,25	1,00-1,25	0,9
Media calidad	$\geq 1,25 \leq 1,51$	1,20-1,51	59,1
Baja calidad	>1,51	1,51-1,82	39,0
No aplica (N/A)	-	-	1,0

Según los resultados obtenidos, se observa que el factor que ocasiona mayor impacto negativo sobre el medio ambiente en el área estudiada es la actividad humana, detectándose una creciente presión de la misma sobre los recursos naturales de la cuenca, como refleja con claridad la tendencia a la pérdida de cobertura vegetal. Del mismo modo también se ha analizado la evolución del clima, entendiendo temperatura y precipitación, al igual que el factor antrópico, tienen también una significativa incidencia en los procesos de degradación y, en general, sobre la desertificación.

Un escenario climático futuro es una representación probabilística que indica cómo se comportará posiblemente el clima en una región dentro de una cierta cantidad de años, tomando en cuenta datos históricos, normalmente de precipitación y temperatura, y usando modelos matemáticos de proyección. La herramienta básica para realizar estimaciones de proyecciones climáticas son los modelos de circulación general acoplados océano-atmósfera (AOGCM, por sus siglas en inglés). Sin embargo, los resultados derivados de las proyecciones de los modelos globales no son del todo adecuados para evaluar los efectos del cambio climático con un cierto detalle, en especial cuando las proyecciones deben realizarse a nivel local. Por tal motivo, y al no poder abarcar la presente la generación de la documentación de base necesaria, se ha extrapolado al área de estudio la información existente sobre escenarios a nivel nacional, creando de esta manera los probables valores de temperatura media y precipitación para distintos escenarios y horizontes de tiempo.

Para la simulación de los escenarios climáticos de la cuenca del río La Villa han sido evaluados los escenarios A2 y B2 del IPCC (2007), los cuales se caracterizan de la siguiente manera:

- ✓ **A2:** Emisiones altas, existe crecimiento constante de la población, el desarrollo económico está regionalmente orientado y el cambio tecnológico es muy fragmentado y más lento que en otros escenarios.
- ✓ **B2:** Emisiones bajas, soluciones locales para la economía, la sociedad y el ambiente sustentable. Está orientado hacia la protección ambiental y la igualdad social que se enfoca en niveles locales y regionales.

A tenor de algunas de sus características, estos escenarios podrían ser consistentes con el tipo de desarrollo observado en Centroamérica, así como en Panamá y en la cuenca estudiada, sin asumir suposiciones sobre un mayor crecimiento económico del país, como lo hacen las familias de escenarios A1 y B1. Pero, a pesar de tener presentes ambos escenarios, para la creación del respectivo material cartográfico de la cuenca solamente se tomó en consideración el escenario más pesimista A2 y los horizontes temporales de 2050 (mediano plazo) y 2100 (largo plazo), debido a la pesimista realidad socioeconómica que vive hoy día la cuenca del río La Villa, una de las más degradadas del país.

❖ Escenarios de temperaturas a 2100

Según CEPAL (2012), la serie climatológica histórica indica que Centroamérica ya ha sufrido una alza de temperatura promedio de, aproximadamente, 0,5°C en los últimos 50 años, la cual podría aumentar durante este siglo, en el escenario más optimista (B2), hasta 2,5°C respecto a la media del período 1980-2000. En el escenario más pesimista (A2), que supone una continuación de la tendencia actual de emisiones crecientes, la temperatura regional podría aumentar 4,2°C en promedio. Para calcular las anomalías se tomó el clima del año señalado respecto a la climatología del período 1980-2000, generada a partir de los modelos aplicados (CEPAL/CCAD, 2012a). Para la República de Panamá y respectivamente para la cuenca del río La Villa se prevén los siguientes cambios de temperatura en el período de 2030 a 2100 (Tablas 77 y 78):

Tabla 77. República de Panamá: Cambio de temperatura media, promedio de los tres modelos, 1980-2000 a 2100 (en grados centígrados). Fuente: CEPAL/CCAD, 2010.

	2030	2050	2070	2100
Escenario B2	0,80	1,23	1,70	2,20
Escenario A2	0,77	1,47	2,30	3,60

Tabla 78. Proyecciones de temperatura media en la cuenca del río La Villa, 1980-2000 a 2100 (°C). Fuente: Elaboración propia a partir de CEPAL/CCAD, 2010 y ETESA, 2012.

Número de Estación	Nombre de Estación	Promedio anual, °C	Escenarios	Años			
				2030	2050	2070	2100
128-001	Los Santos	27,7	B2	28,50	28,93	29,40	29,90
			A2	28,47	29,17	30,00	31,30

Número de Estación	Nombre de Estación	Promedio anual, °C	Escenarios	Años			
				2030	2050	2070	2100
126-010	Valle Rico	26,0	B2	26,80	27,23	27,70	28,20
			A2	26,77	27,47	28,30	29,60
122-006	Chepo	23,8	B2	24,60	25,03	25,50	26,00
			A2	24,57	25,27	26,10	27,40

❖ Escenarios de precipitaciones a 2100

En cuanto a las precipitaciones, para 2100 el promedio anual de lluvias en Centroamérica se podría reducir entre un 17,5 y un 34,9 %. De acuerdo con los pronósticos de CEPAL (2012) para el año 2100, en el escenario menos pesimista (B2), la precipitación en Panamá disminuiría 3% y el escenario más pesimista (A2) sugiere una disminución de la precipitación de 18% (Tabla 79). No obstante, aún con una reducción menor de la precipitación bajo el escenario B2 habría un efecto del alza de la temperatura y la evapotranspiración, lo que redundaría en una menor disponibilidad de agua, especialmente en la segunda parte del siglo, afectando a los ecosistemas, la agricultura y la generación de hidroelectricidad. En el escenario A2, el efecto multiplicador sería mayor.

Tabla 79. República de Panamá: Cambio de precipitación media anual, 1980-2000 a 2100. (En porcentajes). Fuente: CEPAL/CCAD, 2010.

	2030	2050	2070	2100
Escenario B2	-2,67	-2,36	-3,10	-2,90
Escenario A2	1,97	-7,97	-9,93	-17,53

En lo que respecta al área de estudio, para la adquisición de estos datos se aplicó un procedimiento similar al cálculo realizado de proyecciones de temperaturas. Los resultados, proyectados para 2030, 2050, 2070 y 2100, se recogen en la Tabla 80.

Tabla 80. Proyecciones de precipitación media anual (mm) en la cuenca del río La Villa, 1980-2000 a 2100. Fuente: Elaboración propia a partir de CEPAL/CCAD, 2010 y ETESA, 2012.

Número de Estación	Nombre de Estación	Promedio anual, mm	Escenarios	Años			
				2030	2050	2070	2100
128-001	Los Santos	1066,40	B2	1037,93	1041,23	1033,34	1035,47
			A2	1087,41	981,41	960,51	879,46

Número de Estación	Nombre de Estación	Promedio anual, mm	Escenarios	Años			
				2030	2050	2070	2100
128-010	Pesé	1449,60	B2	1410,89	1415,39	1404,66	1407,56
			A2	1478,16	1334,07	1305,65	1195,48
128-004	Macaracas	1679,10	B2	1634,27	1639,47	1627,05	1630,41
			A2	1712,18	1545,27	1512,37	1384,75
128-016	Pan de Azúcar	1764,40	B2	1717,29	1722,76	1709,70	1713,23
			A2	1799,16	1623,78	1589,20	1455,10

5.2.3. Proyecciones del Índice de calidad climática para los años 2050 y 2100

A partir de la información generada y con el uso de las herramientas *ArcGIS* se crearon mapas de proyecciones del parámetro temperatura media en la cuenca del río La Villa, correspondientes a los años 2050 y 2100 con respecto al período histórico 1980-2000. De la misma manera se elaboraron los mapas de proyecciones del parámetro precipitación media anual y del índice de aridez. Posteriormente estos mapas han sido utilizados para la generación de las *Proyecciones del Índice de calidad climática (CQI)* de la cuenca para horizontes de 2050 y 2100. El cálculo de valores de las *Proyecciones del Índice de calidad climática (CQI)* se realizó mediante el uso de la ecuación [2], (Kosmas *et al.*, 1999), conforme con la metodología ya establecida. Luego, con estos valores han sido elaborados dos mapas de *Proyecciones del Índice de calidad climática* de la cuenca del río La Villa para los horizontes de tiempo 2050 y 2100, respectivamente (Figuras 94 y 95).

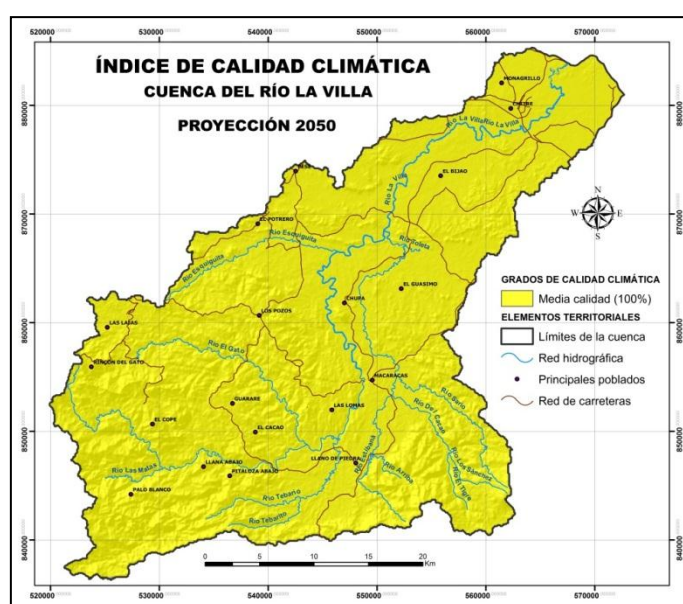


Figura 94. Proyecciones del Índice de calidad climática de la cuenca del río La Villa. Año 2050. Fuente: Elaboración propia.



Figura 95. Proyecciones del Índice de calidad climática de la cuenca del río La Villa. Año 2100. Fuente: Elaboración propia.

Los grados de las proyecciones de la calidad climática y sus respectivos rangos en la cuenca del río La Villa fueron los siguientes (Tabla 81):

Tabla 81. Resultados cuantitativos y cualitativos de las clases de indicadores considerados para la situación actual y las futuras proyecciones de la calidad climática. Fuente: Elaboración propia.

Grados	Rangos de referencia (Kosmas <i>et al.</i> , 1999)	Rangos obtenidos para la cuenca	% del área total de la cuenca
AÑO 2013			
Alta calidad	<1,15	1,00-1,15	20,70
Media calidad	$\geq 1,15 \leq 1,81$	1,15-1,75	79,30
Baja calidad	>1,81	0	0
AÑO 2050			
Alta calidad	<1,15	0	0
Media calidad	$\geq 1,15 \leq 1,81$	1,19-1,75	100,00
Baja calidad	>1,81	0	0
AÑO 2100			
Alta calidad	<1,15	0	0
Media calidad	$\geq 1,15 \leq 1,81$	1,26-1,81	99,95
Baja calidad	>1,81	1,81-1,82	0,05

5.2.4. Futuros escenarios de sensibilidad a la desertificación en la cuenca

Para las proyecciones de los posibles futuros escenarios de *Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación* en la cuenca del río La Villa, han sido integrados con

la aplicación de las herramientas del SIG en cuatro sub-modelos de calidad ambiental, siguiendo la metodología establecida para este fin en el capítulo anterior. Los sub-modelos de índices de calidad de manejo y gestión, suelo y vegetación ya determinados previamente para la caracterización del estado actual de la calidad ambiental de la cuenca no han sido modificados en este caso, y solamente se replanteó el índice de la calidad climática en vista de un inminente aumento en la región de temperaturas medias anuales y una disminución de las precipitaciones en un futuro debido a los efectos de cambio climático.

En este caso concreto, se tomaron en consideración los posibles escenarios del clima para dos horizontes de tiempo, uno a medio plazo (2050) y otro a largo plazo (2100). Al cruzar los cuatro sub-modelos se obtuvieron las posibles proyecciones de sensibilidad ambiental a la desertificación en la cuenca del río La Villa correspondientes a los años 2050 y 2100 (Figuras 96 y 97).



Figura 96. Mapa de Sensibilidad a la Desertificación en la cuenca del río La Villa. Proyección 2050. Fuente: Elaboración propia.



Figura 97. Mapa de Sensibilidad a la Desertificación en la cuenca del río La Villa. Proyección 2100. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de las Proyecciones de sensibilidad a la desertificación en la cuenca del río La Villa para ambos horizontes temporales y la comparación entre el estado actual y el posible futuro, se presentan a continuación en la Tabla 82 y Figura 98:

Tabla 82. Clases de los valores e Índices de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación, cuenca del río La Villa para distintos horizontes de tiempo. Fuente: Elaboración propia.

Nivel de sensibilidad	Tipo de área	Valor de sensibilidad	% del área total de la cuenca		
			Situación actual	Proyección 2050	Proyección 2100
Muy bajo	No afectada (N)	$\geq 1 < 1,170$	0,04	0,10	0
Área no afectada:			0,04	0,10	0
Bajo	Potencialmente afectada (P)	$\geq 1,170 \leq 1,225$	2,89	6,06	2,86
Área potencialmente afectada:			2,89	6,06	2,86
Medio	Frágil (F1)	$> 1,225 \leq 1,265$	4,04	1,69	4,58
	Frágil (F2)	$> 1,265 \leq 1,325$	0,89	0,01	0,41
	Frágil (F3)	$> 1,325 \leq 1,375$	3,68	0,11	0,03
Área frágil:			8,61	1,81	5,02
Alto	Crítica (C1)	$> 1,375 \leq 1,415$	18,41	9,37	3,36
	Crítica (C2)	$> 1,415 \leq 1,530$	34,90	42,47	47,77
	Crítica (C3)	$> 1,530$	32,72	37,76	38,56
Área crítica:			86,03	89,60	89,69
No considerada:			2,43	2,43	2,43
Área Total:			100,00	100,00	100,00

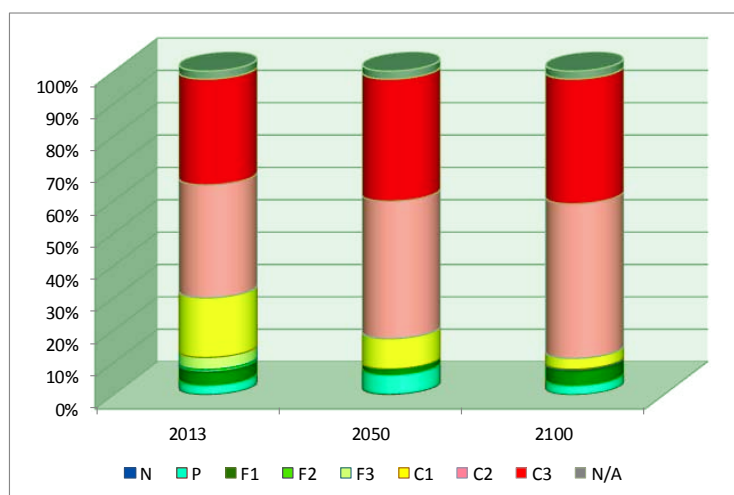


Figura 98. Proyecciones de Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación en la cuenca para distintos horizontes de tiempo. Fuente: Elaboración propia.

Analizando los resultados obtenidos de las posibles proyecciones de la sensibilidad medioambiental a la desertificación para los años 2050 y 2100, y comparándolos con la situación actual de la cuenca, se puede establecer que con el aumento futuro de las temperaturas medias anuales y la disminución de precipitaciones, las áreas caracterizadas como críticas se mantendrán prácticamente estables (aumento del 3,6%), siendo la subcategoría C2 la que registra un mayor aumento y la C1 la que más disminuye (en ambos casos se trata de variaciones que rondan los quince puntos porcentuales). Por otro lado, el porcentaje de áreas frágiles disminuirá con respecto a la situación actual, pasando de cubrir el 8,61 % del territorio a hacerlo solo del 5,02 % en 2100. Por su parte, el área potencialmente afectada, que en la actualidad cubre el 2,89% de la cuenca aumentaría al 6,06% para el año 2050, regresando posteriormente (año 2100) a sus valores actuales. Finalmente, una muy pequeña fracción del territorio (0,04%) considerada como no afectada, desaparecerá con los futuros cambios de la temperatura y precipitación.

5.3. CONSIDERACIONES FINALES

Cuando se habla del fenómeno de la desertificación, por lo general lo primero que viene a la mente son las sombrías imágenes de África Subsahariana en los años setenta, devastada por grandes sequías, hambrunas y tierras secas. Ahora bien, si nos atenemos a la definición de las Naciones Unidas de 1994, en la que el proceso queda *acotado a las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas*, la desertificación no sería algo que debiera

preocupar mucho a la República de Panamá, pues por su ubicación geográfica constituye un país tropical con abundante riqueza hídrica y régimen de aridez que va de hiper húmedo a hiper hídrico en el 94% de su territorio, donde solamente el 6% se clasifica como subhúmedo (UNESCO, 2010). Aun así, a pesar de tener esta favorable condición y tomando en consideración que los límites de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas no son abruptos ni estáticos, y mucho menos bajo el escenario de cambio climático en el que nos encontramos, sería de gran relevancia contar a tiempo con un diagnóstico de la sensibilidad a la desertificación de esta zona, ya que la transición de un estado a otro puede ser un poco impredecible y además con el peligro de ser irreversible si se sobrepasan los umbrales de resiliencia del sistema.

Tomando en consideración que precisamente este 6% del territorio nacional, clasificado como subhúmedo, se encuentra localizado en nuestra área de investigación, es evidente que la cuenca ya está viviendo en estos momentos los efectos de la mencionada transición. Dichas condiciones subhúmedas tienden poco a poco hacia un ambiente semiárido, lo que se refleja principalmente a través de un paulatino proceso de degradación del suelo, al igual que en el deterioro de los recursos hídricos, en ambos casos a causa de manejo inadecuado de sus recursos naturales, tanto como a recurrentes eventos meteorológicos extremos (sequías).

Debido a que la cuenca hidrográfica del río La Villa tiene una importancia decisiva para el país no solamente desde el punto de vista socioeconómico y cultural, sino también de cara al mantenimiento de la biodiversidad, la regulación de los regímenes hídricos y la riqueza de los suelos, la misma ha sido incorporada por la Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM) a la lista de cuencas degradadas. En la actualidad, la República de Panamá enfrenta una significativa carencia de proyectos e investigación científica enfocada en el tema de la desertificación, aparte de que existe una marcada confusión entre los conceptos de la desertificación y la degradación de las tierras, no habiendo tampoco procedimientos metodológicos uniformes y objetivos, establecidos para este tipo de estudios. De ahí la importancia y la oportunidad de contar con los resultados de la presente investigación sobre la *Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación en la cuenca del río La Villa*, ya que su análisis permite no sólo diagnosticar a fondo este

proceso sino también conocer posibles escenarios futuros, tomando en consideración los efectos que el cambio climático estaría ejerciendo sobre los ecosistemas, creando así una “alerta temprana” sobre este fenómeno.

Para definir la sensibilidad medioambiental a la desertificación en la cuenca del río La Villa se analizaron y se compararon las distintas metodologías existentes, tanto en el ámbito regional como a nivel mundial, atendiéndose en todo momento al criterio de su aplicabilidad práctica, ya que, como apunta Ferrara (2005), *“establecer un sistema que requiera información difícil de obtener o costosa de actualizar, aunque sea científicamente importante, supondría excesivas restricciones”*. Como resultado de este meticuloso análisis de pros y contras en cada caso, finalmente se eligió la metodología europea desarrollada en el contexto del proyecto MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*), la cual ha sido utilizada posteriormente con gran éxito en los proyectos DESERTLINKS y DesertNet. Así pues, y dado que el territorio de la cuenca del río La Villa se asemeja bastante a las condiciones de Mediterráneo, y que, según los datos de GEO Panamá 2009, *“estas áreas están sometidas a rigurosas exigencias de productividad, mal uso de agroquímicos, prácticas insostenibles de labranza, el sobrepastoreo, la quema y tala”*, acordamos que la metodología empleada en MEDALUS era nuestra mejor opción (ANAM, 2010b).

Durante el desarrollo de esta investigación se ha valorado un significativo grupo de parámetros y se han manejado diversos índices, expresados a través de sus respectivas representaciones cartográficas georreferenciadas (32 mapas), que permitieron diagnosticar y establecer la zonificación de la sensibilidad a la desertificación en la cuenca. Concretamente, la fase de diagnóstico comprendió el análisis y valoración de 20 parámetros según la metodología establecida. Estos parámetros dieron el origen a cuatro índices de calidad ambiental referidos a la calidad del suelo, del clima, de la vegetación y del manejo y gestión, los cuales permitieron elaborar luego el mapa del estado actual de la *Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación en la cuenca del río La Villa*. Este mapa evidencia la situación actual de la cuenca, en la que prácticamente no existen zonas sin amenaza de desertificación, y en la que casi el 95 % de su territorio puede clasificarse como de zona crítica o frágil frente a la amenaza de desertificación. Como se esperaba,

las áreas críticas corresponden en mayor grado a la parte baja y media de la cuenca, donde actualmente se observa la degradación de las tierras más intensa.

Desde el punto de vista metodológico, puede decirse que el modelo utilizado cumple de sobras las expectativas, ya que los niveles de sensibilidad a la desertificación obtenidos se adaptan muy fielmente a la situación real de la cuenca, confirmando y cualificando la existencia de un grave problema de degradación ambiental del territorio, como ya se reconociera en el Informe *Indicadores Ambientales para Tierras Secas y Degradadas* de la ANAM (2007a), si bien esta iniciativa solamente caracterizó como degradada o desertificada al 75% la cuenca, y no llegó a establecer los respectivos niveles de afección. Nuestros resultados, sí pues, indican claramente la aplicabilidad y la fortaleza del método empleado, ya que el modelo generado ha ofrecido valores de la sensibilidad a la desertificación que responden de manera congruente con lo observado sobre el territorio. Por otro lado, en lo que atañe a la aplicación de las herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG), hemos de subrayar que ésta ha sido crucial en esta investigación, contribuyendo en gran medida a la obtención de los resultados y el cumplimiento de los objetivos trazados, ya que el sistema empleado proporciona usos múltiples que van mucho más allá de un simple análisis de los fenómenos que tienen lugar en la cuenca del río La Villa. No en balde, este procedimiento permite preparar un marco común de referencia para utilizar en la comparación entre diferentes épocas y áreas (a través de un conjunto de capas del SIG) y hace posible el estudio de aspectos específicos mediante la inserción de capas adicionales de información para las investigaciones con fines diferentes y más complejos (Kosmas *et al.*, 1999).

No obstante, resta aún trabajo por realizar en el futuro, especialmente en lo que se refiere a trabajos de campo destinados a calibrar las propuestas realizadas, a comprobar la coherencia del mapa de sensibilidad a la desertificación con la realidad a detalle del territorio, a la validación de los rangos que delimitan las diferentes clases de áreas con las que hemos trabajado, a la contrastación de los indicadores utilizados o de otros que eventualmente pudieran usarse, etc. Pero esto sería tarea de nuevas investigaciones, esperamos que la presente, que no sólo ha sido la primera sobre el tema de la desertificación en la cuenca del río La Villa sino también del resto del país, pueda

servir de guía metodológica, especialmente ahora que el Comité de la Cuenca Hidrográfica del Río La Villa ha sido establecido formalmente como el primer Comité Multisectorial de Cuencas Hidrográficas en la República de Panamá.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES GENERALES



CAPITULO 6. CONCLUSIONES GENERALES

Como se dijo anteriormente, la cuenca hidrográfica del río La Villa forma parte del Arco Seco de Panamá, una extensa zona del país considerada como *crítica* desde el punto de vista de la incidencia de la desertificación, tanto por la ocurrencia habitual de eventos extremos de sequías, como por estar sujeta a un paulatino proceso de degradación de suelos. Tras el análisis llevado a cabo durante el desarrollo de la presente investigación, en el que se ha abordado la caracterización biofísica y socioeconómica del área estudiada, en busca de los factores condicionantes y/o causantes de la creciente degradación ambiental y la progresiva desertificación, se realizó una evaluación y un tratamiento específico de un amplio grupo de variables que intervienen en dicho proceso, de cara a determinar la gravedad del problema medioambiental que afronta la cuenca del río La Villa, específicamente en el campo de la desertificación.

1. Para poder cumplir con los objetivos definidos por nuestro trabajo, se desarrolló una propuesta metodológica encaminada a la determinación de la fragilidad de la cuenca frente a los procesos de degradación y desertificación, aplicando para ello el *Sistema Experto para la Evaluación del Índice de Sensibilidad Medioambiental (ESI - Environmental Sensitivity Index)*, un procedimiento creado por los Proyectos Europeos MEDALUS y DESERTLINKS, el cual fue adaptado a la situación local. Acorde con esta metodología, el cálculo de los distintos grados de sensibilidad medioambiental a la desertificación se lleva a cabo en dos etapas. Primero se evalúan los niveles de calidad ambiental de un área, diagnosticando las condiciones del suelo, el clima, la vegetación y el manejo y la gestión de los recursos, y expresando los resultados mediante la obtención de índices específicos y el tratamiento espacial de los mismos. Una vez hecha la valoración de la calidad medioambiental, se procede a determinar el *Índice de Sensibilidad Medioambiental (ESI)* a la desertificación para cada área resultante.
2. Siguiendo estos planteamientos, en el caso de nuestra área de estudio, la fase de *diagnóstico* correspondió a la selección, análisis y valoración de 20 parámetros biofísicos y socioeconómicos, que dieron origen a los índices de calidad ambiental de los cuatro componentes mencionados con anterioridad. Este proceso también hizo

posible la elaboración de 24 mapas temáticos georreferenciados (20 mapas de parámetros y 4 mapas de índices parciales de la calidad ambiental), que permitieron identificar los niveles de sensibilidad a la desertificación en la cuenca del río La Villa, reflejando así su estado actual desde una perspectiva medioambiental y socioeconómica.

3. Luego, en la fase de *zonificación*, con los cuatro índices parciales de la calidad ambiental generados durante el diagnóstico se aplicó una técnica de análisis cruzado, utilizando para ello diversas herramientas del SIG. Este proceso permitió elaborar, como producto de síntesis del nuestro estudio, una cartografía del estado actual de la ***Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación en la cuenca del río La Villa***. El mapa elaborado muestra que la mayor parte del área de la cuenca se incluye dentro de las categorías de *crítica* (86,03%) o *frágil* (8,61%), no existiendo prácticamente parcela alguna que no se vea amenazada por desertificación. Ello concuerda significativamente con la situación real de la cuenca, como ha podido contrastarse, confirmando, al mismo tiempo, la existencia de una situación alarmante de degradación ambiental del territorio investigado, como asimismo reflejaron algunas otras iniciativas nacionales, llevadas a cabo previamente en relación con esta misma temática.
4. Cumpliendo con las fases de diagnóstico y zonificación, se logró establecer que la sensibilidad medioambiental a la desertificación de la cuenca del río La Villa resulta de las interacciones entre factores elementales (indicadores), diferentemente relacionados con fenómenos de degradación y de desertificación, sean éstos directos o indirectos. Como resultado, todos estos hallazgos se ven reflejados en una amplia base de datos creada por la presente investigación mediante la recolección analógica, digital y estadística de los diferentes componentes de los recursos naturales y socioeconómicos del territorio evaluado.
5. Además de determinar los actuales niveles de sensibilidad medioambiental a la desertificación en la cuenca, nuestro trabajo se ha adentrado en el levantamiento de proyecciones de este fenómeno sobre la base de diferentes horizontes temporales.

Para efectuar las proyecciones a corto plazo (10-15 años) se utilizó la información existente contenida en el Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental (POTA) de la cuenca del río La Villa, elaborado por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) en 2008. La capa de unidades de zonificación propuestas en este Plan ha sido cruzada con otras dos capas que caracterizan el estado físico de la cuenca, tales como la calidad del suelo y el clima, reflejadas a través de los índices parciales de calidad ambiental, y que ya fueron determinados en la fase de diagnóstico de la investigación realizada. Los resultados de esta proyección muestran que el territorio de la cuenca se clasificaría como sigue: área *no afectada* sin amenazas de desertificación: un 12,57%; área *potencialmente afectada*: un 26,67%; área *frágil* reflejó el 28,95%; y *crítica*, con un alto nivel de sensibilidad a la desertificación, un 28,06%. Las cifras obtenidas muestran una clara tendencia de recuperación medioambiental de la cuenca, ya que habrá una disminución sustancial del área crítica del 86,03% en el estado actual a un 28,06% en el escenario proyectado. Asimismo, ocurre con el área no afectada y la potencialmente afectada por el fenómeno de la desertificación, que también aumentan. Ahora bien, esta potencial respuesta positiva de la cuenca está forzosamente condicionada a una aplicación ajustada y rigurosa de unos instrumentos de ordenamiento territorial y unas políticas ambientales que exigirían un celo muy especial por parte de las autoridades competentes que, a día de hoy, no sabemos si podría concretarse. Sea como fuere, esta proyección nos informa de que el proceso de degradación todavía mantiene un cierto grado reversibilidad, y de que con una gestión adecuada hay posibilidades realistas de reducir el desequilibrio socio-territorial de la cuenca, siempre que se consiga ajustar coherentemente los usos a las aptitudes ecológicas, sociales y culturales del territorio.

6. Aparte de proyectar este escenario de sensibilidad medioambiental a la desertificación a corto plazo, del mismo modo, se efectuaron proyecciones de este fenómeno a medio y largo plazo, teniendo en cuenta en este caso el pronóstico de cambio climático que los organismos internacionales dan para la zona de estudio en el siglo presente, el cual se cifra en un alarmante aumento de la temperatura media anual de la cuenca en 3,6°C, y en una disminución de las precipitaciones de un 17,5%. Debido a la situación socioeconómica y al tipo de desarrollo que caracteriza al país y,

en concreto, a la cuenca del río La Villa, en este análisis solamente se tomó en consideración el escenario más pesimista, el A2 de IPCC (2007), valorándose para los horizontes temporales de 2050 (mediano plazo) y 2100 (largo plazo). Aplicando el procedimiento metodológico establecido por nuestra investigación, ya utilizado para el diagnóstico y la zonificación de la sensibilidad a la desertificación de la cuenca en la actualidad y a corto plazo, fue posible obtener dos nuevos mapas *de Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación* de la cuenca del río La Villa, correspondientes a las citadas fechas (2050 y 2100). Según estos nuevos escenarios, a finales de este siglo las áreas caracterizadas como *críticas* experimentarán un pequeño aumento del 3,6% con respecto a la situación actual, abarcando así a un 89,7%. Por el contrario, el porcentaje de áreas *frágiles* disminuirá en torno a un 3% con respecto a la situación actual, mostrando una expresión muy reducida en el conjunto de la cuenca (5%). Este posible futuro de la sensibilidad medioambiental a la desertificación en la cuenca del río La Villa refleja, de alguna manera, la alerta lanzada en el informe *"La economía del cambio climático en Centroamérica 2012"*, elaborado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), donde se establece que las consecuencias de un inevitable aumento en la temperatura media y una disminución de las precipitaciones son múltiples, y conllevan efectos negativos en la biodiversidad, la agricultura, la disponibilidad de agua, así como la ocurrencia de eventos extremos como sequías más intensas e inundaciones. Se espera, pues, que el procedimiento metodológico y la información aportados por esta investigación se convierta en una herramienta útil para los gestores de la cuenca, y puedan servir de ayuda al desarrollo de políticas de gestión medioambiental cónsonas con la realidad, permitiendo, a modo de mecanismo de alerta temprana del fenómeno de la desertificación, la identificación de riesgos futuros y el alumbramiento de planes de adaptación a medio y largo plazo.

7. En este sentido, cabría señalar que aunque la República de Panamá ha realizado algunos esfuerzos en desarrollo de políticas de gestión de la desertificación a nivel nacional, producto de los compromisos adquiridos con la ratificación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Sequía y la Desertificación (UNCCD), lamentablemente no se cuenta a la fecha con la información estadística y cartográfica necesaria y fidedigna que, puesta al alcance del usuario, permita establecer con

precisión los niveles de desertificación-degradación de las zonas afectadas. Esto ha sido uno de los grandes inconvenientes en la obtención de información y posterior interpretación de una posible desertificación en el área del estudio durante el desarrollo de la presente investigación.

8. Por otra parte, la revisión de la información bibliográfica nacional existente indica que no hay una noción clara a la hora distinguir y reconocer las diferencias existentes entre fenómenos como la degradación y la desertificación, incluso se usan como sinónimos. Esta falta de claridad en la conceptualización y la identificación de este tipo de fenómenos no sólo ha sido un hándicap característico a escala local, sino también a nivel de las autoridades nacionales. Resulta evidente, así pues, la necesidad de una mayor responsabilidad por parte de las entidades relacionadas con el manejo del fenómeno de la desertificación, haciéndose perentorio el hecho de emprender procesos continuos de formación, sensibilización y concienciación del tema, que permita abordar una gestión medioambiental moderna, tanto a escala de cuenca como, igualmente, de país. Resulta paradójico, dada la crítica situación medioambiental y social que sufre la cuenca del río La Villa, de cuyo estado hemos dado cuenta en la presente investigación, que la mayoría de las iniciativas institucionales en este sentido se hayan orientado a formular planes que en nada se acomodan a la realidad medioambiental de este territorio. Por tanto, es impostergable una profunda reflexión, en la que intervengan científicos, técnicos, políticos y ciudadanos, y en la que se pongan claramente de manifiesto las múltiples interacciones y el alcance (causas y consecuencias) de la desertificación, lo que sería un verdadero desafío insoslayable en los próximos años.
9. Finalmente, puede resaltarse que ha quedado demostrado según nuestra investigación que la *Sensibilidad Medioambiental a la desertificación* en la cuenca del río La Villa está estrechamente relacionada con muchos factores medioambientales como el clima, el suelo, la cobertura vegetal, etc., cuyas características y grado de interacción contribuyen fuertemente a la evolución y caracterización de diferentes niveles o estados de sensibilidad. La misma depende también en gran medida de factores socioeconómicos ya que el comportamiento del hombre, así como sus

actividades sociales y económicas, pueden influir sobre la evolución de las diferentes características medioambientales. Basado en esto, sin lugar a duda, existe la necesidad apremiante de una evaluación científica integral, apoyada con las investigaciones de campo y trabajos experimentales, que contemple la interacción de los elementos biofísicos y socio-económicos de la cuenca del río La Villa y que intente esclarecer la incertidumbre de una desertificación local, debido a que la gran parte de su territorio ha sido clasificado como altamente sensible al fenómeno de la desertificación.

10. En tal sentido, la contribución del presente trabajo ha sido no sólo una profundización conceptual acerca del fenómeno de la desertificación, sino que también ha permitido exponer la metodología y las técnicas de ejecución para la realización de un ***Diagnóstico y Zonificación de la Sensibilidad Medioambiental a la Desertificación***. Se espera que esta aportación al progreso y beneficio del país constituya un primer paso para cubrir el largo camino que representa su aplicación a nivel nacional, contribuyendo así a cumplir las metas del desarrollo sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abraham, E., Montaña, E. y Torres, L., 2004. *Nuevos problemas y desafíos para la integración en América Latina y el Caribe: la lucha contra la desertificación*. Nuevas territorialidades y desafíos en América Latina frente al siglo XXI, Ediciones al Margen, Buenos Aires.
- Abraham, E. y Beekman, G., 2006. *Indicadores de la Desertificación para América del Sur*. IICA-BID ATN JF 7905 - RG. Mendoza, Argentina. ISBN: 978-987-23430-0-2.
- Abraham, E. y Torres, L., 2007. *Estado del arte en el uso de indicadores y puntos de referencia en la lucha contra la desertificación y la sequía en América Latina y el Caribe*. Revista *Interciencia*, Vol. 32, núm. 12, diciembre, 2007, pp. 827-833, Asociación Interciencia Venezuela. ISSN: 0378-1844. [En línea. Consultado en marzo del 2011. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913505>
- ADAPTATION FUND, 2013. *Aumento de la resiliencia al cambio climático y la variabilidad climática en el Arco Seco y la Cuenca del Canal de Panamá*. Borrador final de la propuesta de financiamiento de Panamá para presentar al Fondo de Adaptación. Panamá.
- AEMA, 2012. *Crear el futuro deseado*. European Environment Agency, Copenhagen. ISBN: 978-92-9213-255-2.
- AFP. *Rio+20 culmina con modesto plan por medio ambiente y combate a la pobreza*. El Mundo. 22/06/2012. Agence France-Presse (AFP). [En línea. Consultado junio 2012]. Disponible en: <http://www.elmundo.com.ve>
- Agencia de noticias REUTERS, 2012. Artículo *¿Qué sucederá después de la cumbre Río+20?* 23/06/2012, Thomson Reuters, España. [En línea. Consultado en julio del 2012]. Disponible en: <http://es.reuters.com/article/idESMAE85M04720120623?sp=true>
- Alfonso, C., 2002. *Freno a la pobreza y a la degradación ambiental*. Revista Ambiente No. 15, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Ali, R.R. and El Baroudy, A.A., 2008. *Use of GIS in Mapping the Environmental Sensitivity to Desertification in Wadi El Natrun Depression, Egypt*. Soils and Water use Dept., National Research Centre, Egypt. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2(1): 157-164, 2008. ISSN: 1991-8178.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M., 1998. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. Rome. ISBN: 92-5-104219-5. [En línea. Consultado en noviembre del 2011]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm>
- Almorox Alonso, J., López Bermúdez, F. y Rafaelli, S., 2010. *La degradación de los suelos por erosión hídrica: métodos de estimación*. Universidad de Murcia. ISBN: 978-84-8371-626-7.

- AMBIENTA, 2002. *Cumbre de Johannesburgo: un paso más hacia el desarrollo sostenible* (Revista nº 15, 2002-10-01). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Amestoy, J., 2010. *El Planeta Tierra en Peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones*. Editorial Club Universitario, Alicante, España. ISBN: 978-84-8454-984-0.
- ANAM, 1999. *Estrategia nacional del ambiente - Panamá*. República de Panamá.
- ANAM, 2002. *Informe Nacional para la Implementación de la UNCCD*. Informe de Implementación de la Convención sobre la Desertificación. República de Panamá.
- ANAM, 2004. *Estrategia nacional. Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía*. República de Panamá.
- ANAM, 2006a. *Evaluación Temática de Desertificación*. Proyecto: IMIS: GFL/2328-2740-4775-PMS: GEF/3010-04-08 "Auto-evaluación de las Capacidades Nacionales, para la Administración del Medio Ambiente Mundial" (NCSA, por sus siglas en el idioma inglés). República de Panamá.
- ANAM, 2006b. *Informe nacional de evaluación de la implementación de la Convención de Naciones Unidas de Lucha Contra la Sequía y la Desertificación (CNULD)*. República de Panamá.
- ANAM, 2007a. *Indicadores Ambientales para las Tierras Secas y Degradadas de Panamá*. CONALSED. República de Panamá.
- ANAM, 2007b. *Informe sobre el Estado del Conocimiento y Conservación de la Biodiversidad y de las Especies de Vertebrados de Panamá*. Informe Final. Proyecto: Desarrollo de Capacidades y Compartiendo Tecnología para la Gestión de la Biodiversidad en Centroamérica. Fundación de Parques Nacionales y Medio Ambiente (Fundación PA.NA.M.A.) República de Panamá.
- ANAM, 2008a. *Plan de ordenamiento territorial ambiental de la cuenca del río La Villa (POTA), 2008*. República de Panamá.
- ANAM, 2008b. *Plan Nacional de Desarrollo Forestal: Modelo Forestal Sostenible*. Editorial Novo Art, S.A. República de Panamá. ISBN: 978-9962-651-29-1.
- ANAM, 2009. *Atlas de las Tierras Secas y Degradadas de Panamá*. Proyectos Editoriales - Panamá. República de Panamá. ISBN: 978-9962-609-50-6.
- ANAM, 2010a. *Atlas Ambiental de la República de Panamá*. República de Panamá. ISBN: 978-9962-651-49-9.
- ANAM, 2010b. *GEO Panamá 2009*. Informe del estado del ambiente. República de Panamá. ISBN: 978-9962-651-33-8.
- ANAM, 2011a. *El Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la República de Panamá 2010-2030*. República de Panamá. ISBN: 978-9962-609-77-3.
- ANAM, 2011b. *Segunda comunicación nacional ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático*. 2ª edición. República de Panamá. ISBN: 978-9962-609-75-9.

- ANAM, 2012. *Mapas Interactivos: Cuencas Hidrográficas*. Sistema Nacional de Información Ambiental, Autoridad Nacional del Ambiente. República de Panamá. [En línea. Consultado en mayo del 2012]. Disponible en: <http://mapserver.anam.gob.pa/website/cuencashidrograficas/viewer.htm>
- ANAM, 2013. *Las aguas subterráneas de la Región del Arco Seco y la importancia de su conservación*. Editora Novo Art, S.A. República de Panamá. ISBN: 978-9962-651-80-2
- ANAM/INEC/PNUMA, 2010. *Panamá, 2010: Indicadores*. Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible: Indicadores de Seguimiento. República de Panamá.
- Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET)/Ecosistemas, 2004. *Ecología de los sistemas áridos y semiáridos*. Ecosistemas 13 (1). Enero 2004. [En línea. Consultado en junio del 2012]. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/>
- Baartman, J. et al., 2007. *Desertification and land degradation: origins, processes and solutions*. DESIRE REPORT series. Report number 4, Series: Scientific reports. ISRIC, Netherlands.
- Bahreini, F. y Pahlavanravi, A., 2013. *Assess and Mapping the Environmental Sensitivity to Desertification (a Case Study in Boushehr Province, Southwest IRAN)*. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. Vol., 5 (18), 2172-2183. ISSN: 2227-670X.
- Bakr, N. et al., 2012. *Multi-temporal assessment of land sensitivity to desertification in a fragile agro-ecosystem: Environmental indicators*. Ecological Indicators. 15 (2012) 271–280, Revista ELSEVIER.
- Banco Mundial, 2002. *Map of the Ecosystems of Central America: Final Report*. Ed. Vreugdenhil, D., Meerman, J., Meyrat, A., Diego Gómez, L. and Graham, D., 2002. Washington, D.C.
- Banco Mundial, 2008. *Manejo sostenible de la tierra: desafíos, posibilidades y costos de oportunidad*. Agricultura y Desarrollo Rural. En co-edición con Mayol Ediciones S.A. Washington, USA. ISBN: 978-958-8307-45-9.
- Banco Mundial, 2011. *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todos*. Índices de desarrollo humano. Washington, DC. Publicado por el PNUD.
- Basso, B. et al., 2000. *Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy)*. Catena 40(2000), ELSEVIER, pp. 19–35.
- Basso, B. et al., 2010. *Analysis of Contributing Factors to Desertification and Mitigation Measures in Basilicata Region*. Ital. J. Agron. / Riv. Agron., 2010, 3 Suppl.: 33-44.
- Basso, B. et al., 2012. *Evaluating Responses to Land Degradation Mitigation Measures in Southern Italy*. Int. J. Environ. Res., 6(2):367-380, Spring 2012. ISSN: 1735-6865.
- Bates, B., Kundzewicz, Z., Wu, S. y Palutikof, J. (Eds.), 2008. *El cambio climático y el agua*. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra.

- BBC Mundo, 2012a. *Piñera: cumbre Rio+20 fue afectada por la crisis económica*. Entrevista por Gerardo Lissardy Servicio, Mundial de la BBC, 22 junio de 2012, Londres. [En línea. Consultado en agosto del 2012]. Disponible en: http://www.bbc.co.uk/mundo/movil/noticias/2012/06/120622_sebastian_pinera_e_intrevista_cumbre_rio20.shtml
- BBC Mundo, 2012b. *Cumbre Rio+20: un texto firmado y una ola de críticas*. Por Gerardo Lissardy, Servicio Mundial de la BBC, 23 junio de 2012, Londres. [En línea. Consultado en agosto del 2012]. Disponible en: http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2012/06/120623_cumbre_rio_mas_20_final_lav.shtml
- Benabderrahmane, M., Chenchouni, H., 2010. *Assessing Environmental Sensitivity Areas to Desertification in Eastern Algeria using Mediterranean Desertification and Land Use "MEDALUS" Model*. Int. J. of Sustainable Water & Environmental Systems Volume 1, No. 1 (2010), pp. 5-10.
- Benmessaoud Hassen & Kalla Mahdi, 2009. *The use of geomatical data in the desertification risk's cartography Case of south of the Aurès region- Algeria-*. GIS Ostrava, 25 - 28. 1. 2009.
- Bifani, P., 1999. *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Instituto de Estudios Políticos para América Latina y África (IEPALA), Ed. IEPALA, Madrid. ISBN: 84-89743-06-1.
- BMZ, 2009. *La lucha contra la desertificación*. Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Bonn, Alemania.
- Boletín GAL, 2012. *Culmina Río+20 con Acuerdos Pobres*. Edición Especial Nº 1.376, 25 de Junio de 2012. Año VII. Boletín Electrónico de Medio Ambiente, Santiago de Chile. [En línea. Consultado en agosto del 2012]. Disponible en: <http://boletingal.blogspot.com.es/2012/06/boletin-gal-1376.html>
- Borja, F., Borja, C., Fernández, M. & Lama, A, 2009. *Dinámica hidrogeomorfológica e impacto antrópico en la cuenca del arroyo del Partido (NW del Parque Nacional de Doñana, Huelva, España)*. Evaluación de procesos actuales. Rev. C. & G., 23 (3-4), 45-64. ISSN: 0214-1744.
- Borja, F., 2009. *A propósito de los Conceptos Cambio Global y Cambio Climático*. Extracto de la contribución al documento AN+20. El desafío de la gestión de los espacios naturales de Andalucía en el siglo XXI, (Versión 15 de octubre de 2009). Huelva, España.
- Borja, F., 2012. *Conservación y Territorio. Los Espacios Naturales Protegidos ante el reto del Cambio Global*. Guía Didáctica del Alumno 2012-2013. Universidad Internacional de Andalucía (UNIA), España.
- Bovarnick, A., Alpizar, F., Schnell, C., Editores, 2010. *La importancia de la biodiversidad y de los ecosistemas para el crecimiento económico y la equidad en América Latina y el Caribe: una valoración económica de los ecosistemas*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Brabant P., 2010. *A land degradation assessment and mapping method*. A standard guideline proposal. *Les dossiers thématiques du CSFD*. No. 8. November 2010. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France. ISSN: 1772-6964.

- Brandt, J. et al., 2001. *A desertification indicator system for Mediterranean Europe*. DESERTLINKS (Combating Desertification in Mediterranean Europe: Linking Science with Stakeholders), King's College London, UK/ 3D Environmental Change, The Netherlands. DG-Research: Contract No. EVK2-CT-2001-00109.
- Buendía, E., 2010. *Guía metodológica para la adaptación a los impactos del cambio climático en las ciudades y opciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero*. Primera edición. Foro Ciudades para la Vida. Lima, Perú.
- Canziani, O., 2000. *La Problemática del Calentamiento Terrestre*. El Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático. Fundación Multimedios Ambiente Ecológico (MAE), Edición 70 / Mayo del 2000. [En línea. Consultado en julio del 2012]. Disponible en: <http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/070-05-2000/070-osvaldocanziani.html>
- Carson, R., 1962. *Silent spring*. First Mariner Books edition 2002, New York. ISBN: 0-618-24906-0.
- CARTAP-MIDA, 2008. *Estudios de suelos*. Catastro de Tierras y Aguas de Panamá (CARTAP)/ Programa Nacional de Zonificación Agroecológica (PRONAZA). Secretaría Técnica, Ministerio de Desarrollo Agropecuario. República de Panamá.
- CATAPAN, 1970. *Final Report on the "Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá"*. Comisión de Reforma Agraria. Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia". República de Panamá.
- CAZALAC, UNESCO PHI-LAC, 2006. *Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y El Caribe*. Documento Técnico del PHI-LAC, No.3. Montevideo, Uruguay. ISBN: 92-9089-088-6
- CCAD, 2008. *Temperatura Anual de la República de Panamá (Shapefile)*. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). Publicado por Smithsonian Tropical Research Institute Panama (STRI). [En línea. Consultado en marzo del 2013]. Disponible en: <http://mapserver.stri.si.edu/geonetwork/srv/en/main.home>
- CCD/AESI, 1995. *Con los Pies en la Tierra*. Publicada por la Secretaria Provisional de la Convención de Lucha contra la Desertificación. Ginebra, Suiza.
- CCEIM, 2012. *Cambio Global en España 2020/50. Consumo y estilos de vida*. Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental. Madrid (CCEIM). Depósito Legal: B-14370-2012.
- CDE/WOCAT, FAO/LADA, 2008. *Un cuestionario para posibilitar la realización de Mapas de la Degradación de la Tierra y el Desarrollo de Mecanismos para el Manejo Sustentable de la Tierra (CM)*. Bern, Switzerland.
- CEPAL, 2002. *Propuesta de indicadores para el seguimiento de las metas de la Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo en América Latina y el Caribe*. Serie Población y desarrollo No. 26, Santiago de Chile. ISBN: 92-1-322004-9.
- CEPAL, 2008. *Panamá: Pobreza y distribución del ingreso en el período 2001-2007*. Proyecto de cooperación técnica PAN/07/002 entre la Comisión Económica para

- América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) de Panamá. República de Panamá. LC/L.2932.
- CEPAL/ GTZ, 2008. *Agricultura, desarrollo rural, tierra, sequía y desertificación: resultados, tendencias y desafíos para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe*. Publicación de las Naciones Unidas, Santiago de Chile. LC/W.192.
- CEPAL, 2009. *Informe de factibilidad: economía del cambio climático en Centroamérica*. Realizado en el marco del Convenio entre el Ministerio Británico para el Desarrollo Internacional (DFID) y la Sede Subregional en México de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), dentro del Proyecto “La Economía del Cambio Climático en Centroamérica (Fase I)”. L897.
- CEPAL/CCAD, 2010. *La economía del cambio climático en Centroamérica: Síntesis 2010*. Naciones Unidas, México. LC/MEX/L.978.
- CEPAL, 2011a. *Anuario estadístico de América Latina y el Caribe, 2011*. Publicación de las Naciones Unidas Santiago de Chile. ISBN: 978-92-1-221086-5.
- CEPAL, 2011b. *Propuesta de una nueva línea de pobreza para Panamá*. Colección Documentos de proyectos. Publicación de las Naciones Unidas, LC/W.386.
- CEPAL, 2012a. *Los costos de la inacción ante la desertificación y degradación de las tierras en escenarios alternativos de cambio climático*. Naciones Unidas, Santiago de Chile. LC/W.499.
- CEPAL, 2012b. *La vulnerabilidad de las tierras desertificadas frente a escenarios de cambio climático en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas, Santiago de Chile. LC/W.496.
- CEPAL/CCAD, 2012a. *La economía del cambio climático en Centroamérica: Síntesis 2012*. Naciones Unidas, México. LC/MEX/L.1074.
- CEPAL/CCAD, 2012b. *Impactos potenciales en la aridez y los meses secos*. La economía del cambio climático en Centroamérica. Serie técnica 2012. Naciones Unidas, México. LC/MEX/L.1074.
- CEPAL/CCAD, 2012c. *Impactos potenciales en los ecosistemas*. La economía del cambio climático en Centroamérica. Serie técnica 2012. Naciones Unidas, México. LC/MEX/L.1077.
- CEPAL/FAO/IICA, 2012. *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe: 2013*. Santiago, Chile. ISBN: 978-92-5-307355-9.
- CMMAD, 1992. *Nuestro futuro común (Informe Brundtland), 3ª Edición*. Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD). Alianza Editorial, Madrid.
- Comisión de Reforma Agraria, Catastro Rural de Tierras y Aguas (CARTAP), 1968. *Geología (Volumen III) y Aguas (Volumen IV)*. 1965-1968. República de Panamá.
- Comisión Europea, 2006. *El cambio climático: ¿qué es?* Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo. ISBN: 92-894-8911-1.

- Comunidades Europeas, 2009. *Acción de la UE contra la degradación del suelo y la desertificación*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones. ISBN: 978-92-79-12798-4.
- Conesa García, C. y Martínez Guevara, J., 2004. *Territorio y Medio Ambiente: Métodos Cuantitativos y Técnicas de Información Geográfica*. Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección de la Asociación de Geógrafos Españoles y Departamento de Geografía, Universidad de Murcia. ISBN: 84-8371-484-1.
- Consejo Nacional de Desarrollo Sostenible (CONADES), 2007. *Elaboración de estrategias de desarrollo sostenible para las provincias Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas*. Análisis y diagnóstico integrado Provincia de Herrera. República de Panamá.
- Costa Pérez, J. et al., 2003. *Plan Andaluz de Control de la Desertificación (PACD)*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (Sevilla). ISBN: 84-95785-84-6.
- Davis, M. y Masten, S., 2005. *Ingeniería y ciencias ambientales*. Editorial McGraw-Hill, México. ISBN: 0-07-235053-9.
- Desertlinks (Combating Desertification in Mediterranean Europe: Linking Science with Stakeholders), 2001. *DIS4ME: Desertification Indicators System for Mediterranean Europe*. The European Commission under Framework Programme 5. EVK2-2001-00045.
- DGRM, 1991. *Mapa Geológico de la República de Panamá; Escala 1:250.000*. Dirección General de Recursos Minerales (DGRM), Ministerio de Comercio e Industrias, República de Panamá.
- Díaz, S. et al., 2006. *Biodiversity loss threatens human well-being*. PLoS Biol 4(8): e277. DOI: 10.1371/journal.pbio.0040277
- Domingues, F. y Fons-Esteve, J., 2008. *Mapping sensitivity to desertification (DISMED)*. Final Report, Version 2. European Topic Centre Land Use and Spatial Information. Spain, EU.
- Dossier GreenFacts, 2005. *Consenso científico sobre la Desertificación*. Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EM): "Síntesis sobre desertificación". [En línea. Consultado en abril del 2009]. Disponible en: <http://www.greenfacts.org/es/desertificacion/>
- Duarte, C (coord.) et al., 2006. *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Edición a cargo de Proyectos y Producciones Editoriales, S.A. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid. ISBN: 978-84-00-08452-3.
- ECOESPAÑA-WRI, 2007. *Recursos mundiales: La riqueza del pobre – Gestionar los ecosistemas para combatir la pobreza*. Ecoespaña-Instituto de Recursos Mundiales (WRI) en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Banco Mundial. Madrid-Washington, DC: ECOESPAÑA-WRI. ISBN: 978-84-932176-4-8.
- Enne, G., Zucca, C., 2000. *Desertification indicators for the european mediterranean region. State of the art and possible methodological approaches*. ANPA, Rome. ISBN: 88-448-0272-4.

- EPR/ Soluziona, 2003. *Estudio de Impacto Ambiental Línea de Transmisión Eléctrica 230 kV del Proyecto SIEPAC-Tramo Panamá*. Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC). San José, Costa Rica.
- ETESA, 1999. *Mapa Hidrogeológico de la República de Panamá*. Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A.). República de Panamá. [En línea. Consultado en mayo del 2012]. Disponible en: <http://www.hidromet.com.pa/>
- ETESA, 2012. *Clima e Hidrología – Datos históricos*. Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A.). República de Panamá. [En línea. Consultado en diciembre del 2012]. Disponible en: <http://www.hidromet.com.pa/>
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), 2005. *Informe de síntesis. Strengthening Capacity to Manage Ecosystems Sustainably for Human Well-Being*. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Island Press, Washington, DC. ISBN: 1-59726-040-1.
- FAO, 1967. *La erosión del suelo por el agua: algunas medidas para combatirlas en tierras de cultivos*. Colección FAO: Fomento de Tierras y Aguas No. 7, Roma, Italia.
- FAO, 1980. *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. FAO, PNUMA, UNESCO, Roma. Italia.
- FAO, 1990. *Evapotranspiración del cultivo*. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, No 56. Roma. ISBN: 92-5-304219-2.
- FAO, 1991. *Manual de sistema de labranza para América Latina*. Boletín de suelos de la FAO, Roma.
- FAO, 1993. *Desarrollo sostenible de tierras áridas y lucha contra la desertificación: posición de la FAO*. Roma, Italia. [En línea. Consultado en octubre del 2012]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/v0265s/v0265s00.htm>
- FAO, 1997. *Zonificación agro-ecológica. Guía general*. Boletín de Suelos de la FAO 73. Roma, Italia. ISBN: 92-5-303890-X.
- FAO, 1998. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage*. Paper 56. Roma. ISBN: 92-5-104219-5.
- FAO, 2005a. *Agro-Ecological Zoning and GIS Applications in Asia with special emphasis on land degradation assessment in drylands (LADA)*. Proceedings of a Regional Workshop Bangkok, Thailand 10-14 November 2003. Regional Office for Asia and the Pacific. AGL/MISC/38/2005. Roma.
- FAO, 2005b. *Global forest resource assessment 2005 - progress towards sustainable forest management*, FAO Forestry Paper 147, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma.
- FAO, 2007. *LADA (Land Degradation Assessment in Drylands). Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas*. Secretaría LADA, Roma. AB/I/A0934E/1/1.07/2000.

- FAO, 2009a. *Declaración del Director General de la FAO, Dr. Jacques Diouf*. Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria. WSFS 2009/INF/3, Noviembre, 2009. Roma.
- FAO, 2009b. *Comunicado de Prensa CP-71-2009*. Roma/Madrid, 2009. [En línea. Consultado en septiembre del 2010]. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/-faoespana/esp_comunicados/2009/71.pdf
- FAO, 2009c. *Guía para la descripción de suelos*. Cuarta edición. División de Información FAO, Roma.
- FAO, 2010. *Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe*. Roma.
- Ferrara, A. et al., 1999. *Identification and Assessment of Environmental Sensitive Areas by Remote Sensing*. Università degli Studi della Basilicata. Dipartimento di Produzione Vegetale.
- Ferrara, A. et al., 2001. *A Desertification Indicator System for Mediterranean Europe*. DESERTLINKS (Combating Desertification in Mediterranean Europe: Linking Science with Stakeholders). (DG-Research: Contract No. EVK2-CT-2001-00109).
- Ferrara A., 2005. *Expert system for evaluating the Environmental Sensitivity Index (ESI) of a local area*. In: J. Brandt (Editor), DIS4ME: Desertification Indicator System for Mediterranean Europe. ISSN: 1749-8996. [En línea. Consultado en octubre del 2013]. Disponible en: http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/indicator_system/index.htm
- Ferrara, A., Mancino, G., Urbano, V., Coletta, V., Baffari, P., 2010. *Analisi delle potenzialità applicative del metodo ESA (Environmental Sensitive Areas) e aggiornamento della carta delle aree sensibili alla desertificazione della Basilicata*. Forest@ 7: 133-147.
- Figueres, C., 2002. *Establishing national authorities for the CDM. A Guide for Developing Countries*. National Library of Canada Cataloguing in Publication Data. Center for Sustainable Development in the Americas Washington, DC. ISBN: 1-895536-56-1.
- Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), 2010. Hoja Informativa *Desertificación*. Roma.
- Fundación Santander Central Hispano, 2002. *Cuadernos de Sostenibilidad y Patrimonio Natural*. Número I. Madrid.
- Fundación IPADE, 2011. *Cuatro grandes retos, una solución global: Biodiversidad, cambio climático, desertificación y lucha contra la pobreza*. González, J. y Santos, I. (editores). Fundación IPADE y Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo - AECID, Madrid. ISBN: 978-84-693-8774-0.
- García, E., 2006. *El cambio social más allá de los límites al crecimiento: un nuevo referente para el realismo en la sociología ecológica*. En Luis Enrique Espinoza y Valentín Cabero (ed.): Sociedad y medio ambiente. Salamanca, Universidad de Salamanca, pp. 53-74.
- García Ruiz, J. y López Bermúdez, F., 2009. *La erosión del suelo en España*. Edita: Sociedad Española de Geomorfología (SEG). ISBN: 978-84-692-4599-6.

- Geeson, N.A., Brandt, C.J. and Thornes, J.B. (Ed.), 2002. *Mediterranean desertification: a mosaic of processes and responses*. King's College, University of London, UK. John Wiley & Sons Ltd, England. ISBN: 0-470-84448-5.
- Gobin, A. et al., 2003. *Assessment and reporting on soil erosion. Background and workshop report*. Technical report No. 94. European Environment Agency (EEA), Copenhagen. ISBN: 92-9167-519-9.
- González, J. et al., 2008. *Invirtiendo en capital natural: un marco para integrar la sostenibilidad ambiental en las políticas de cooperación*. Ecosistemas 17 (2): 52-69. Mayo 2008. [En línea. Consultado en mayo del 2012]. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=545>
- González, J. y Montes, C., 2011. *Cooperación para el desarrollo en tiempos de cambio global: cuando seguir haciendo lo mismo ya no es una opción*. En: González, J.A. y Santos, I. (eds.), Cuatro grandes retos, una solución global: Biodiversidad, cambio climático, desertificación y lucha contra la pobreza. Fundación IPADE y Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo – AECID, Madrid.
- Handl, G., 2012. *Declaración de la conferencia de las naciones unidas sobre el medio humano (declaración de Estocolmo), de 1972, y Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo, de 1992*. United Nations Audiovisual Library of International Law.
- Henry, J. y Heinke, G., 1999. *Ingeniería ambiental*. Editorial Prentice Hall, México. ISBN: 0-13-120650-8.
- Hoy Diario Digital, 2012. *La cumbre Río+20 se cierra solo con una larga lista de promesas*. 23.06.12 - 00:24 -COLPISA / AFP/ Río de Janeiro. [En línea. Consultado en mayo del 2012]. Disponible en: <http://www.hoy.es/v/20120623/sociedad/cumbre-rio20-cierra-solo-20120623.html>
- Hudson, N., 1997. *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de escorrentía*. Boletín de Suelos de la FAO, Roma. ISBN: 92-5-303406-8.
- Hudson, N., 2006. *Conservación del suelo*. Editorial Reverté, s.a. Barcelona, España. ISBN: 84-291-1027-5.
- IDIAP, 2006. *Zonificación de suelos de Panamá por niveles de nutrientes*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), República de Panamá.
- IGNTG, 2007. *Atlas Nacional de la República de Panamá*. Cuarta edición, Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” (IGNTG), República de Panamá. ISBN: 978-9962-8865-2-5.
- IIDS, 2011. *Síntesis de la 34ª reunión del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático: 18 al 19 de noviembre 2011*. Boletín de Negociaciones de la Tierra, Vol. 12 No. 522, Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IIDS), Nueva York. [En línea. Consultado en junio del 2013]. Disponible en: <http://www.iisd.ca/climate/ipcc34/>
- Imeson, A., 2012. *Desertification, Land Degradation and Sustainability*. First Impression, John Wiley & Sons, Inc., UK. ISBN: 978-0-470-71449-2.

- INEC, 2001. *X Censo de Población y VI de Vivienda, 2000*. Resultados Finales. Instituto Nacional de Estadística y Censo, República de Panamá.
- INEC, 2008. *Encuesta de niveles de vida*. Instituto Nacional de Estadística y Censo, República de Panamá.
- INEC, 2011a. *VII Censo Nacional Agropecuario*. Instituto Nacional de Estadística y Censo, República de Panamá.
- INEC, 2011b. *XI Censo de Población y VII de Vivienda, 2010*. Resultados Finales. Instituto Nacional de Estadística y Censo, República de Panamá.
- IPCC, 2000. *Escenarios de emisiones. Resumen para responsables de políticas*. Informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC. Publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. ISBN: 92-9169-413-4.
- IPCC, 2001. *Cambio Climático 2001: La base científica*. Contribución del Grupo de Trabajo I al Tercer informe de evaluación del IPCC.
- IPCC, 2007. *Fourth Assessment Report: Climate Change, 2007. Informe del Grupo de Trabajo I - Base de las Ciencias Físicas*. PF 2.1. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [En línea. Consultado en febrero del 2013]. Disponible en: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/fag-2-1.html
- IPCC, 2012. *Gestión de los Riesgos de Fenómenos Meteorológicos Extremos y Desastres para Mejorar la Adaptación al Cambio Climático*. Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Informe de los Grupos de trabajo I y II del IPCC. ISBN: 978-92-9169-333-7.
- IPCC, 2013. *Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas*. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- IUSS Working Group WRB, 2006. *World reference base for soil resources 2006*. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. ISBN: 92-5-105511-4.
- Jankilevich, S., 2003. *Las cumbres mundiales sobre el ambiente. Estocolmo, Río y Johannesburgo. 30 años de Historia Ambiental*. Documento de Trabajo No. 106, Universidad de Belgrano. ISSN: 1850-2512.
- Jiménez Herrero, L., 1999. *Cambio global, desarrollo sostenible y convolución*. Revista Sostenible? ISSN-e 1575-6688, No. 1, 1999, pp. 37-63. Universitat Politècnica de Catalunya: Càtedra UNESCO de Sostenibilitat. España.
- Kairis, O. et al., 2013. *Evaluation and Selection of Indicators for Land Degradation and Desertification Monitoring: Types of Degradation, Causes, and Implications for Management*. Environmental Management. Springer Science+Business Media New York. DOI 10.1007/s00267-013-0110-0.

- Kawy, A. and Abdel-Aziz Belal, 2011. *GIS to Assess the Environmental Sensitivity for Desertification in Soil Adjacent to El-Manzala Lake, East of Nile Delta, Egypt*. IDOSI Publications. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 10 (5): 844-856, 2011. ISSN: 1818-6769.
- Kosmas, C. et al., 1999. *Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification*. The Medalus project Mediterranean desertification and land use. European Union. ISBN: 92-828-6349-2.
- Kosmas, C. et al., 2013. *Evaluation and Selection of Indicators for Land Degradation and Desertification Monitoring: Methodological Approach*. Environmental Management. Springer Science+Business Media New York. DOI 10.1007/s00267-013-0109-6.
- Ladisa, G. et al., 2012. *A GIS-based approach for desertification risk assessment in Apulia region, SE Italy*. Elsevier, Physics and Chemistry of the Earth 49 (2012) 103–113.
- Lavado Contador, J. et al., 2010. *Sensibilidad Ambiental a la Degradación en Extremadura (España)*. Universidad de Extremadura. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles No. 53 - 2010, pp. 147-164. ISSN: 0212-9426.
- Lean, G., 1995. *Down to Earth*. Secretariat of the Convention to Combat Desertification. United Nations. Bonn, Alemania.
- Leis, H., 2001. *La modernidad Insustentable*. PNUMA: Colección Pensamiento Ambiental Latinoamericano N° 2, Red de Formación Ambiental. México. ISBN: 9974-42-076-8.
- Leiva Pérez, J., 2009. *Manual de Agroforestería para Zonas Secas y Semiáridas*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala/Mecanismo Mundial de la UNCCD.
- León Peláez, J., 2001. *Estudio y control de la erosión hídrica*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. ISBN: 958-9352-28-8.
- Lissardy, G., 2012. Artículo *Cumbre Río+20: un texto firmado y una ola de críticas*. BBC Mundo, 23/6/2012. Brasil. [En línea. Consultado en septiembre del 2012]. Disponible en: http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2012/06/120623_cumbre_rio_mas_20_final_lav.shtml
- López Bermúdez, F. et al., 1991. *Escorrentías y pérdidas de suelo el Calcisol Pétrico bajo un ambiente mediterráneo semiárido*. Cuaternario y Geomorfología, 5 (1991), pp.77-89.
- López Bermúdez, F., 1994. *Degradación de suelo ¿Fatalidad climática o mala gestión humana? Hacia una gestión sostenible del recurso en el contexto mediterráneo*. Papeles de Geografía, No. 20. 1994, pp. 49-64.
- López Bermúdez, F. y Romero Díaz, A., 1998. *Erosión y desertificación: implicaciones ambientales y estrategias de investigación*. Papeles de Geografía. No. 28. 1998, pp. 77-89. [En línea. Consultado en octubre del 2012]. Disponible en: <http://revistas.um.es/geografia/article/view/45421/43461>
- López Bermúdez, F. y Barberá, G.G., 2000. *Indicators of Desertification in Semiarid Mediterranean Agroecosystems of Southeastern Spain*. In *Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean*. J.Enne; M. d'Ángelo & C. Zanolla, Eds. Osservatorio Nazionale sulla Desertificazione. Ministero della Ricerca Scientifica.

- Università degli Studi di Sassari. United Nations Convention to Combat Desertification. Porto Torres, Cerdeña, Italy, pp. 164-176.
- López Bermúdez, F., 2002a. *Geografía Física y conservación de la Naturaleza*. Papeles de Geografía, núm. 36, julio-diciembre, 2002, pp. 133-146, Universidad de Murcia España. ISSN: 0213-1781.
- López Bermúdez, F., 2002b. *Cambio climático y desertificación, amenazas para la sostenibilidad de las tierras del Arco Mediterráneo. Situación y perspectiva*. Revista Valenciana D'estudis Autònoms, núm. 36 - Monográfico, pp. 93-116. Generalitat Valènciana. Valencia.
- López Bermúdez, F., 2006. *Desertificación, un riesgo ambiental global de graves consecuencias*. Revista C & G., 20 (3-4), 61-71. ISSN: 0214-1744.
- López Bermúdez, F., 2008. *Unidad de Cultura Científica de la Universidad de La Rioja/ Servicio de Información y Noticias Científicas*. Conferencia erosión y desertificación: la vulnerabilidad del territorio español. [En línea. Consultado en abril del 2011]. Disponible en: <http://www.agenciasinc.es/Entrevistas/Perdemos-suelo-a-un-ritmo-diez-veces-superior-de-lo-que-la-naturaleza-recupera/%28formato%29/fotografias/%28nodo%29/2607>
- López Falcón, R., 2002. *Degradación del Suelo: causas, procesos, evaluación e investigación*. Serie: Suelos y Clima, SC-75. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. ISBN: 980-6483-10-3
- Los Tiempos, 2012. Edición Impresa *Río+20 cierra con acuerdos mínimos*. Por Agencias - Agencia - 19/06/2012. Bolivia. [En línea. Consultado en julio del 2012]. Disponible en: http://www.lostiempos.com/especiales/edicion/especiales/20120619/rio+20-cierra-con-acuerdos-minimos_176056_371304.html
- Maestre, F., 2004. *Entrevista a James F. Reynolds*. Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET). Ecosistemas 13 (1): 62-64. Enero 2004. ISBN: 1697-2473.
- Maestre Gil, F., 2011. *Avances recientes y retos en el estudio y evaluación de la desertificación: de la teoría a la práctica*. Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible (Cuides), pp. 37-60, octubre 2011 - No. 7. ISSN: 1889-0660.
- Mancebo, S. et al., 2008. *LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental*. Madrid, España. ISBN: 978-84-691-7370-1.
- Mancebo, S. et al., 2009. *LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental: ejercicios*. Madrid, España. ISBN: 978-84-692-8534-3.
- Martín de Santa Olalla Mañas, F., 1994. *Desertificación en Castilla - La Mancha el Proyecto EFEDA*. Universidad de Castilla - La Mancha, ed. ISBN: 84-88255-53-5.
- Martín de Santa Olalla Mañas, F., 2000. *Agricultura y desertificación*. Mundi-Prensa Libros, s.a., Madrid. ISBN: 84-714-966-4.
- Marull, Y., 2012. Artículo *Solución a la ecocrisis del planeta postergada tras Río+20*. 23/06/2012, AFP (Agence France-Presse). [En línea. Consultado en septiembre del 2012]. Disponible en: <http://www.google.com/hostednews/afp/article/ALeq>

[M5iepy52aY_AvC27cu5YKjdEr9bqNw?docId=CNG.bbd9d316080810704e8da86e0d39aec.28](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.06.023)

Matas, J., 2002. *Cien países concluyen sin acuerdo la reunión de medio ambiente de Bali*. 09/06/2002, Página 38. Diario ABC, Madrid.

Meadows, D. L. et al., 1972. *The limits to growth*. Universe Books, New York.

Meadows, D. L. et al., 2012. *Los límites del crecimiento*. Edición 2012. Taurus/Pensamiento. España.

Medio Informativo Los Tiempos, 2012. Artículo *Río+20 cierra con acuerdos mínimos*. Edición Impresa, 23/06/2012, Bolivia. [En línea. Consultado en septiembre del 2012]. Disponible en: http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/vida-y-futuro/20120623/rio+20-cierra-con-acuerdos-minimos_176055_371301.html

MEF, 2011. *Actualización de las líneas de indigencia y pobreza*. Dirección de Análisis Económico y Social del Ministerio de Economía y Finanzas. República de Panamá.

MEF, 2012. *Indigencia y pobreza*. Encuesta de Mercado de Trabajo. Marzo 2012. República de Panamá.

MIDA/ANAM, 2007. *Análisis de los Aspectos Ambientales del Proyecto “Productividad Rural - Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño, PRORURAL-CBMAP II”*. Análisis Ambiental, Proyecto Productividad Rural/Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño. República de Panamá.

Millán, M. et al., 2005. *Realimentaciones Climáticas y Desertificación: El Modelo Mediterráneo*. Traducción del artículo “*Climatic Feedbacks and Desertification: The Mediterranean Model*” publicado en la revista *Journal of Climate* (2005). Fundación CEAM, Valencia, España.

Moise, I., Dumitru, S., 2012. *Identifying aridization vulnerability zones in dobrogea using medalus indices*. Annals of the University of Craiova – Agriculture, Montanology, Cadastre Series. Vol. XLII-2012/1, pp. 394-399.

Mondragón Pérez, A., 2002. *¿Qué son los indicadores? Cultura Estadística y Geográfica*. Revista de información y análisis núm. 19, 2002.

Montes, C. y Sala, O., 2007. *La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano*. Revista científica y técnica de Ecología y Medio Ambiente *Ecosistemas*, año/Vol. XVI, número 003. Asociación Española de Ecología Terrestre, España, pp. 134-144. ISSN (Versión en línea): 1697-2473.

Morales, C. y Parada, S. (Ed.), 2005. *Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales*. CEPAL/ GTZ/ BMZ. Santiago de Chile.

Morgan, R.P.C., 1980. *Soil erosion and conservation in Britain*. Progress in Physical Geography 4: 24-47.

Nebel, B. y Wright, R., 1999. *Ecología y desarrollo sostenible*. Ciencias ambientales. Pearson Educación, s.a., Madrid. ISBN: 970-17-0233-6.

- OEA, 1993. *Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos. Washington, D.C.
- OECD, 1994. *OECD Core Set of Environmental Indicators*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD). Paris, Francia.
- ONU, 1968. *Problemas del Medio Humano*. Resolución 2398 (XXIII). Asamblea General. Vigésimo tercer período de sesiones. Nuevo York.
- ONU, 1987. World Plan of Action on the Ozone Layer (1977), Environmental Assessment, *United Nations Environment Programme: compendium of legislative authority, 1972-1977*. UNEP/GC/DEC/5/84.
- ONU, 1992a. *Conferencias de la ONU sobre el medio ambiente*. Naciones Unidas - Centro de Información (CINU). [En línea. Consultado en febrero del 2012]. Disponible en: <http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/documentos/Agenda21/Programa21.htm>
- ONU, 1992b. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. FCCC/INFORMAL/84, GE.05-62301 (S). Naciones Unidas. Nuevo York.
- ONU, 1992c. *Convenio sobre la diversidad biológica*. Naciones Unidas. Nuevo York.
- ONU, 1994. *Texto final de la Convención Internacional de Lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África*. Asamblea General, A/AC.241/27.
- ONU, 1997. *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: aplicación y ejecución*. Consejo Económico y Social, E/CN.17/1997/8.
- ONU, 1998. *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. FCCC/INFORMAL/83. GE.05-61702 (S) 130605 130605. Nueva York.
- ONU, 1999. *Integrated and coordinated implementation and follow-up of major*. United Nations conferences and summits. Nueva York, Estados Unidos de América, p. 18. [En línea. Consultado en marzo del 2012]. Disponible en: www.un.org/documents/ecosoc/docs/1999/e1999-11
- ONU, 2000. *Declaración del Milenio*. Resolución aprobada por la Asamblea General, 8ª sesión plenaria. A/RES/55/2. Nueva York.
- ONU, 2002a. *Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible*. Johannesburgo (Sudáfrica). A/CONF.199/20. Nueva York. ISBN: 92-1-304231-0.
- ONU, 2002b. Reportaje principal *¿Qué cambiará con la Cumbre de Johannesburgo?* Sección del Sitio Internet de la ONU de la División de Noticias y Medios de Información del Departamento de Información Pública. 25 de septiembre, Nueva York. [En línea. Consultado en marzo del 2012]. Disponible en: http://www.un.org/%20spanish/conferences/%20wssd/feature_story41.htm

- ONU, 2002c. *Informe de la Conferencia Internacional sobre la Financiación para el Desarrollo*. Monterrey (México), 18 a 22 de marzo de 2002. A/CONF.198/11, Nueva York. ISBN: 92-1-304-229-9.
- ONU, 2005. *Documento Final de la Cumbre Mundial 2005*. Asamblea General, Sexagésimo período de sesiones, A/RES/60/1. Nueva York.
- ONU, 2011a. *Nuevas cuestiones normativas: el medio ambiente y el desarrollo*. Informe del Director Ejecutivo, Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. UNEP/GCSS.XII/10.
- ONU, 2011b. *Objetivos de Desarrollo del Milenio. Informe de 2011*. Naciones Unidas, Nueva York. ISBN: 978-92-1-300251-3.
- ONU, 2012a. *El Futuro que queremos*. Documento final de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, Río de Janeiro, Brasil. A/CONF.216/L.1.
- ONU, 2012b. Folleto *Río+20. El futuro que queremos*. Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas, Río de Janeiro, Brasil. [En línea. Consultado en septiembre del 2012]. Disponible en: www.uncsd2012.org
- ONU, 2012c. *Los suelos saludables sostienen tu vida: evitemos la degradación de la tierra*. Mensaje del Secretario General en el Día Mundial de Lucha contra la Desertificación 17 de Junio. [En línea. Consultado en julio del 2012]. Disponible en: <http://www.un.org/es/events/desertificationday/2012/sgmessage.shtml>
- ONU/WWAP, 2003. *Agua para todos, agua para la vida*. Capítulo 3. Marcando el progreso: los indicadores señalan el camino. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. UNESCO-WWAP/Mundi-Prensa. España. ISBN: 978-92-3-103881-5.
- Ozcáriz, J. et al., 2002. *Cambio Global. España 2020's. El reto es actuar*. Fundación CONAMA, Madrid, España. ISBN: 978-84-612-7828-2.
- PNUD, 2010a. *Actuar sobre el futuro: romper la transmisión intergeneracional de la desigualdad*. Informe Regional sobre Desarrollo Humano para América Latina y el Caribe 2010. Nueva York.
- PNUD, 2010b. *Atlas de Desarrollo Humano y Objetivos del Milenio: Panamá 2010*. Ciudad del Saber, Panamá. ISBN: 978-9962-663-11-9.
- PNUD, 2011. *Informe sobre Desarrollo Humano*. Ediciones Mundi-Prensa (Paraninfo). Madrid, España. ISBN: 978-84-8476-403-8.
- PNUD, 2012. *El futuro sostenible que queremos*. Informe Anual 2011/2012. Publicado por la dirección de Promoción y relaciones externas. Nueva York.
- PNUD, 2013. *El ascenso del Sur: Progreso humano en un mundo diverso*. Informe sobre Desarrollo Humano 2013. Edición y producción: Communications Development Incorporated, Washington DC. ISBN: 978-92-1-126340-4.
- PNUMA, 1972. *Declaración de Estocolmo*. Estocolmo, Suecia. [En línea. Consultado en junio del 2012]. Disponible en: [http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?%20 DocumentID=97](http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?%20DocumentID=97)

- PNUMA, 1999. *Manual de Legislación Ambiental de Panamá*. Con la colaboración de la Asociación de Orientación Legal y Administrativa de Panamá (ASLAP). Panamá.
- PNUMA, 2002. *GEO-3. Pasado, presente y futuro*. Mundi-Prensa Libros, s.a. Madrid. ISBN: 84-8476-062-6.
- PNUMA, 2005. *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*. Punto 6 del Temario: Temas Emergentes de la Agenda Ambiental Internacional, UNEP/LAC-IGWG.XV/13. Caracas, Venezuela.
- PNUMA, 2006. *Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la Capa de Ozono*. Secretaría del Ozono. Publicado por El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Nairobi, Kenya.
- PNUMA, 2010a. *Convenio de Viena y Protocolo de Montreal*, ponencia de Sánchez Segura, J. Quinto Programa Regional de Capacitación en Derecho y Políticas Ambientales. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Panamá.
- PNUMA, 2010b. *Perspectivas del Medio Ambiente: América Latina y el Caribe, 2010*. Publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). GEO ALC 3, Panamá. ISBN: 978-92-807-2956-6.
- PNUMA, 2011. *Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza - Síntesis para los encargados de la formulación de políticas*. Job Number: DTI/1366/GE. Nairobi, Kenya.
- PNUMA, 2012. *Semillas de Conocimiento: Aportando Soluciones para el Cambio Climático*. PNUMA División Regional, Nairobi, Kenya. ISBN: 978-92-807-3307-5.
- PNUMA, 2012. *GEO 5. Medio ambiente para el futuro que queremos*. Editora Novo Art, S.A., Panamá. ISBN: 978-92-807-3181-1.
- Polanco, C., 2005. *Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones*. Gestión y Ambiente, Volumen 9 - No. 2, Agosto de 2006, pp. 27-42.
- Pulido, J. y Bocco, G., 2010. *¿Cómo se evalúa la degradación de tierras? panorama global y local*. Revista *INTERCIENCIA*, Feb 2011, Vol. 36 No. 2, 0378-1844/11/02/096-08.
- Reynolds, J. and Stafford Smith, D., 2002. *Do Humans Cause Deserts?* In: Global Desertification. Dahlem Workshop Report 88, Dahlem University Press. Berlín.
- Reynolds, J. et al., 2005. *Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación*. Ecosistemas 14 (3): 3-21. Septiembre 2005. [En línea. Consultado en febrero del 2010]. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=131>
- Reynolds, J., et al., 2007. *Desertificación Global: Construyendo una nueva ciencia para las zonas secas*. Science 11 May 2007, Vol. 316 No. 5826, pp. 84-851.
- Robert, M., 2002. *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Informes sobre recursos mundiales de suelos, FAO. ISBN: 92-5-304690-2.
- Rodríguez Surián, M. et al., 2008. *Evaluación y seguimiento multitemporal de la desertificación a través del Sistema de Información Geográfica Ambiental de*

- Andalucía*. En: Hernández, L. y Parreño, J. M. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria, pp. 737-751. ISBN: 978-84-96971-53-0.
- Romero Díaz, A., 2002. *La erosión en la Región de Murcia*. Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones, España. ISBN: 84-8371-309-8.
- Rubio, J., 2001. Ponencia *El problema de la desertificación en el ámbito mediterráneo europeo*. Conselleria de Medi Ambient. Generalitat Valenciana, España.
- Rubio, J., 2002. *Los procesos de desertificación en un contexto de cambio global*. Mètode, Revista de Difusión de la Investigación de la Universitat de València, España. [En línea. Consultado en marzo del 2010]. Disponible en: http://www.uv.es/metode/anuario2002/115_2002.html
- Rubio, J., 2005. *Desertificación: Una larga lucha en la percepción de una grave amenaza ambiental*. Revista Ambients, septiembre, 2005. España.
- Rubio, J., 2007a. *Cambio Climático y sus Consecuencias*. Presidència de la Generalitat Valenciana Fundació Premios Rey Jaime I. España. ISBN: 978-84-482-4771-3.
- Rubio, J., 2007b. *Desertificación y cambio climático*. Centro de Investigaciones sobre Desertificación-CIDE (Universidad de Valencia). Revista Ambients, octubre 2007, España.
- Salvati, L. et al., 2009. *Estimating changes in sensitivity to land degradation over time (1990-2000) in Italy*. Central Office for Crop Ecology (CRA). Proceedings of 11th International Conference on Environmental Science and Technology, Chania, Grete, Greece, 3-5 September 2009, pp. B-802-809.
- Salvati, L. et al., 2013. *An expert system to evaluate environmental sensitivity: A local - scale approach to desertification risk*. Applied Ecology and Environmental Research 11(4): 611-627. ALÖKI Kft., Budapest, Hungary. ISSN: 1589 1623.
- Scherr, S. y Rhodes, C., 2006. *Tan sólo conectar*. La revista Nuestro Planeta, Tomo 17 No. 1, PNUMA. ISSN: 101-7394.
- Schuschny, A. y Soto, H., 2009. *Guía metodológica - Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible*. CEPAL - Colección Documentos de proyectos. Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile. LC/W. 255.
- Sepehr, A. et al., 2007. *Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method*. Springer Science + Business Media B.V. 2007. Environ Monit Assess. DOI 10.1007/s10661-007-9613-6.
- Sepúlveda, C. y Ibrahim, M., 2009. *Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Serie técnica. Informe técnico No. 377. ISBN: 978-9977-57-485-1.
- Smith, R. y Smith, T., 2006. *Ecología*. Pearson Educación, s.a., Madrid. ISBN:0-321-04296-4

- Suárez Díaz, J., 2001. *Control de Erosión en Zonas Tropicales*. División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Bucaramanga, Colombia. ISBN: 958-33-2734-4.
- Tierramérica: Medio Ambiente y Desarrollo, 2009. *América Latina ante los efectos irreversibles de un planeta más caliente*. Primer informe regional sobre cambio climático. Producido por la agencia de noticias IPS, con auspicio del PNUD, PNUMA y el Banco Mundial.
- Tomasini, D. y Pérez O., 2002. *Tierras secas, pobreza y desertificación*. Desarrollo rural en zonas secas. Conferencia: Desarrollo de las Economías Rurales en América Latina y el Caribe: Manejo Sostenible de los Recursos Naturales, Acceso a Tierras y Finanzas Rurales. BID. Fortaleza, Brasil.
- Trisorio-Liuzzi G., Hamdy A. *Desertification: causes and strategies to compete*. In: Zdruli P. (ed.), Steduto P. (ed.), Kapur S. (ed.). 7. *International meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate (selected papers)*. Bari: CIHEAM, 2002. pp. 399-412 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 50).
- UNCCD, 2003a. *Informe Final de la IX reunión regional de los Países de América Latina y el Caribe Partes de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía*. Bogotá, Colombia; del 18 al 20 de junio de 2003.
- UNCCD, 2003b. *Programa de Acción Regional de ALC 2003-2007*. Anexo II.a IX Reunión Regional de ALC 2003-2007. Bogotá, Colombia; 17-20 junio 2003.
- UNCCD, 2005. *Evaluación de Ecosistemas del Milenio*. Conferencia de las Partes. Comité de Ciencia y Tecnología Séptimo período de sesiones Nairobi, 18 a 20 de octubre de 2005. ICCD/COP(7)/CST/9.
- UNCCD, 2007a. *Directrices para actualizar el Atlas Mundial de la Desertificación*. Informe de la Quinta Reunión del Grupo de Expertos del Comité de Ciencia y Tecnología. Conferencia de las Partes Comité de Ciencia y Tecnología, Octavo período de sesiones. Madrid, 4 a 6 de septiembre de 2007. ICCD/COP(8)/2/Add.9.
- UNCCD, 2007b. *Directrices para los sistemas de alerta temprana*. Informe de la quinta reunión del grupo de expertos del comité de ciencia y tecnología. Conferencia de las Partes Comité de Ciencia y Tecnología, Octavo período de sesiones. Madrid, 4 a 6 de septiembre de 2007. ICCD/COP(8)/CST/2/Add.8.
- UNCCD, 2007c. *Puntos de referencia e indicadores para vigilar y evaluar la desertificación*. Informe de la quinta reunión del grupo de expertos del comité de ciencia y tecnología. Conferencia de las Partes Comité de Ciencia y Tecnología, Octavo período de sesiones. Madrid, 4 a 6 de septiembre de 2007. ICCD/COP(8)/CST/2/Add.1.
- UNCCD, 2008. *Human Rights and Desertification*. Exploring the Complementarity of International Human Rights Law and the United Nations Convention to Combat Desertification. Issue Paper No. 1. ISBN: 978-92-95043-23-7.
- UNCCD, 2009. *Seguritizar la tierra y aterrizar la seguridad*. Desertificación, Degradación de Tierra y Sequía. CLD - Documento Temático No 2. Bonn, Alemania. ISBN: 978-92-95043-42-8.

- UNCCD, 2010a. *Lanzamiento de Década de Lucha contra la Desertificación (2010-2020)*. Ficha Informativa. Bonn, Alemania.
- UNCCD, 2010b. *Situación de la aplicación de los programas de acción subregionales y regionales para luchar contra la desertificación, función que podrían desempeñar esos programas y necesidad de alinearlos con la Estrategia*. Comité de Examen de la Aplicación de la Convención. Novena reunión. ICCD/CRIC(9)/12. Bonn, Alemania.
- UNCCD, 2011. *Las Tierras y los suelos en el contexto de una economía verde para lograr el desarrollo sostenible, la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza*. La presentación de la Secretaría de la CNUCLD para el Proceso Preparatorio de la conferencia Río+20, noviembre de 2011. Bonn, Alemania.
- UNCCD, 2012. *Vamos por una tasa cero de degradación de la Tierra*. Hoja informativa del Día Mundial de Lucha contra Desertificación, 17 de junio de 2012. Bonn, Alemania.
- UNCCD, 2014. *La desertificación. Esa invisible línea de frente*. Secretaría de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. Bonn, Alemania. ISBN: 978-92-95043-76-3.
- UNCED, 1992. *Report of the United Nations Conference on Environment and Development at Rio de Janeiro*. Managing Fragile Ecosystems. Combating Desertification and Drought, Charter 12, UN, New York.
- UNESCO, 1973. *International classification and mapping of vegetation*. Ecology and conservation. Published by the UNESCO, Paris. ISBN: 92-3-001046-4.
- UNESCO, 1982. *Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur*. ROSTLAC, Montevideo Uruguay. ISBN: 92-3-302074-6.
- UNESCO, 1997. *Rio + 5 = Expectativas Frustradas*. Revista Fuentes UNESCO. No. 92, Julio-Agosto, 1997, Paris, France. ISSN: 1014-5494.
- UNESCO, 2000. *Resolviendo el rompecabezas del enfoque por ecosistemas. Las Reservas de Biosfera en Acción*. UNESCO, París.
- UNESCO, 2006. *Desertificación*. El Correo de la UNESCO - Junio de 2006. Publicación de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Paris, Francia. [En línea. Consultado en junio del 2011]. Disponible en: <http://www.unesco.org/es/courier>
- UNESCO, 2008. *Combating Desertification Monitoring, Adaptation and Restoration Strategies*. Edited by Donald Gabriels, Wim M. Cornelis, Murielle Eyletters and Patrick Hollebosch, UNESCO Chair of Eremology, and Belgian Development Cooperation, Belgium. ISBN: 978-90-5989-271-2.
- UNESCO, 2009. *Estudio de caso. Cambio climático y Patrimonio Mundial*. Publicado por el Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO. Paris, Francia. ISBN: 978-92-3-304125-7.
- UNESCO, 2010. *Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe*. Dentro del marco del proyecto "Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas de América Latina y el Caribe". CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC, No. 25. ISBN: 978-92-9089-164-2.

- UNESCO, 2010a. *Procesos de erosión-sedimentación en cauces y cuencas*. Daniel Brea, Francisco Balocchi Editores. Documentos Técnicos del PHI-LAC, No. 22. ISBN: 978-92-9089-152-9.
- UNESCO, 2010b. *Servicios de los Ecosistemas y Bienestar Humano*. La Contribución de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. UNESCO Etxea País Vasco, Bilbao, España.
- UNICEF, 2000. *La Declaración y los Objetivos de Desarrollo del Milenio*. [En línea. Consultado en julio del 2011]. Disponible en: http://www.unicef.org/spanish/mdg/28184_28230.htm
- Urquidí, V., 2007. *Desarrollo sustentable y cambio global*. Alejandro Nadal, editor. Primera edición. México, D.F.: El Colegio de México (Obras escogidas de Víctor L. Urquidí). ISBN: 968-12-1251-7.
- Vaclav Smil, 2003. *Alimentar al mundo: un reto del siglo XXI*. Siglo veintiuno de España Editores, s.a., Madrid. ISBN: 84-323-1122-7.
- Vilches, A., Gil Pérez, D., Toscano, J.C. y Macías, O., 2009. *Cambio climático: una innegable y preocupante realidad*. Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). [En línea. Consultado en junio del 2012]. Disponible en: <http://www.oei.es/decada/accion17.htm>
- Vitousek, P. et al., 1997. *Human domination of earth's ecosystems*. *Science*, New Series, Vol. 277, No. 5325. (Jul. 25, 1997), pp. 494-499. [En línea. Consultado en abril del 2012]. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/2892536>
- Wild, A., 1989. *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. ISBN: 84-7114-400-x.
- Winslow M, Sommer S, Bigas H, Martius C, Vogt J, Akhtar-Schuster M and Thomas R (eds), 2011. *Understanding Desertification and Land Degradation Trends*. Proceedings of the UNCCD First Scientific Conference, 22–24 September 2009, during the UNCCD Ninth Conference of Parties, Buenos Aires, Argentina. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, DOI: 10.2788/62563.
- Wischmeier, W. and Smith, D., 1978. *Predicting rainfall erosion losses*. A guide to conservation planning. USDA. Handbook No. 537, Washinton, D. C. United States of America.
- World Commission on Environment and Development (WCED), 1987. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. UN Documents A/42/427.
- World Meteorological Organization (WMO), World Climate Programme, 1986. *Report of the International Conference on the Assessment of the Role of Carbon Dioxide and of Other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts*, Villach, WMO - No. 661, Geneva.
- World Meteorological Organization (WMO), 1988. *The Changing Atmosphere: Implications for Global Security* 1988 Conference Held in Toronto, Canada, 27-30

June 1988 (Conference Statement and Specific Recommendations of Working Groups), Toronto.

World Resources Institute (WRI), 2005. *Ecosistemas y bienestar humano: Síntesis sobre Desertificación*. Evaluación de los Ecosistema del Milenio, Washington, DC. ISBN: 1-56973-590-5.

Zillman, J., 2009. *Historia de las actividades en torno al clima*. Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima. Artículo de fondo. Boletín de la OMM 58 (3) - Julio de 2009. Ginebra, Suiza.

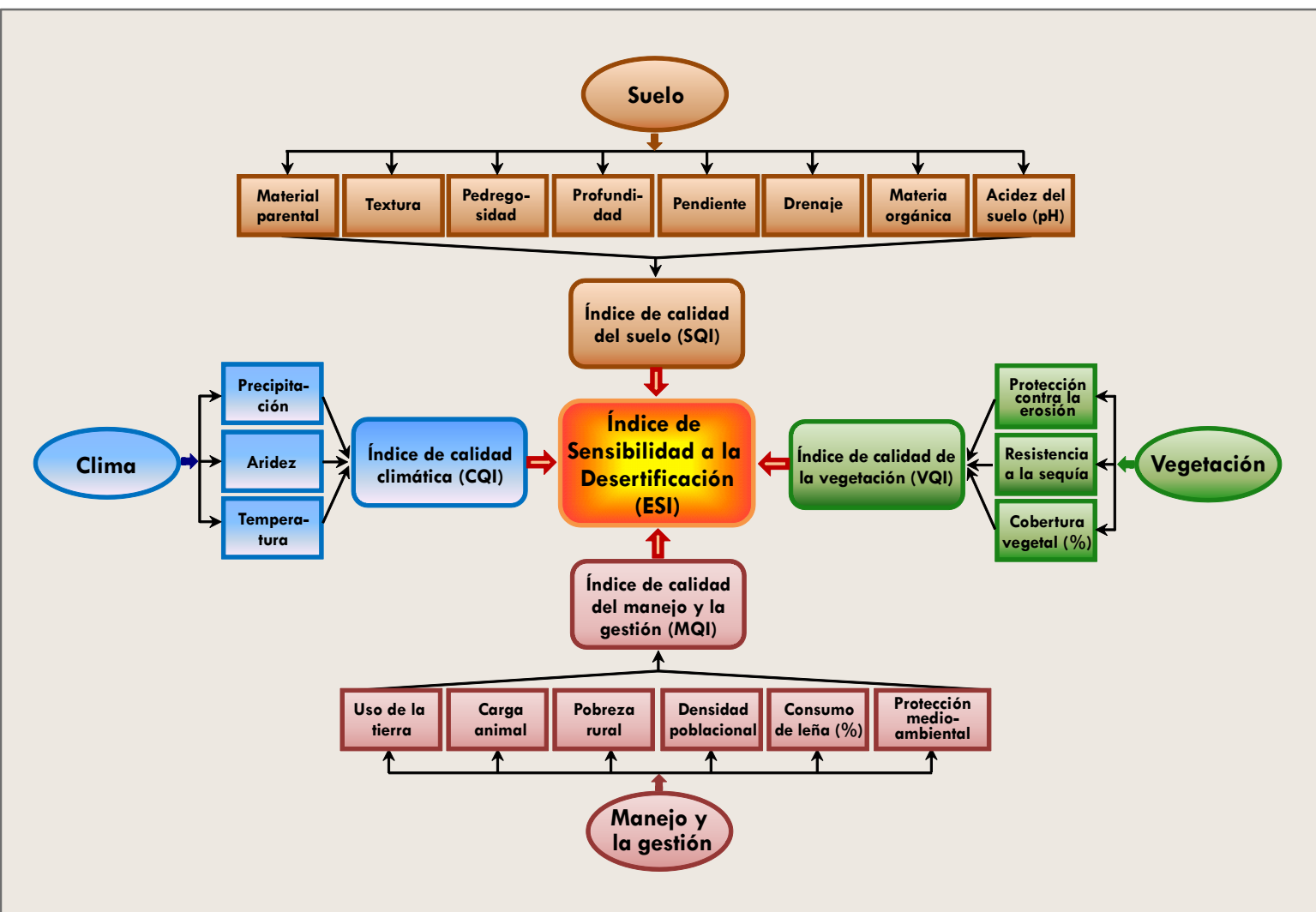
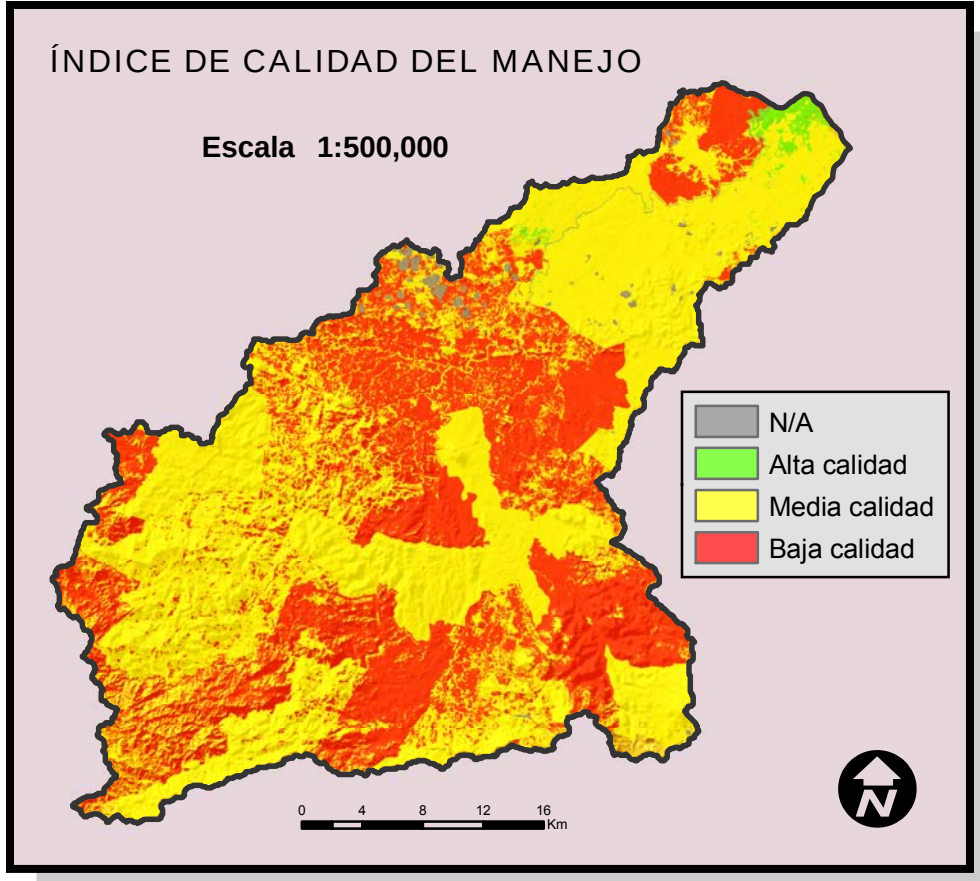
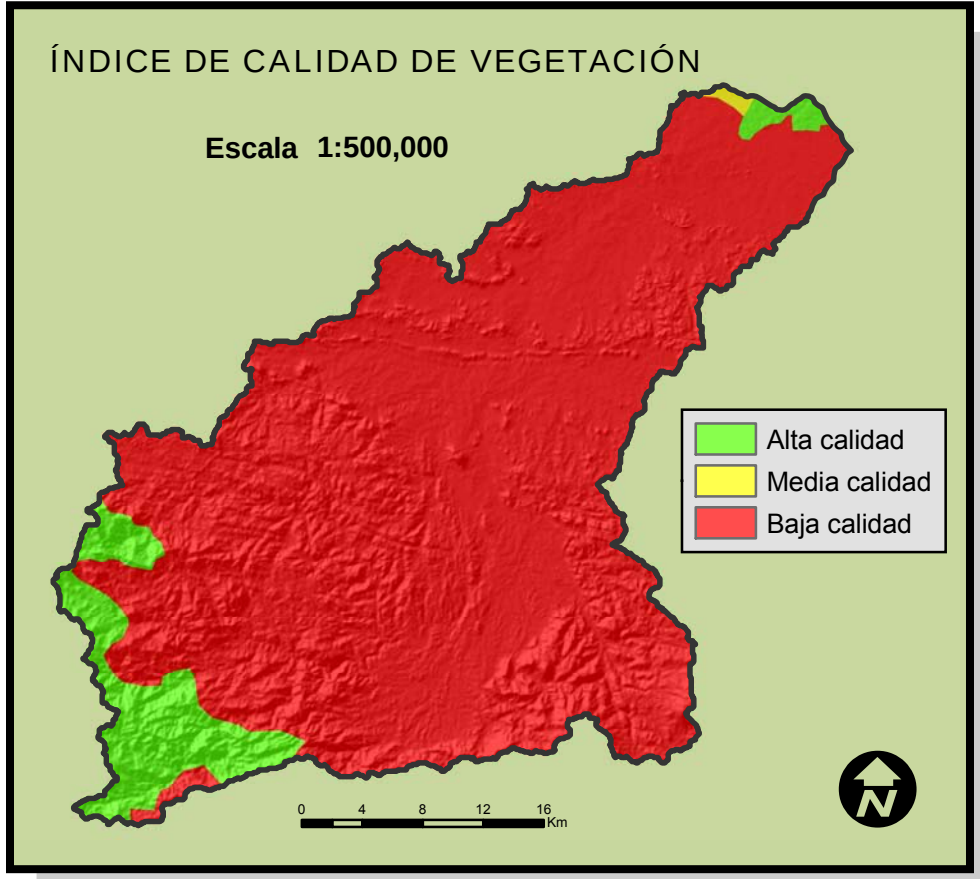
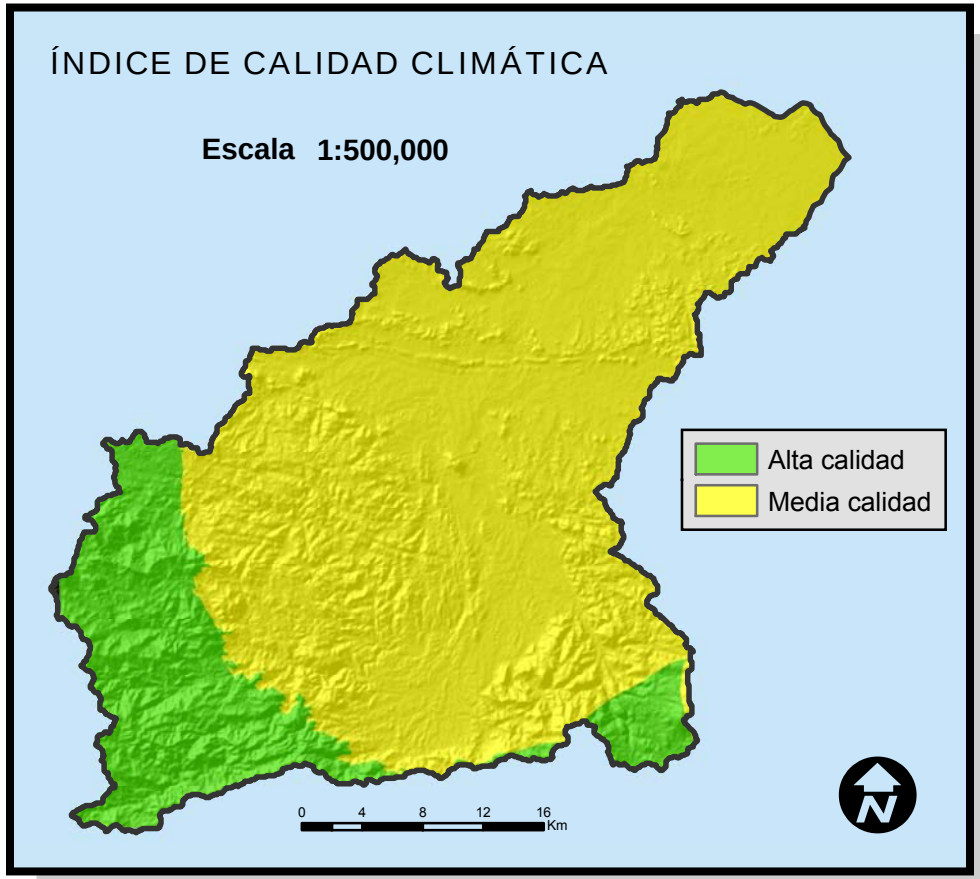
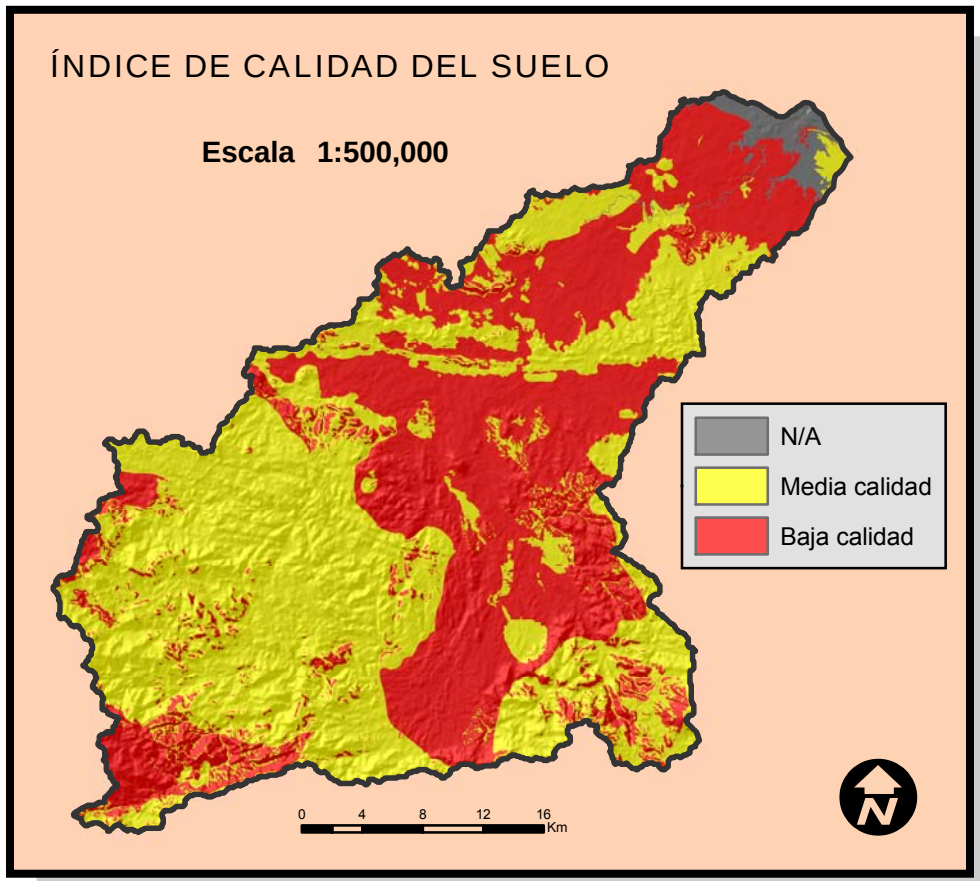
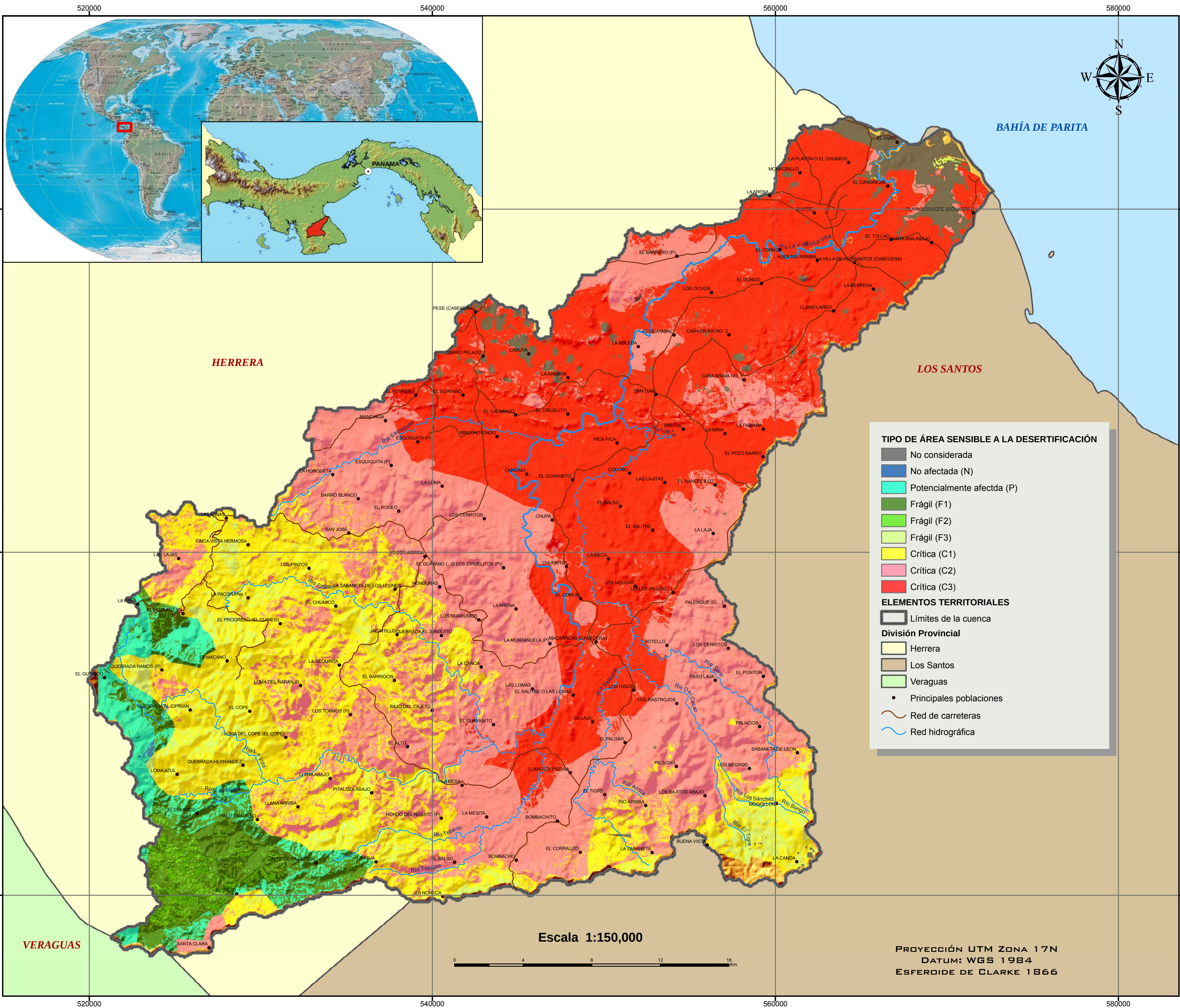
ANEXO

MAPA DE SENSIBILIDAD A LA DESERTIFICACIÓN CUENCA DEL RÍO LA VILLA, REPÚBLICA DE PANAMÁ. ESCALA 1:150.000



MAPA DE SENSIBILIDAD A LA DESERTIFICACIÓN

CUENCA DEL RÍO LA VILLA, REPÚBLICA DE PANAMÁ



ESQUEMA DE DIAGNÓSTICO DE LA SENSIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL A LA DESERTIFICACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)

ÍNDICES DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO LA VILLA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)

Grados	Rangos de referencia (Kosmas et al., 1999)	Rangos obtenidos para la cuenca	% del área total de la cuenca
Calidad del suelo			
Alta calidad	< 1,13	0	0
Media calidad	>= 1,13 <= 1,46	1,13 – 1,46	53,1
Baja calidad	> 1,46	1,46 – 1,72	45,4
No aplica (N/A)	-	-	1,5
Calidad climática			
Alta calidad	< 1,15	1,00 – 1,15	20,7
Media calidad	>= 1,15 <= 1,81	1,15 – 1,75	79,3
Baja calidad	> 1,81	0	0
Calidad de la vegetación			
Alta calidad	< 1,13	1,00 – 1,13	8,7
Media calidad	>= 1,13 <= 1,38	1,13 – 1,38	0,2
Baja calidad	> 1,38	1,38 – 2,00	91,1
Calidad del manejo y la gestión			
Alta calidad	< 1,25	1,00 – 1,25	0,9
Media calidad	>= 1,25 <= 1,51	1,25 – 1,51	59,1
Baja calidad	> 1,51	1,51 – 1,82	39,0
No aplica (N/A)	-	-	1,0

CLASES DE LOS VALORES E ÍNDICES DE ÁREAS AMBIENTALMENTE SENSIBLES A LA DESERTIFICACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)

Nivel de sensibilidad	Tipo de área	Valor de sensibilidad	Índice de Sensibilidad (% de factores críticos)	% del área total de la cuenca
Muy bajo	No afectada (N)	>= 1 < 1,170	>= 0 < 17,0	0,04
Área no afectada:				0,04
Bajo	Potencialmente afectada (P)	>= 1,170 <= 1,225	>= 17,0 <= 22,5	2,89
Área potencialmente afectada:				2,89
Medio	Frágil (F1)	> 1,225 <= 1,265	>= 22,5 <= 26,5	4,04
	Frágil (F2)	> 1,265 <= 1,325	>= 26,5 <= 32,5	0,89
	Frágil (F3)	> 1,325 <= 1,375	>= 32,5 <= 37,5	3,68
Área frágil:				8,61
Alto	Crítica (C1)	> 1,375 <= 1,415	>= 37,5 <= 41,5	18,41
	Crítica (C2)	> 1,415 <= 1,530	>= 41,5 <= 53,0	34,90
	Crítica (C3)	> 1,530	> 53,0	32,72
Área crítica:				86,03
No considerada (áreas urbanas, cuerpos de agua, sombras de nubes)				2,43
Área Total				100,00

un **Universidad Internacional de Andalucía**

VALENTINA OPOLENKO DE ARJONA (2014)
DOCTORADO EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL
DIRECTOR: DR. FRANCISCO BORJA BARRERA

Universidad de Huelva